

1996:5

Kyla på gott och ont

*Ingvar Holmér
Bengt W Johansson
Staffan Gyllerup
Hans Lundgren
(redaktörer)*

ARBETE OCH HÄLSA VETENSKAPLIG SKRIFTSERIE

ISBN 91-7045-370-5 ISSN 0346-7821

Förord

Kyla på gott och ont, var temat för ett vetenskapligt symposium, som hölls på Snogeholms slott den 12-14 oktober 1995. Avsikten var att från olika synvinklar belysa hur kyla och låga temperaturer påverkar biologiska och andra processer av betydelse för människans välbefinnande, funktion, hälsa och överlevnad. Ett tjugotal *svenska* experter och forskare som på olika sätt arbetar med problemställningar inom området Kyla deltog. Härmed skapades också förutsättningar för tillskapandet av ett informellt nätverk, som framledes kan tjäna som informationskanal för kunskap inom kylaområdet.

Denna skrift återger samtliga inlägg som presenterades under mötet. Varje författare står för sin egen rapport, men en viss vetenskaplig och formell bearbetning har skett av organisations-kommitténs ledamöter, främst med syftet att skapa en enhetlig presentationsform, men också för att i någon mån påverka den allmänna läsbarheten av de ämnesmässigt mycket skiftande inläggen.

Symposiet planerades och genomfördes av undertecknade. I organisationen bakom mötet fanns också: Arbetslivsinstitutet, Socialstyrelsen, Malmöhus och Kristianstads läns landsting samt Malmö stad. Landshövdingarna i de båda länen uttalade också sitt personliga stöd. Arrangemanget hade inte varit möjligt utan generöst bistånd från många olika källor. Ekonomiskt stöd har erhållits från Arbetslivsinstitutet, Socialstyrelsen, Malmöhus och Kristianstads läns landsting, Frigoscandia, Sandoz, Hässle samt testamentariskt förordnande av K Nilsson.

När denna skrift nu ligger i tryck vill vi tacka alla deltagare som medverkade inte bara med inlägg utan också med frågor, diskussion, skriftliga manuskript och socialt umgänge. Till det sistnämnda bidrog också i hög grad Snogeholms slott som erbjöd utmärkta konferensförhållanden, med miljömässigt och kulinariskt stilfull inramning och vacker natur.

Solna i mars 1996

Ingvar Holmér Bengt W Johansson Staffan Gyllerup Hans Lundgren Majalisa Holmér

Innehåll

Förord.....	
Kyla på gott och ont.....	1
Ingvar Holmér	
Kall konflikt	3
Jan Wirén	
Klimataspekter på kyla.....	8
Jan O. Mattsson.....	
Ismannen från Alperna - hur levde han?.....	21
Torstein Sjøvold	
Is som konserveringsmedel.....	30
Erik Rasmusson.....	
Kyla och livsmedel <i>Igår och idag</i>	36
Göran Löndahl.....	
Brunfettvävnad som värmealstrare hos människa.....	53
Barbara Cannon och Jan Nedergaard.....	
Hibernation – Naturens eget recept på överlevnad.....	66
Bengt W Johansson	
Accidentell hypotermi	76
Helge Brändström.....	
Lokala kylskador.....	82
Per-Ola Granberg.....	
Människans tålighet för extrem kyla - fysiska och fysiologiska begränsningar.....	88
Ingvar Holmér	
Kyla och fysisk prestationsförmåga.....	88
Ulf Bergh.....	
Kyla och mental prestation.....	101
Ann Enander.....	
Effekt av kyla på excitation-kontraktions-mekanismen i hjärtmuskulatur	107
Björn Wohlfart.....	
Kylans effekter på vasoaktiva faktorer hos kvinnor med och utan Raynauds fenomen.....	113
Jerzy Leppert.....	
Mikrokalorimetri och kylastudier.....	120
Mario Monti	
Akut hjärtinfarkt och meteorologiska faktorer	125
Ole Hansen	
Angina pectoris och kyla.....	131
Claes Lassvik.....	
Kallt klimat - en förklaring till den höga hjärtinfarktdödligheten i Norra Sverige? .	143
Staffan Gyllerup.....	
Ökar inandning av stor mängd kall luft risken för astma?	149
Hans Lundgren.....	
Sammanfattning, Summary.....	154
Författarförteckning	155

Kyla på gott och ont

Ingvar Holmér

Klimatet i Sverige är för det mesta kallt. Enstaka varma somrar ändrar inte på det faktum att temperaturen utomhus under merparten av året ligger många grader under det vi vant oss vid inomhus. Såväl arbete som fritidsaktiviteter utomhus sker ofta i kallt klimat. Erfarenhet och tradition är viktiga element i umgänget med kylan. Kunskap inom olika områden underlättar förståelsen av problem och svårigheter och ger bättre förutsättningar för en ändamålsenlig lösning av problemen och anpassning till svårigheterna.

Enligt en sammanställning från Statistiska centralbyrån (SCB 1986:61) har uppskattningsvis en kvarts miljon arbetstagare problem med kyla i *hög grad*. Bland dessa återfinns säkert merparten av de grupper som har regelbundet utomhusarbete. En stor grupp finns också inom livsmedelsindustrin i arbetsuppgifter med kalla produkter, i kylrum och fryshus. För många människor innebär kylan problem även till vardags. Det blir besvärligare och mer ansträngande att gå ut och den kalla luften kan skapa problem för andningen och hjärtat. Kyla och nedkylning försämrar människors prestation och arbetsförmåga och kan resultera i kylskador i extrema fall med dödlig utgång. Men kylan hjälper oss exempelvis vid djupfrysning, må det sen vara med avsikt (livsmedel) eller oavsiktligt ("ismannen").

Kyla och värme är relativa begrepp. Det ena begreppet övergår inte nödvändigtvis i det andra eller omvänt, i någon sorts kontinuerligt förlopp. Begreppet värme har emellertid också en absolut fysisk innebörd. Värme beskriver energiinnehållet i materia, som bestäms av molekylernas svängningsrörelse. Avsaknaden av värme innebär rent fysiskt att vi befinner oss vid den absoluta nollpunkten $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Molekylerna har vid denna temperatur ingen egenrörelse. Men även om en kropp skulle innehålla mycket värme, kan den fortfarande vara utomordentligt kall.

Kyla och värme som vi upplever det förknippas främst med de temperaturnivåer, som normalt förekommer omkring oss i vår livsmiljö. Valet av livsmiljö bestäms i sin tur av förutsättningarna för att klara en god värmebalans till rimliga kostnader och ansträngningar. Med teknikens hjälp är det idag möjligt att vistas i extremt kalla miljöer exempelvis i yttre rymden. I dessa tekniskt skapade miljöer är emellertid klimatförhållandena vid kroppsytan inte alltför olika de som gäller i ett normalt inomhusklimat. Astronauten upplever antagligen mindre av klimatvariationer än Stockholmare på väg till arbetet en vinterdag.

Värme har för många människor en positiv klang. Det förknippas ofta med en behaglig känsla eller upplevelse. Inte minst gäller detta när det ersätter det som varit kallt. På Sveriges breddgrader är det nästan alltid kallare utomhus än inomhus. Man går ofta in för att värma sig - sällan ut.

I vardagstal kan brist på värme lätt förknippas med upplevelse av kyla, särskilt hemma i bostaden, på arbetsplatsen eller på semesterorten. Men så är det inte alltid. Avsaknad av värme (liksom av kyla) är egentligen det optimala tillståndet. När man upplever klimatet som varken varmt eller kallt är man i så kallad termisk neutralitet. En god värmebalans klaras under de aktuella betingelserna med ett minimum av fysiologisk (och psykisk) anpassning.

Kyla har för många en negativ klang och förknippas med frusenhet och obehag. Men en varm sommardag är det behagligt att sätta sig i en bil med luftkonditionering och blåsa kall luft i ansiktet. Efter en bastu kan en avrivning i kallt vatten eller i snö förhöja njutningen.

Innehållet i denna bok beskriver kylans inverkan på människan och hennes miljö ur flera olika synvinklar. Tyngdpunkten har lagts vid att överblicka effekter av kyla på människokroppen samt belysa förutsättningar och villkor för vistelse i kallt klimat. Varje presentation ger en aktuell kunskapsgenomgång inom ett ämnesområde. Tillsammans ger de en unik, mångfacetterad och detaljerad kunskapsbas som kan finna sin tillämpning inte bara

inom arbetsmiljö- och folkhälsoarbetet.

Kall konflikt

Jan Wirén

Ingress

Det finns många anekdotiska berättelser om konsekvenser av stark kyla eller är det verkligen sant det som hände i Arjeplog en smällkall vinter? Det var -42 °C. Så kallt att himlen gick i rosa, trots att solen knappt orkade upp. Då gick en inflyttad sydlänning, han var visst från Umeå, ut på trappen och kisade mot skogsbrynet. Kylan bet i kinderna, för han hade dumt nog rakat sig med hyvel, därför så grinade han upp sig. Det tog inte mer än ett par sekunder så sprack framtänderna på längden. Den risken lär vara förklaringen till renarnas stora mular och att lapparna har höga ståndkragar. Egentligen berodde missödet på att han hade lagat tänderna några år tidigare. Det var amalgamet, som sprängde dem, för kvicksilver fryser vid -38,2 °C och det var -42 °C. När han gick in i värmen igen så drabbades han av akut oral galvanism.

Min far, som bl a var geolog, hade inmutat kolgruvor på Spetsbergen de närmaste åren efter första världskriget, så han visste vad arktiskt klimat ville säga. Om vi skulle ut och jaga i de värmländska vinterskogarna, så fick vi inte raka av oss tonårsfjunet på morgonen och utlämna huden utan talg till kylan. Om man skall jaga skall man vara orakad och dessutom endast ha ätit havregrynsgröt, som inte ger störande tarmljud när man står på pass.

Mannen på Bornholm

Lika väl som kyla kan vara förlamande obehaglig, så kan den vara oförlikneligt hjälpsam. En österlening hade i långa tider hört allt vackert om sitt förlovade grannland Bornholm. Till slut föll han för frestelsen och tog båten från Simrishamn till Allinge en tidig julidag 1929. Havet, som ostpå kallas sjön, såg fridfullt ut. Utanför hamnportarna lurade dock gammal rullande sjö. Den blev ännu värre och värre längre ut, där vågorna reste sig mot strömmen som drar mellan Bornholm och Österlen. Sundet brukar kallas för Östersjöns Biscaya. Nu skröt det med sitt krabba smeknamn.

Frukosten hade bestått av två vändstekta ägg, grovt bröd, den ena med rökt korv, den andra med cheddarost och en tallrik havregrynsgröt med lingon och helmjölk. Sån spis trivs inget vidare till sjöss. Den backade ur. Med en gigantisk kräkning for frukosten ut över relingen. Ja, en liten skvätt hamnade i en medpassagerares sandaler. Han drabbades av passiv sympatikräkning, som sedan spred sig inom hans medkännande familj.

Sjösjukan är den enda dödssjuka, som inte leder till döden, vilket alltid förvånar dess offer. Vår man kräktes tills han tyckte att han hade inälvorna uppe mellan sina proteser. Han svalde räntan på plats, när han steg iland i Allinge och tog in på pensionat. Därifrån meddelade han hemmet telegrafiskt, att han aldrig mer skulle sätta sin fot på en båt. Föranstaltade om månatligt underhåll genom Sparkassen i Rönne samt sökte danskt medborgarskap. Han stannade på Bornholm, men så kom krigsvintrarna 1940 och -41. Sjön frös ihop grannländerna, isen bar och på flaken kunde han jumpa över seglingsrännan. På trettondagsafton 1941 bankade han på dörren till sitt hem, där man höll stort gille. Överrumplade hemmavarande och spritförstärkta gäster skyndade till. Han bars in i triumf. När stugvärmen startat upp, som det heter idag, hans cirkulation och när istapparna smält ur mustaschen, så att munnen blev frilagd, så sa han:

- Jag blev av med frukosten i sist, så nu är det hög tid att fylla på. Jag tror jag begynner med en sjuånhalva, tre tum leverkorv, siller och ägg. Men bara ett ägg, så magen hinner vänja sig tills det är dags för det småvarma.

När solen gick upp över havet beslöt han sig för att plantera en granhäck, för att slippa utsikten. Det räckte nu inte, utan han var tvungen att sälja två skutmålningar, för att få madaro.

Tejning

Professor emeritus Stig Tejning är den enda människa som jag känner, som sannolikt har en medfödd avvikelse på sin cerebrala termostat. Han har berättat för mig att han var en av första i Lund som köpte vespa. Han behövde den under varma sommandagar, då han med jämna mellanrum fick köra ett par varv runt staden för att svalka sig.

Om vintern gick han i gammaldags nylonskjorta, som torde höra till jordens mest lättkylda plagg, dessutom lätta gråa byxor, blå klubbjacka och barhuvad. Så mötte jag honom en gång utanför Malmö Central. Att han hade handskar förklarade han med att han inte ville skrapa sig, om han skulle halka på isen med sina lätta lädersulade skor.

Under tågresan tillbaka till Lund berättade Stig att han drabbats av kyla vid två tillfällen. Den ena gången var i Norrland, då det var bort emot -40 °C. Tänderna hade klarat sig, för han myser utan att visa dem, men han hade blivit yr. Det var rotatorisk yrsel och den förklarades av att vätskan i balansorganets båggångar kylts av och börjat självcirkulera, när kylan nådde hans inneröron. Han vågade inte vänta till den frös, utan fick gå inomhus. Ja, hade den frusit hade naturligtvis yrseln upphört, men upptiningen kunde blivit för djävlig med rotation åt motsatt håll.

Den andra gången han drabbades av kylan var under ett yrkesmedicinskt besök i Västerås. Sent på kvällen skulle han uppsöka sitt hotell, men gick vilse. Kvicksilvret var under -20 °C. En stackars patrullerande polis fick se en barhuvad man i klubbblazer, grå byxor, lackskor, nylonskjorta och svart slips. Mannen verkade lite förvirrad eftersom han tittade in i sidogatorna och läste gatskyltar mitt i natten. När han så gick in i en återvändsgränd prejadades han av konstupeln, som undrade över hans ärende. Stig Tejning berättade att han kände sig lite besvärad och förstod att han betraktades som en särpling. Han kände på sig att han var tvungen att legitimera sig, men hur? Jo, han presenterade sig, drog av vänsterhandsken och visade sin doktorsring.

Eftersom detta utspelades i Asea:s Västerås, så gjorde konstupeln omedelbart honnör, titulerade honom överingenjör och ledsagade honom till hotellet.

I muntra sammanhang, som t ex Toddydagarna drack han bara Skåne och det genomgående, ty Skåne skulle ligga på is. Som yrkesmedicinare var han förresten specialist på kvicksilver.

Nansen

En mycket fascinerande läsning är Fridtjof Nansens bok: "Fram över Polhavet". En skildring av det misslyckade försöket att nå Nordpolen. Expeditionen startade med att Fram avseglade den 21 juli 1893. Den kom att vara i tre år. Den 14 mars 1895 lämnade Nansen det fastfrusna fartyget och gav sig iväg mot polen tillsammans med reservlöjtnanten Fredrik Johansen och två hundspann. Strapatserna var ofattbara för den 34-årige Fridtjof och den 27-årige Johansen. Jag citerar dagboken: "Fredag den 22 mars. Härlig is att ta sig fram över. Det går bättre och bättre. Höll på från omkring halv tolv på förmiddagen till halv nio på kvällen igår och gjorde våra tre mil, hoppas jag. Vi skulle befinna oss på 85:e graden. Det enda obehagliga är kylan. Kläderna förvandlas till isbrynjor om dagen och till våta omslag om nätterna. Yllefiltarna likaså. Sovsäckarna blir ständigt tyngre av fuktigheten, som fryser i hårremmen. Samma oföränderligt klara väder dag från dag. Nu längtar vi båda efter omväxling, gärna litet molnighet med en smulare mildare luft. Temperaturen om natten -42,7 °C"

Så småningom flyttade de ihop i samma sovsäck för att hålla värmen. De tvingades dessutom att övervintra på en ö i Frans Josefs arkipelag. Där kom Fridtjof plötsligt på att han skulle lägga bort titlarna med den yngre Johansen. Detta är ju helt sagolikt. Efter ett halvt år i samma sovsäck, så sätter sig Fridtjof Nansen opp. Johansen följer med

eftersom sovsäcken var hårdfrusen utanpå. Och så sträcker Fridtjof fram sin sotsvarta och tranblanka hand och säger:
-Fridtjof.

Och reservlöjtnant Johansen svarar:

-Tack Fridtjof...Fredrik.

I mitt inre ser jag gång på gång detta som en filmsekvens. Efter en oändlig inzoomning av Polarhavet dyker man in i den låga klapperstenshyddan med frostklädda väggar. Plötsligt bockas en genomskitig sovsäck upp på mitten och ett par vildmänsfriserade, svarta norrmän i tovtigt hår och helskäggs kan börja säga "du" till varandra efter två år och firar detta med isbjörnsskinka, valrosspäck och kakao värmd på tranlampan.

Wernicke-Korsakoff och epilepsi

En annan mycket otäck väderkonflikt, som jag inblandats i tog sin början under en svår storm med orkanbyar. En man som stretade hemåt fick ett alléträd, en ask över sig och ådrog sig en svår skullskada. Han överlevde, men blev personlighetsförändrad samt drabbades av epilepsi.

Många år senare var han på vandring längs kusten i snöoväder. Det har aldrig i mannaminne dalat ner en enda snöflinga på Österlen. Där kommer snön på tvären inpiskad av vinterhalvårets ostan. Den gör ont, filtas in i kläderna och lägger sig på huk bak hus och häckar. Längs vägar och öppna åkrar blandas den med jord och sand och bygger upp gråbruna drivor, som måste schaktas bort. Ibland har armén fått ställa upp med bandvagnar, för att klara mat- och sjuktransporter.

En stackars kvinna fick tas in akut två gånger samma vinter på grund av svår förstoppning. Hennes utedass hade försvunnit i snön. Först den 11 mars -72 kunde hon gå på huset igen.

Vår man var inte klädd förinterväder. Han gick i tunn vindtygsjacka och lågskor. Genom de brusande vindbyarna hörde man ett skrik mitt i natten. Som alltid skyllde man på stökiga ungdomar. När morgonen kom såg man en lågsko och en hand sticka ut ur en snödriva. En fasansfull syn. En ambulans lyckades ta sig fram. Mannen var vid liv, men medvetslös. Skriet var en del av det epileptiska anfall, som fällt honom vid vägrenen. När anfallet var över drabbades han av den postiktala dvalan. En tät lindhäck tjänstgjorde som snöstaket och drivan skyddade honom från att frysa ihjäl.

Fingrarna var hårdfrusna och grågula. Hans kroppstemperatur 27 °C. Jag skulle hjälpa honom av med skorna. De var fastfrusna. Jag knöt upp och bände isär snörhalvorna och drog fram plösen på vänsterskon. Så tog jag om hälkappan och drog. Då hände det nästan mest fruktansvärda jag upplevt. Det knakade till, nej, small till. Jag blev iskall och pulsen sprang upp i 200. Skon hade rört sig. Jag hade brutit av honom hans hårdfrusna fot! Hur gör man med fullt av folk omkring sig? Det går helt enkelt inte att smussla bort en sko med en fot i. Man kan inte lämna tillbaka den, men däremot sin legitimation. Ystads Allehandas löpsedel stod på insidan på mina ögonlock: BRUTAL LÄKARE BRÖT FOT.

Foten satt kvar, men skon hade lossnat från dess isbark med en smäll. Jag samlade mig och blev läkare igen. Mannen överlevde upptiningen, men förlorade tår och flera fingrar och var ett mycket långvarigt kirurgiskt problem.

Akut infördes en man som hade hittats i sin lägenhet liggande på golvet, men det var sommarhalvår och vanlig värme i lägenheten, men han hade en temperatur på 29,2 °C. Lades i säng och hade dagen efter 37,4 °C. En temperaturstegring på 8,2 °C. Eftersom han var grav alkoholist, så sändes han på akut lungröntgen. Mycket riktigt, han hade dubbelsidiga lunginflammationer och han erhöll antibiotika i dropp. Temperaturen sjönk till 34,2 °C. Samtidigt insattes B-vitaminet tiamin, som är avgörande för funktionen i hjärnans temperaturcentrum. Efter två veckor hade han normal kroppstemperatur och lunginflammationerna var läkta. Vi är nämligen som varmblodiga rustade med termostat och centralvärme. De skånska matvanorna får i stället betraktas som en form av tilläggsisolering. Mot gåshud användes med fördel gås.

Som led i en utredning av oklar feber skrev en yngre kollega till dr Jeppson på Neurologen i Kristianstad och

undrade om febern kunde vara utlöst centralt. Jeppson svarade "All temperatur är central".

Förre kirurgöverläkaren i Simrishamn Nils-Arvid Andersson skrev också lysande remissvar. En ung läkare tyckte sig ha märkt en nybildning i botten på ett sår på patientens fot och skrev en remiss. Nils-Arvid svarade: "Den i sårets botten konstaterade nybildningen utgöres av stortåns basled och är, liksom patienten, 83 år".

Själv remitterade jag en diabetiker, vars ena stortå svartnat av kallbrand och amputation var av nöden. (Ordet kallbrand låter som norrsken). Nils-Arvid svarade: "Delar brors uppfattning, August Jönssons högra stortå har mognat till skörd".

Bells pares

Man skall hålla huvudet kallt.

Det gjorde jag lilljulafton 1947, men endast ogärna sedan dess. Hur kommer detta sig? Jo, min kuperade värmländska hembygd glacerades av underkylt regn den 22 december det året och till jul var det ingen som sandade hemmabackarna. Det var ett blixtrande före på vägarna.

Lilljulafton var bara en massa bestyr i min tätbefolkade familj, så jag drog iväg ut med min liggbobb. Ja, det var egentligen en sittbobb med larviga fotstöd, så man hade sett ut som en Elsa Beskow-illustration, om man vågat visa sig på den. Det var lätt att montera av ratten, styrstången och fotstöden. Kanon! Man la sig raklång på sittbrädan, höll om meden framtill och jag styrde med tumvantshänderna och bromsade med läderpjäxornas tåspetsar. Det gick fruktansvärt fort. Ögonen rann och fartvinden bet i höger kind. Jag höll på till det blev mörkt.

På Julafton var så många komma hem att jag fick sova på ett isbjörnsskinn i herrummet, som var min fars arbetsrum och inte någon pendang till damrummet. Trots det exotiska liggunderlaget kan jag inte minnas att jag drömde om Nansen eller andra arktiska idoler den natten.

På Juldagens morgon smakade frukostgröten sandlåda, ostsmörgåsen smakade sandlåda och mjölken rann ut genom höger mungipa. Av medkänsla grät jag med höger öga, så ymnigt att det inte gick att stänga ens under julevangeliet, som mamma läste i salongen. Jag hade drabbats av ansiktsförflamning, Bells pares, av den isande fartvinden dagen innan. Mitt barnansikte förvreds i gräsliga grimaser vad jag än gjorde för min. Jag hade ratats som modell för Elsa Beskow, även om jag haft ratt och fotstöd kvar på kälken.

Första mellandagen skickades jag till doktor Fredga på Filipstads lasarett och kläddes i nattskjorta och lades in på stor sal. (Min bror Staffan påstår att han hette dr Fradga tills han fick två prickar av dåvarande Medicinalstyrelsen och sedan stavade Frädga med "e". Är ej sant).

Det finns än i dag ingen behandling för Bells pares, trots att den beskrevs redan 1830 av den skotske kirurgen och neuroanatomen Sir Charles Bell. Men 1947 trodde man på värmebehandling. Huvudets lama sida lades på en platt dyna, något av tallriksvärmare, som jag grät fuktig tills säkringen gick. I min knappt pain riche-tjocka lårmuskulatur pumpade man dagligen in B-vitaminer, tills smärtan gjorde att jag grät även med det friska vänsterögat. Dessutom ordinerades jag sängläge liksom de elva vuxna patienterna på salen. Under rondens låg man i givakt.

Eftersom jag hade sängläge tvangs jag kissa på flaska. Min gossrumpa var emellertid mycket tunn, så jag höjde mig obetydligt över lakans- och madrassplanet. Halsen på kisseflaskan gapade högt över min förskrämda snopp, när den ställdes mellan mina ben, flaskan alltså. Jag nådde inte upp, så jag fick bocka ner flaskan och kissade ohejdligt in i glashålet, som dock hade nedförsbacke. Hela alltet tömde sig som en ljummen sjö i mitt skrev. Eftersom jag saknade känsel i den kind jag vände mot översköterskan tyckte hon inte det var lönt med örfil. Hennes betydligt yngre kollega, som arbetade på natten förstod mitt anatomiska dilemma och tillät mig att sitta upp och kissa över sängkanten ner i flaskan. Detta var något av den vackraste och raraste omtanke, som kommit mig till del. Tänka sig, få sitta och kissa. Jag blev kär för första gången i mitt liv, fruktansvärt kär.

Nu gjorde det inget att man lekte grillkyckling med mitt face eller högg mig i låret med trubbiga kanyler eller

satte på mig fuktig kammare för högerögat. Det bästa av allt - förlamningen satt i - så jag fick ligga kvar och hon kom till mig natt efter natt. Hon bjöd på saft och kakfat på nyårsnatten och i stället för fyrverkeri lät hon mig stå i fönstret och se när en färghandel brann och lågorna tonade Bergslagens snö i flammande orange och gnistregnet lyste som bakljus på vintergatan. Sånt är kärlek.

Jag kom väl hem i månadsskiftet januari-februari och gick i skolan och skröt om min tjej i Filipstad och våra kulinariska utsvävningar och eldiga nätter. Jag kan inte minnas att jag blev trodd, men det finns i alla fall kvar en liten, liten rest av min förlamning - det rycker i ögonvrån då jag blinkar, men inte så mycket att det missuppfattas av dagens sjuksköterskor. Detta är också tur, för nu hade inte vankats förmånen att få sitta med flaska på sängkanten och se butiker gå upp i rök. I välvilja hade de väl i stället satt kateter och pluggat in "Skyskrapan brinner" på videon.

Linné och Celsius

Linné lär ha deltagit i temperaturstriden mot sin välgörare Celsius. Båda använde vattnets frys- och kokpunkt, som grundmått. Vi vet hur det gick. Men vi går inte omkring med 63 grader Celsius - han började nämligen sin skala i andra änden. Båda var förresten med på Jonas Ahlströmers begravning, då Celsius yttrade:

-Nu har han satt sin sista potatis.

Och Carl von Linné fyllde i:

-Good bye, mister Chips.

Klimataspekter på kyla

Jan O. Mattsson

Värme eller kyla präglar skilda perioder och områden. Dessa klimatets växlingar i tid och rum uppträder i skiftande skalor. Så kan t.ex. kyla präglar ett flertusenårigt skede i jordens historia och en yta som täcker betydande delar av norra halvklotet. Kyla kan också uppträda lokalt och kanske utmärka några klara nätter i maj månad. Vem har inte hört uttrycket "lokal frost i inlandet" delges i våra väderrapporter? Min framställning avser att ge några klimataspekter på kyla i ett par olika skalområden i fråga om tid och rum.

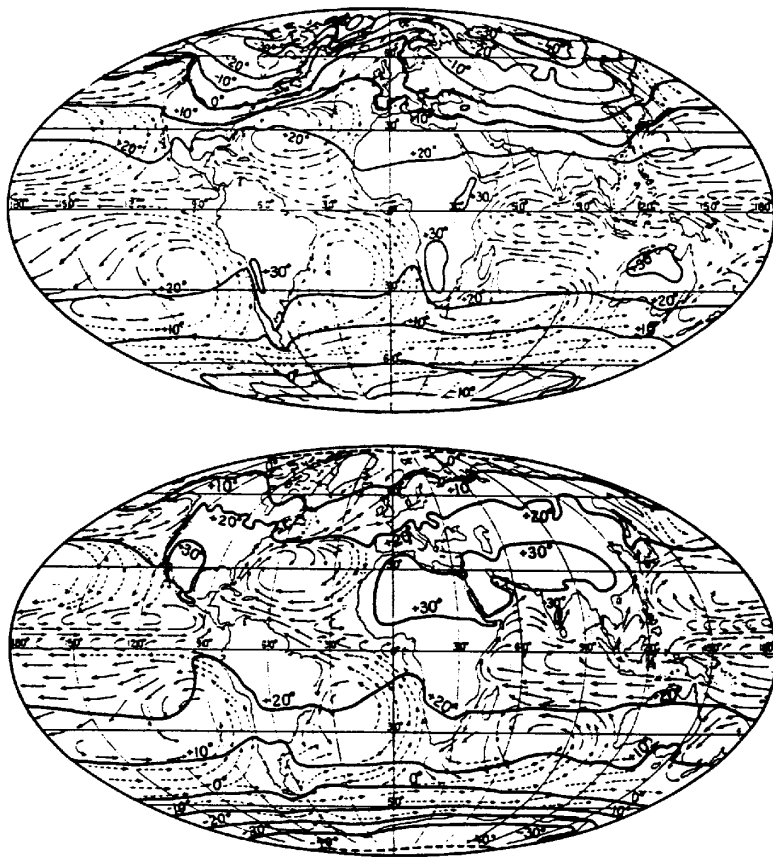
Jordens köldpoler

En blick på världskartor över medeltemperaturen under januari och juli, årets båda extremmånader, visar att de lägsta vintertemperaturerna på norra halvklotet (jan.) präglar de nordöstra delarna av Eurasien samt inre delarna av norra Grönland och på södra halvklotet (juli) inre delarna av Antarktis (figur 1). Norra halvklotets "vinterköldpol" är belägen i nordöstra Sibirien. Januarimedeltemperaturen är här ca -50°C . Södra halvklotets "vinterköldpol" påträffas i det inre av Antarktis, där julimedeltemperaturen är -60 till -70°C . Ett visst höjdnflytande gör sig dock gällande här, eftersom höjden över havet är 3000 - 3500 m (8). Vid den ryska stationen Vostok (3400 m ö. h.) på Antarktis uppmättes 1983 den hittills lägsta lufttemperatur man noterat på meteorologisk standardhöjd (1,5 - 2 m över marken). Den utgör $-89,2^{\circ}\text{C}$. Motsvarande rekord för Sverige är $-52,6^{\circ}\text{C}$ (5). De högsta temperaturerna på standardhöjd är för hela planeten $+57,8^{\circ}\text{C}$, uppmätt 1933 i San Luis, Mexiko respektive för Sverige $+38,0^{\circ}\text{C}$ (21). Än större extremer, särskilt i fråga om maximumtemperaturen, kan förekomma under standardhöjden, t.ex. intill en solexponerad mörk markyta. Medeltemperaturen hos hela planetens yta hamnar dock på måttliga $+15^{\circ}\text{C}$. Om atmosfärens naturliga växthuseffekt saknats, skulle planetens medel-temperatur varit -18°C .

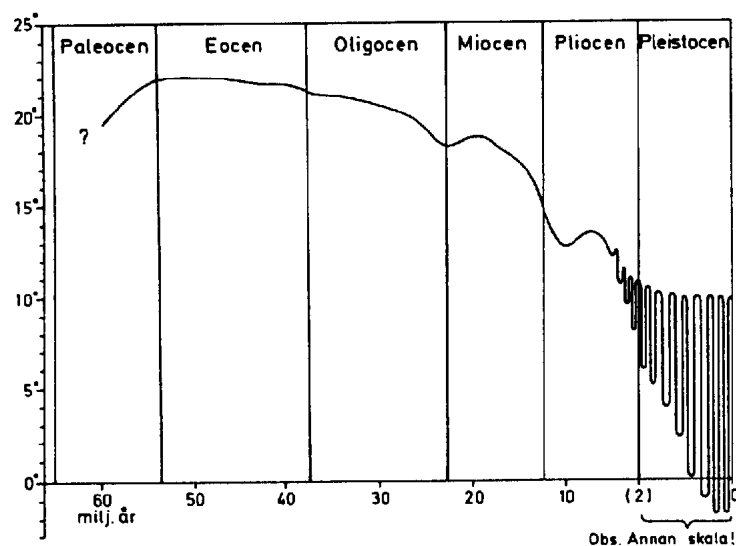
Låga temperaturer utmärker också vissa av atmosfärens högre belägna skikt. På något eller några tiotals km höjd förekommer ett temperaturminimum kring -60°C . På ca 75 km höjd är temperaturen den lägsta på denna planet, ca -90°C .

Kyla i ett föränderligt klimat

Jordens klimat har växlat alltsedan atmosfären bildades för kanske 4 miljarder år sedan. Växlingarna har ägt rum med tidsskalor skiftande från årmiljoner över hundratusentals eller tiotusentals år ned till kortperiodiska svängningar över hundratal år och därunder. Torra perioder har växlat med våta, varma med kalla. Den geologiska period i vilken vi nu lever är kvartärperioden. Den utmärks av en rad s.k. istider, perioder med utbredda nedisningar och kyla. Redan under den geologiska period som föregick kvartär och som vi benämner tertiärperioden, skedde en övergång till ett allt svalare klimat. Väst- och Mellaneuropas subtropiska klimat blev



Figur 1. Lufttemperatur och havsströmmar i januari (överst) och i juli. Isotermer (linjer som sammanbinder punkter med samma temperatur) har markerats med grova linjer, relativt varma strömmar med heldragna pilar och relativt kalla strömmar med streckade pilar. Efter T. Bergeron i (13).

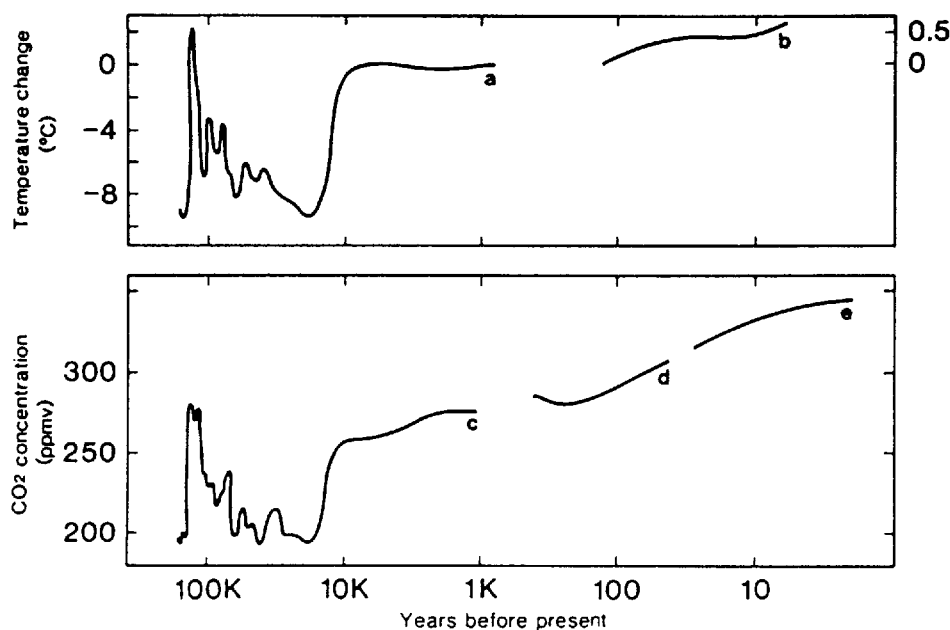


Figur 2. Klimatkurva för tertiär- och kvartärperioderna i Väst- och Mellaneuropa. Pliocen är den yngsta av tertiärs epoker, och Pleistocen är huvuddelen av kvartärperioden. De senaste 10 000 åren utgör en egen epok benämnd Holocen (17)

alltmera tempererat. I slutet av tertiärperioden började dessutom klimatet svänga mellan varmare och kallare perioder (figur 2). Svängningarnas periodtal har beräknats till ett eller ett par hundra tusen år. Svängningarna mellan varma och kalla perioder blev successivt större, och övergången till kvartärperioden läggs där nedkylningen under de kalla skedena blev stark nog för större nedisningar. Denna övergång inträffade för ca 2,4 miljoner år sedan (4).

Vad är då orsaken till de kvartära nedisningarna? Troligen beror de på en samverkan av två faktorer. Den ena faktorn har att göra med kontinentplattornas stora lägesförändringar under tertiärperioden. I söder frigjordes Antarktis som nu inte längre nåddes av varma havsströmmar utan omgavs av ett kallt hav. Sydkontinenten utsattes då för kyliga, fuktiga luftmassor som redan under tertiärperioden gynnade uppkomsten av glaciärer. I norr var bilden en annan. Atlanten vidgades alltmer vilket gynnade varma nordgående havsströmmar. Vidare saknades en polär nordkontinent på vilken glaciärer kunde växa ut. Nedisningen på norra halvklotet började därför senare. Man tror att tillslutningen av sundet mellan Nord- och Sydamerika och den fortskridande höjningen av Himalaya hade avgörande betydelse för inledningen av kvartärperiodens nedisningar. Atlanten blev kallare genom att förbindelsen med Stilla Havet bröts och den atmosfäriska strömningen över Asien ändrades.

Den andra faktorn är de periodiska förändringarna hos jordens banelement. Under loppet av tusentals år ändras periodiskt jordbanans form (mera cirkulär respektive mera elliptisk), jordaxelns lutning och förskjutningen av läget hos den punkt (perihelion) i jordbanan i vilken avståndet jorden - solen är kortast medförande att solinstrålningen varierar i ett komplicerat mönster. Med kännedom om den olika periodiciteten hos dessa astronomiska faktorer har man konstruerat en strålningskurva bakåt i tiden mot vilken man jämfört paleoklimatiska data från geologiskt material. Analys av syreisotoper i sedimentproppar från Stilla Havet visar att under de senaste 700 000 åren

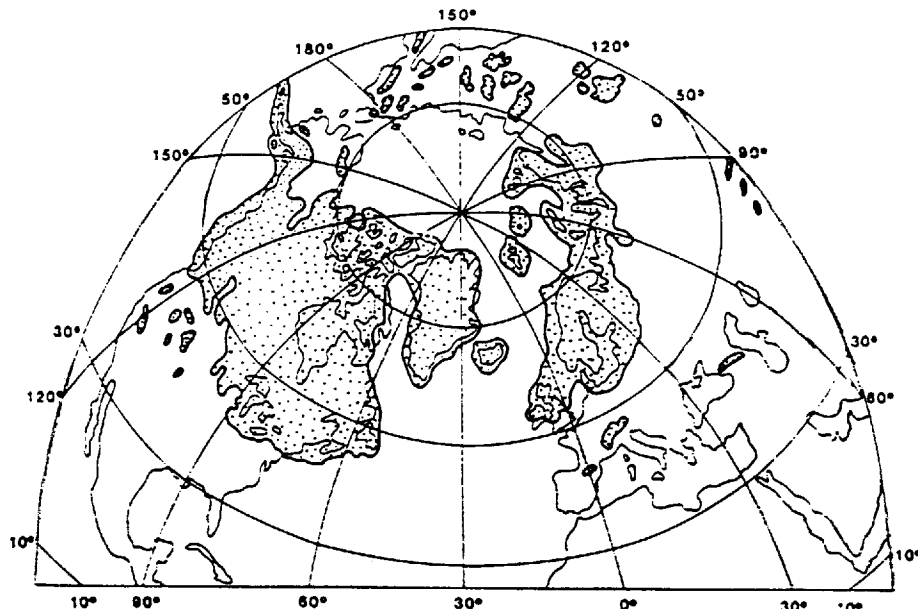


Figur 3. Temperatur- och koldioxidvariationer under de senaste 160 000 åren. a: temperaturvariationer över isen i Antarktis härledda ur isotopprofiler från iskärnor vid Vostok. b: globala årsmedeltemperaturen. c: CO₂-variationer från iskärnor vid Vostok, Antarktis. d: CO₂-variationer från iskärneanalys. e: moderna CO₂-observationer från Antarktis. Efter flera författare och presentation i (15).

har förekommit 8 mera omfattande kallperioder med värmeperioder desmemellan. Periodiciteten var under denna tidsrymd ca 100 000 år. Under hela kvartärtiden, alltså de senaste 2,4 miljonerna år har mer än 20 istider förekommit. Den ovan nämnda strålningskurvan stämmer mycket väl överens med sedimentpropparnas syreisotopkurvor, varför de

periodiska förändringarna hos jordens banelement vid de givna förutsättningarna i fråga om kontinenternas lägen med stor sannolikhet varit avgörande för kvartärtidens klimatvariationer. Det är härvid också möjligt att räkna strålningskurvan framåt för att därmed söka överblicka det framtida klimatet i ett flertusenårigt perspektiv.

Analys av isproppar från Antarktis omfattande den senaste istidscykeln visar intima samband bl.a. mellan temperatur och mängden koldioxid (figur 3). Man har också kunnat påvisa förekomsten av snabba klimatförändringar under den senaste istiden, liksom troligen också



Figur 4. Den senaste istidens nedisningsområde på norra halvklotet (4).

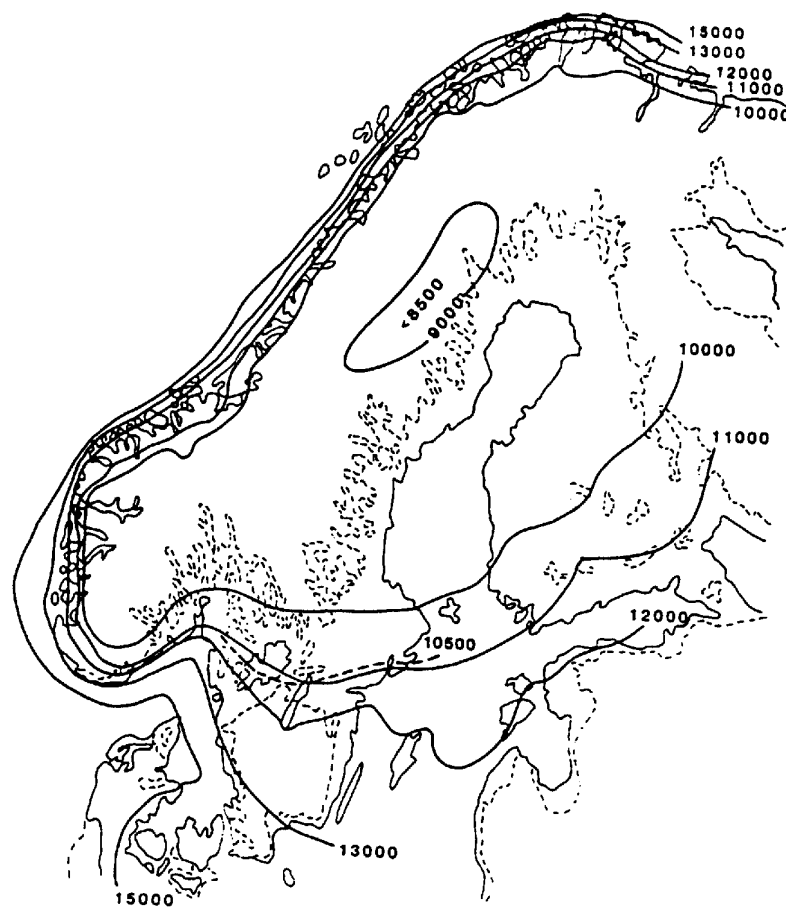
under en sval period för ca 11 000 år sedan, den s.k. Yngre Dryas-perioden. Dessa rön är viktiga för den moderna klimatforskningen som söker förstå klimatets dynamik och människans klimatinverkan. Forskarna frågar sig nu också om liknande snabba klimatförändringar kan inträffa i vår tid.

Figur 4 visar den senaste istidens nedisningsområde på norra halvklotet. Isutbrednings-maximet inträffade under en mycket sen del av istiden, för 20 000 - 17 000 år sedan. Ca 30 % av jordens landyta var då istäckt mot drygt 10 % idag. Inlandsisen över Nordeuropa byggdes upp av den nederbörd som lågtrycken från Nordatlanten levererade. Efter hand som isen täckte allt större områden i norr bildades ett permanent högtryck över dessa som tvingade lågtrycken mot sydligare banor. Snönederbörden blev då allt rikligare över södra och östra delarna av inlandsisen. Söder om isranden utbreddes sig ett väldigt tundraområde med ständigt tjälad mark. Årsmedeltemperaturen var här troligen lägre än 0 °C, och sommartemperaturen överskred knappast +10 °C. Men tillgången på jaktvilt var god för de jägarfolk som då bebodde vår kontinent.

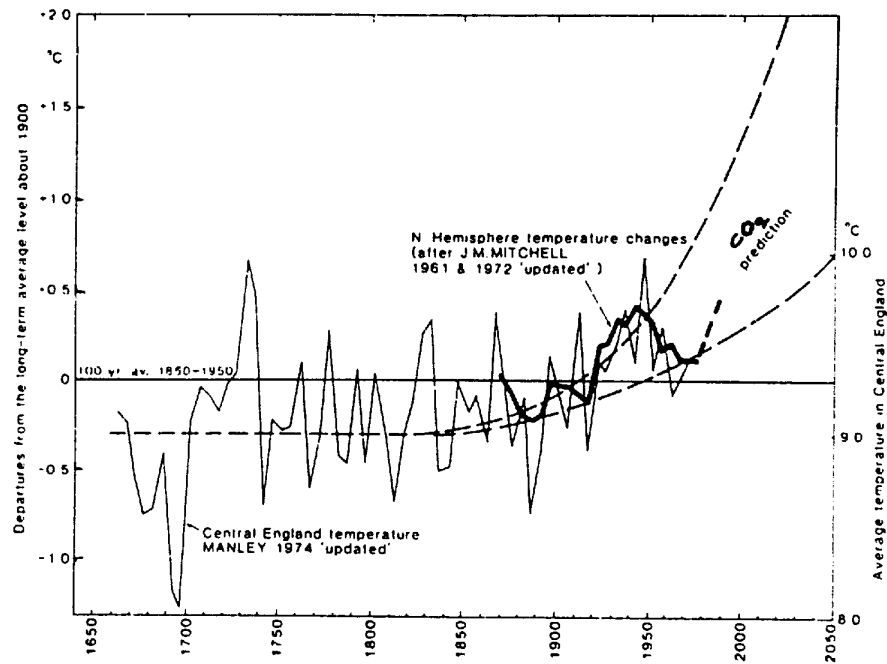
Trots att havets yta under istidens maximalskede stod ca 130 m lägre än idag genom att vatten bundits i isen, var landet genom isens tyngd så nedpressat att havet täckte stora landområden i västra Sverige när de smält fram ur ismassorna. Isen och dess smältvatten kom också att omdana markytan genom avsättning av morän och isälvsmaterial och genom bildning av dalformer, bergslipning m.m. Vårt svenska landskap är i hög grad påverkat av de krafter som utlöstes av den senaste istiden. Figur 5 visar isavsmältningens tidsförlopp ävensom läget av den högsta kustlinjen. De heldragna linjerna i figuren markerar israndens lägen vid olika tidpunkter i år före nutid. Isavsmältningen var snabb för ca 10 000 år sedan men var ringa eller upphörde helt mellan 11 000 och 10 500 före nutid.

En illustration till temperaturklimatets förändringar i Västeuropa och Skandinavien under senare sekel ger den

längsta serie av mätningar över lufttemperatur som finns i Europa nämligen den från Oxford i England, där man började systematiska mätningar redan år 1660 (figur 6). I figuren jämförs med utvecklingen av norra halvklotets medeltemperatur från 1870 (grov linje, kompletterad genom streckmarkering från 1975) och med temperaturens beräknade utveckling i framtiden (området mellan de två streckmarkerade kurvorna då hänsyn tagits till teorin om atmosfärens uppvärmning genom den ökade halten av växthusgaser. I kurvan för Oxford framträder den kallperiod som vi benämner Lilla Istiden och som resulterade i missväxt och svält på flera håll i Europa. Den har även dokumenterats i konsten genom vintriga motiv från Flandern och England. Man noterar i kurvan särskilt de låga temperaturerna under 1690-talet men också den markanta uppvärmningen under 1900-talet. I mellersta Sverige inträffade en temperatursvacka under 1860- och 1870-talen. Denna kalla period kan sägas vara Lilla Istidens slutfas (15).



Figur 5. Isavsmältningens tidsförlopp och högsta kustlinjen (HK). Isranden vid olika tidpunkter (år före nutid) markeras med heldragna linjer. HK markeras med streckade linjer (4).



Figur 6. 5-årsvärden av temperaturens förändringar i mellersta England sedan 1660 (fin kurva) och norra halvklotets medeltemperatur från 1870 (grov kurva). Efter (7) i (15).

Dagens klimatforskning är till betydande del inriktad mot att förutsäga hur klimatet kommer att reagera på en ökande halt av växthusgaser i atmosfären. Med avancerade numeriska modeller söker man efterlikna det nätverk av klimatpåverkande och inbördes beroende processer som är verksamma i det klimatiska systemet. Detta system innefattar förutom atmosfären också hydrosfären, biosfären, litosfären och kryosfären, dvs hela planetens "ytmiljö". På senare år har man härvid också uppmärksammat den "avkylande" effekt som antropogent alstrade svavelföreningar i atmosfären utövar och som regionalt till en del motverkar den allmänna uppvärmningen. Man har också alltmera uppmärksammat den roll som cirkulationen i haven spelar för klimatutvecklingen. En viktig mekanism härvidlag är den "termohalina pumpen" i Nordatlanten som genom vertikala temperatur- och salthaltsvariationer reglerar vattenrörelserna inklusive Golfströmmen.

Lokal kyla

Det vintriga extremklimatet i nordöstra Sibirien, nordhemisfärens vinterköldpol, är främst orsakat av det extremt kontinentala läget. Under hösten och vintern avkyls den väldiga eurasiatiska kontinenten snabbt och kraftigt, och i dess inre delar är havets modifierande inflytande ringa. Men i området just kring köldpolen, med stationerna Oymyakon och Verkhoyansk, bidrar också de omgivande bergskedjorna till den starka vinterkylan genom att de håller den tunga kalluften på plats. Det uppstår en gigantisk, av berg uppdämd kallluftsjö.

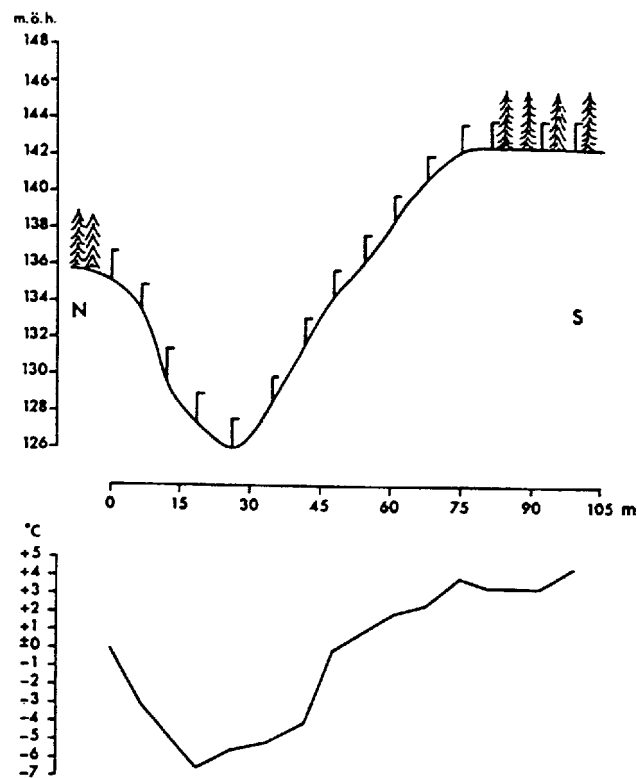
Kallluftsjöar är dock vanligen lokala företeelser. De bildas i svackor, dalar och andra låga terrängpartier. Minimumtemperaturen är här vanligen lägre än över plan mark eller konvexa former. Orsaken är tillflödet av kall luft till sänkorna och den fortsatta avkylningen av den stagnerande luften i dessa. En bidragande faktor är att dessa processer kommer tidigt igång på kvällen på grund av tidig solnedgång genom den ökade himmelsavskärmningen. Den tillförda

kalluften har bildats högre upp utefter sluttningarna genom kontakten med mark och vegetation som under klart lugnt väder på kvällen och natten kylts av genom utstrålning (14)

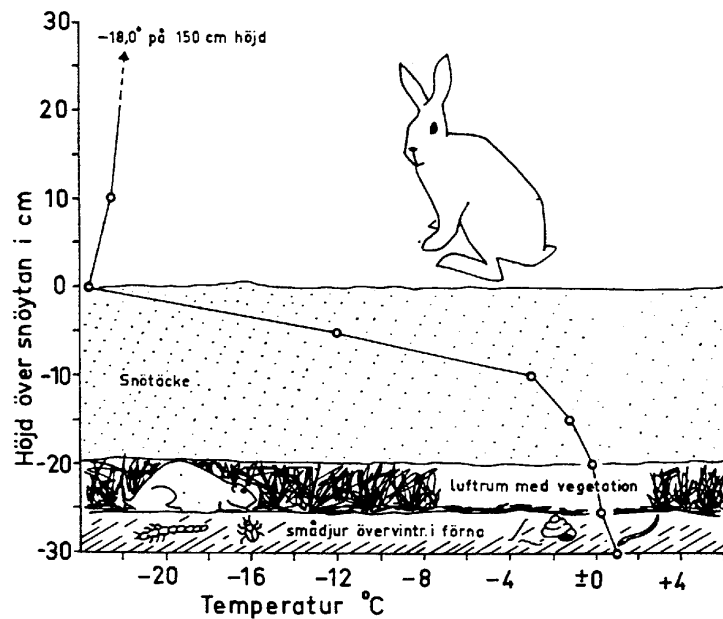
De norrländska älvdalarna utbildar så låga temperaturer under vintern att den äldre bebyggelsen i stor utsträckning

lokaliserades uppe på älvbrinkar och höjder (lidbebyggelse) ovanför den riktigt kalla luften (20)

Också små sänkor i landskapet kan utbilda stora temperaturskillnader. Vid mätningar av minimumtemperaturen utefter en profil genom en 16,5 m djup s.k. dödisgrop på Djurkällaplatån nordväst om Motala under en utstrålningsnatt konstaterades exempelvis en temperaturskillnad mellan sänkans botten och sluttningens översta del av 11 °C (!) (figur 7). Stora nattliga temperaturkontraster kan också utbildas av mikrotopografin. I en några dm djup sänka på ett kalhygge kan temperaturen vid utstrålningsbetingelser sålunda vara ett par grader lägre än exempelvis på en närbelägen jordhög. Marktäckningen är betydelsefull för kylans fördelning och omfattning. Ett snötäcke isolerar väl, och organismer som lever på snöytan kan exponeras för extremt låga temperaturer samtidigt som arter som valt att vistas i det s.k. subnivala luftrummet mellan snö och mark lever i ett betydligt drägligare mikroklimat (figur 8).



Figur 7. Minimumtemperatur under en utstrålningsnatt längs en profil i N-S genom dödisgrop. 15 st. strålningsskyddade minimumtermometrar var utplacerade 1,5 m över markytan (14)



Figur 8. Vinterns snötäcke är av stor ekologisk betydelse. Olika djurarter vistas i skilda mikroklimat. Klara nätter råder låga temperaturer för skogsmöss, harar och andra djur som rör sig uppe på snön. Betyddigt varmare och mera utjämnat mikroklimat förekommer i lufttrummet under snön på gräs- eller ristäckt mark där smågnagare och andra djur kan vara aktiva, samt i markens förnalager där en mängd lägre djur övervintrar (schematisk framställning). Temperaturmätningar den 5 mars 1962 kl. 04.00, Värmdö, Uppland (2)

Här skall också redogöras för en extrem kallluftsjö som ingående studerats av forskarna och som därvid nästan blivit ett mikroklimatologiskt utomhuslaboratorium (för detaljinformation se bl.a. (3) och (22)). Lokalen i fråga är en dolin, dvs instörtad kalkstensgrotta, på ca 1270 m höjd vid Lunz i Österrike. Dolinen, som heter Gstettneralm, är trattformad och har ett djup av ca 150 m. En sida är dock ca 50 m lägre. Vid mätningar en januarinatt 1930 strax före soluppgången fann man att temperaturen vid den ena sluttningen ca 150 m över dalbotten var $-1,8^{\circ}\text{C}$, medan temperaturen samtidigt vid dalbotten var $-28,8^{\circ}\text{C}$. Centraleuropas lägsta temperatur har uppmätts i dolinens botten och utgör $-52,6^{\circ}\text{C}$. Frost observeras också under sommaren i dolinen. Medan vegetationen i bergsterräng normalt blir allt fattigare med höjden, är förhållandena de motsatta i Gstettneralm. Högst upp vid kanten av dolinen växer skog av höga granar. Nedanför kanten blir vegetationen allt fattigare och i dolinens botten finns endast några hårdiga gräsarter. I dalen kommer kallluften till ro, och i situationer när vinden blåser över dalen kan kallluftmassan komma i svängning likt de stående vågor som ibland utvecklas i vissa sjöar och havsområden.

Under andra världskriget bedömdes Gstettneralm vara en lämplig lokal för tyska Luftwaffes prov under "arktiska" förhållanden med de nyutvecklade jetmotorerna. Misstaget man gjorde var att kallluften mycket snabbt blåstes bort genom den kraftiga omrörningen och tillförseln av värme. (Muntlig uppgift av kollega under klimatsymposium i Freiburg im Breisgau)

Också i vårt land finns extremlokaler vad gäller kyla. Åheden, ett plant sedimenthygge 5,5 km NE om Vindeln i Västerbotten, är en sådan lokal. I årsgenomsnitt för perioden 1970-79 hade Åheden 21,0 frostdygn (dygn då temperaturen någon gång understigit 0°C) under perioden 31 maj - 2 september (18). Uppgiften avser standardhöjd. Antalet sommarfrostdygn i mera marknära skikt är med säkerhet än högre.

Sänkor som är svårförnygrade på grund av stark frostlänthet, även under sommaren, förekommer också i Sydsverige. Ett dylikt "frosthål" i Tönnersjöhedens skogliga försökspark i södra Halland har studerats av bl.a. Blennow (1993) (1).

Lokal kyla är på gott och ont. Denna framställning skall avslutas med några praktiska aspekter på hantering av

kyla i det lokala skalområdet.

I vårt klimat kan för kulturväxterna kritiska situationer uppstå under vegetationsperioden särskilt i samband med extremt låga temperaturer. Den s.k. strålningsfrost är särskilt beryktad. Den uppkommer nattetid vid lugnt, klart väder, särskilt då sval polarluft införs från nordväst eller nord. Avkylningen av växterna genom utstrålning kan då vara betydande. Den är ofta lokal till sin utbredning.

Strålningsfrost ger årligen stora skador i odlingar inom tempererade områden (6). Dessa skador uppkommer oftast under vår och höst. På högre breddgrader eller inom bergsområden kan skadorna också uppträda sommartid och på lägre breddgrader vintertid. Skador genom strålningsfrost kan i många fall begränsas eller förhindras. Aktiva frostskyddsåtgärder kan t.ex. efter särskild frostvarning eller i samband med lokalprognos vidtas inom riskområdena eller inom odlingarna i deras helhet. Sådana åtgärder kan vara

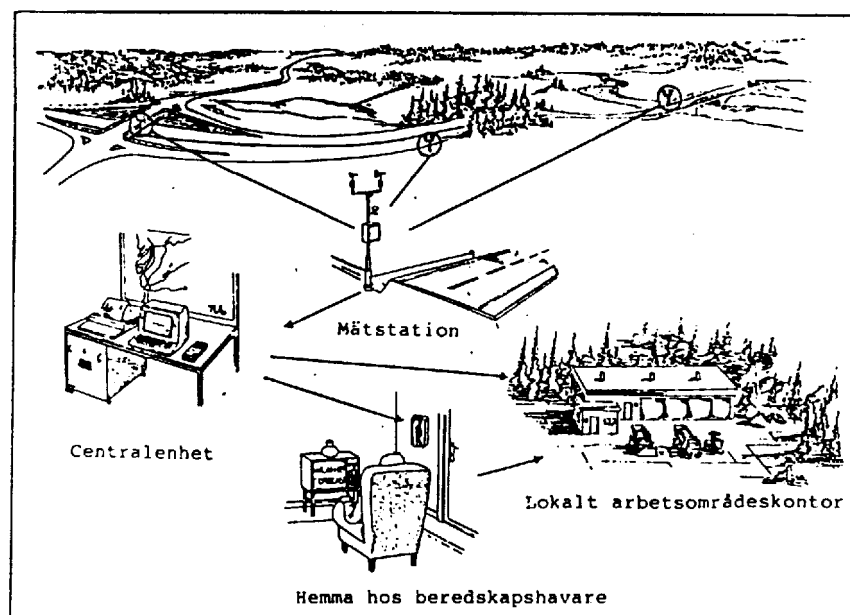
- övertäckning av inte alltför arealkrävande växtbestånd med t.ex. halm, granris och jord.
- spridande av artificiell dimma eller rök över odlingarna.
- konstgjord ventilation som tillför växterna värme från högre upp befintliga, varmare luftskikt. Ventilationen kan åstadkommas med motordrivna fläktar, hoverande helikoptrar eller tända brännare. Våra förfäder skapade den frotskyddande ventilationen genom att försätta sädesstråna i rörelse med rep som drogs genom fälten.
- frigörande av värme vid tillfrysning av vatten med vilket odlingen besprutas.

Passiva frostskyddsåtgärder innebär ett undvikande av frostfaran snarare än ett bekämpande av den. Sådana åtgärder kan vara

- lokalisering av odlingarna till områden med ringa frostrisk.
- anläggande av skyddsplanteringar och anpassning av odlingssäsong, växtslag, jordbearbetning etc. till förhållandenvarande omständigheter.

Lokal kyla kan också spela en roll för komfort och energiekonomi. I områden med stagnerande kallluft är luftfuktigheten ofta hög. Besvärande dimma kan förekomma och snöavsmältning och upptorkning fördröjs ej sällan. Vid planering av bostadsområden och fritidsanläggningar kan det vara klokt att undvika dessa lokala köldområden och i stället välja områden med mera gynnsamma mikro- och lokalklimat. Vi beräknade för ett antal år sedan den extra energiåtgången för uppvärmning av ett småhus i Sydsverige under den tid byggnaden var exponerad för en måttligt utbildad kallluftsjö i regionen (16). Energiökningen uppgick till 6-8 %. Motsvarande energiökning vid exponering för kraftig vind respektive vid placering i skuggläge, t.ex. på nordsidan av skogbevuxen höjd var vardera 10 %.

Lokal kallluft kan i andra planeringssammanhang ses som en resurs. I samband med ett stort upplagt miljöforskningsprogram för Frankfurt am Main i Tyskland infrarödtermograferades staden och dess omgivning från flygplan (19). Syftet härmed var bl.a. att i termogrammen finna avtryck av kallluftflödena från det närbelägna Taunusbergets sluttningar och att sedan med kännedom om kallluftens vägar planera stadslandskapet på ett sådant sätt att kallluften ges möjlighet att tränga in i staden och därmed "friska upp" dess nattliga, av den urbana värmeöns präglade klimat.



Figur 9. Vägverkets vägväderinformationssystem.

En konsekvens av kyla är den förrädiska halka som stundom drabbar våra vägar. Vägverket har i samarbete med svenska klimatforskare (9, 10, 11) tagit fram och installerat ett landsomfattande vägväderinformationssystem (VVIS), vars automatiska stationer rapporterar om väg- och lufttemperatur och andra för halkans bildning och utveckling relevanta parametrar (figur 9). Systemet har bl.a. en halkvarselfunktion som möjliggör att halkförebyggande åtgärder kan vidtagas i kritiska situationer. VVIS-stationerna finns utefter landets större vägar i lägen som på grund av mikro- och lokalklimatiska förhållanden (t.ex. kallluftsjöar) eller vägkonstruktion (t.ex. broar) främjar uppkomsten av halka.

Landskapets mosaik av klimat i miniatyr, vilka vi benämner mikro- och lokalklimat och vilka bl.a. innefattar kallluftsjöar och kallluftflöden, har visat sig betydelsefull i praktiska sammanhang och därför väl värd att känna till. Kartering av dessa klimat har därför försöksvis inletts på flera håll i världen, också i vårt land. Kraftfulla hjälpmedel härtill har visat sig vara mobila mätsystem ("bilmätfärder"), fjärranalys, numeriska modeller och geografiska informationssystem (GIS).

Avslutning

Kyla är ett relativt begrepp. Organismernas temperaturkrav växlar. Vad som är stark kyla för en art är optimala temperaturförhållanden för en annan. I denna framställning har dock den biologiska betydelsen av kyla tonats ner och i stället lagts vikt vid de klimatologiska aspekterna. Huvudbudskapet har varit att "kyla" uppträder i skilda skalområden vad gäller tid och rum och att kyla i dessa områden har samhällelig betydelse.

Referenser

1. Blennow K. Frost in July in a coastal area of southern Sweden. *Weather* 1993; 48:217-222.
2. Coulianos C-C. Djur och mikroklimat. *Zoologisk Revy* 1962;24:58-70.
3. Geiger R. *Das Klima der bodennahen Luftschicht*. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1961.
4. *Geovetenskap för naturvetare*. Geologiska institutionen, Lunds universitet. (Kompendium 1995).

5. Hellström S. Observerade extremer av lufttemperatur i Sverige. *Polarfront* 1995; 22 nr 84: 4-9.
6. Kalma JD, Laughlin GP, Caprio JM, Hamer PJC. *The Bioclimatology of Frost. Ist Occurrence, Impact and Protection*. Berlin, Heidelberg, New York:Springer Verlag, 1992.
7. Lamb HH. The reconstruction of past climate during the historical period. *Ymer* 1985;105:91-102.
8. Liljequist GH. *Klimatologi*. Stockholm: GLA:s förlag, 1970.
9. Lindqvist S. *Studies of slipperiness on roads*. Naturgeografiska institutionen, Göteborgs universitet, 1979 (GUNI-rapport 12).
10. Lindqvist S. *New methods for ice-surveillance in Sweden*. Naturgeografiska institutionen, Göteborgs universitet, 1982 (GUNI-rapport 16).
11. Lindqvist S, Mattsson JO. *Climatic background factors for testing an ice-surveillance system*. Naturgeografiska institutionen, Göteborgs universitet, 1979 (GUNI-rapport 13).
- 12.. Marchand PJ. *Life in the Cold. An Introduction to Winter Ecology*. Hanover and London: University Press of New England, 1987.
13. Mattsson JO. *Väderlekslära och klimatologi*. Lund: CWK Gleerup Bokförlag (LiberLäromedel), 1971.
14. Mattsson JO. *Introduktion till mikro- och lokalklimatologi*. Malmö: LiberLäromedel, 1979.
15. Mattsson JO, Rapp A. Växthuseffekten och den nordatlantiska havscirkulationen. *Svensk Geografisk Årsbok* 1990;66:19-45.
16. Mattsson JO, Åkerman J. *Energiförluster genom vind..* Byggforskningsrådet, 1980 (BFR Rapport R176:1980).
17. Nilsson T. *Pleistocen*. Stockholm: Esselte Studium, 1972.
18. Odin H. *Skogliga fältstationen i Vindeln*. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten, 1980 (Rapport 1980:14-15).
19. Regionale Planungsgemeinschaft Untermain. *Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain*. Frankfurt am Main, 1972 (3. Arbeitsbericht März 1972 Infrarot-Thermographie).
20. Sveriges Nationalatlas. *Klimat, sjöar och vattendrag*. Stockholm, 1995 (Band 14).
21. Wickman M. ed. *Sol, vind och vatten. Människan och vädret*. Stockholm: Norstedts Förlag AB, 1994.
22. Yoshino, M. M. *Climate of a small area*. Tokyo: University of Tokyo Press, 1975.

Klimataspekter på kyla

Jan O. Mattsson, Arbete och Hälsa 1996:5:9-20.

Kyla kan uppträda i olika tids- och rumsskalor. De kvartära nedisningarnas köldgrepp har periodtal kring 100 000 år och omfattar väldiga områden. Mellanliggande värmeperioder är kortare och den senaste, vår egen mellanistid, börjar troligen gå mot sitt slut, möjligen något fördröjd (eller påskyndad?) av antropogena orsaker. Lokal kyla uppträder i öppen, låglänt terräng under klara, lugna nätter. Den är till sin utbredning förutsägbar och dess intensitet kan i vissa fall mildras med enkla medel. Den spelar ofta stor roll för växter och djur och ger samhället problem i form av frostsador i odlingar, höjda kostnader för uppvärmning av bebyggelse, nedsatt komfort, väghalka m.m.

Nyckelord: kvartärperioden, istid, Yngre Dryas, Lilla Istiden, växthuseffekt, lokalklimat, mikroklimat, kallluftsjö, Gstettneralm, strålningsfrost.

Climatological aspects of low temperatures

Jan O. Mattsson, Arbete och Hälsa 1996:5:9-20.

Low temperatures can be considered from different temporal and spatial viewpoints. The Quaternary glaciation is subdivided into glacials involving 100 000 years and extending over vast areas, and interglacials of shorter length. The latest interglacial, the present one, is probably approaching its end, possibly somewhat delayed (or accelerated?) by anthropogenic effects. On a considerably smaller scale, cold air appears characteristically in open, low-lying territory on calm, clear nights; its distribution is predictable and its effects can sometimes be modified by simple means. The local

occurrence of cold air is often of significance in the life of plants and animals and gives rise to problems for the community in the form of frost damage to cultivation, increased costs of heating, diminished comfort, icy roads, etc.

Keywords: The Quaternary period, Ice Age, Younger Dryas, Little Ice Age, greenhouse effect, local climate, microclimate, cold-air lake, Gstettneralm, radiation frost.

Diskussion

Bengt W Johansson

Lilla istiden på 1600-talet är dokumenterad inte bara i konsten utan också politiskt genom Karl X Gustavs tåg över Bälten. Då fanns inga solfläckar. Vilken betydelse har dessa för temperaturen på jorden? Aktuella förklaringar till istider förelåg även under perioder i jordens historia som inte hade istider. Vilka ytterligare mekanismer kan vara aktuella?

Utöver den av flertalet klimatologer idag accepterade teorin om en ökande global klimatpåverkan genom atmosfärens allt större mängd av växthusgaser har också andra mekanismer diskuterats. En sådan är solfläckscykeln och andra solfläcksaktiviteter. Danska forskare har t ex jämfört längden av perioden mellan solfläcksmaxima och norra hemisfärens landtemperatur för perioden 1860-1985 och funnit en mycket stark korrelation. Man har dock ännu inte kunnat beskriva den fysik som eventuellt finns bakom detta samband. En annan mekanism med ett klarare samband till klimat är vulkanism i de fall den tar sig uttryck i stora stoftinjektioner till stratosfären. Grumligheten kan reducera inkommande mängd kortvågig strålning genom att reflektera denna ut från planeten och därigenom för ett eller några år sänka den globala temperaturen. En liknande, ehuru mera permanent effekt i regionalskala ger det antropogena svavelsyredis som konstaterats över t ex Nordamerika, Centraleuropa och Östasien. Dess verkan är temperatursänkande eller uppvärmningsreducerande. Variationer hos jordens banelement, som visats påverka mängden inkommande solstrålning och därmed temperaturförhållanden i ett mångtusenårigt tidsperspektiv (för vissa perioder som sekvensen istider - mellanistider), förekom med säkerhet också under geologiska skeden utan nedisningar. Utöver banelementvariationerna torde krävas för initierandet av istider en lämplig anordning av kontinentplattor, havsområden och bergskedjor som ej torde varit för handen under dessa nedisningsfria skeden.

P-O Granberg

Det måste föreligga en skillnad hur man upplever kyla i torrt och fuktigt klimat. Det gamla uttrycket "råkallt" har jag själv upplevt när jag på 40-talet flyttade från Norrland till Stockholm.

Alldeles säkert är det så! Också den skånska vintern bjuder som bekant råkalla dagar, då man helt klart upplever mindre komfort är när luftens relativa fuktighet är lägre. Man har så vitt jag vet inte beaktat luftfuktighet i samma grad som temperatur och vindhastighet i komfortstudier i tempererade områden, t ex vårt land. Möjligen beror detta på att de senare elementen mera klart ingriper i kroppens värmeekonomi. Mättsvårigheter kan vara ett annat skäl härtill. Men så vitt jag förstår bör också luftfuktigheten kunna påverka energiflödena till och från kroppen, inte minst genom att förändra klädernas värmeegenskaper. Härtill kommer möjligen psykologiska faktorer, i det att man upplever hög luftfuktighet, kanske producerande ljusreducerande dis eller dimma, som något negativt.

Hans Lundgren

Finns tecken på att golfströmmen skulle förändra sitt läge eller cirkulation?

Den allmänna vattencirkulationen i Nordatlanten spelar stor roll för klimatet i Nord- och Västeuropa. Golfströmmen är som bekant en viktig komponent i denna cirkulation. Av stor betydelse för upprätthållandet av

strömningen är bildningen av djupvatten i norra Atlanten genom nedsjunkning av vatten från ytan. Denna vertikaltransport påverkas av temperatur- och salthaltsvariationerna med djupet och kallas ibland den termohalina pumpen. Enligt danska forskare, som mäter dessa förhållanden, finns idag tecken som tyder på att denna Golfströms-reglerade mekanism tenderar att försvagas, vilket möjligen skulle kunna resultera i en plötslig omläggning av Golfströmmen till ett sydligare läge. Andra klimatforskare är dock kritiska till att en sådan mer eller mindre momentan omläggning skulle kunna inträffa.

Ingvar Holmér

Varför upplever många kylan i södra Sverige som svårare än kylan i norra Sverige även om temperaturen i norr är åtskilliga grader kallare?

I södra Sverige kombineras ofta låg temperatur med stark vind. Värmeförlusterna från kroppen blir därvid större än för samma temperatur kombinerad med svagare vind, vilket medför ökad köldförnimmelse. Studier från Antarktis av förfrysningsskador vid olika temperatur/vind-kombinationer bekräftar vindinflytandet på värmebalansen. Inom byggnadsforskningen har man tagit fram diagram som visar komfortsituationer (vid vilka man inte svettas och ej heller huttrar av köld) med beaktande av temperatur, vindhastighet, solstrålning och klädedräkt, i vissa fall också grad av kroppsaktivitet.

Ismannen från Alperna - hur levde han?

Torstein Sjøvold

Den 19 september 1991 upptäcktes en människokropp i Alperna i en glaciär på 3200 meters höjd. Kroppen förmodades tillhöra en förolyckad bergsklättrare som omkommit i modern tid och bärgades därför av rättsmedicinare (13). Det stod emellertid snart klart att den kunde dateras till flera tusen år före Kristus (1). Dessutom hade hela mannens utrustning bevarats i isen. Detta gjorde fyndet till en av de största arkeologiska sensationerna överhuvudtaget. Det vore ingen överdrift att påstå, att ingen hade väntat sig att en fullt utrustad, välbevarad stenåldersman skulle påträffas.

Man insåg på en gång, att detta inte var ett gravfynd. Det var heller ingen boplat. Det har tolkats som en person som frusit ihjäl uppe i fjällen, på liknande sätt som tyvärr fortfarande händer med fjällturister som gått vilse i en snöstorm. Det han hade på sig och med sig var klädsel och utrustning som han själv hade valt. Det som påträffas som gravgåvor i gravar från olika förhistoriska tidsperioder däremot, har lagts dit av de efterlevande, och speglar de efterlevandes religiösa uppfattning, eller uppfattning om vad den avlidne skulle kunna behöva i tillvaron efter döden. Oftast skiljer detta sig från det som användes till vardags.

Det är detta som är orsaken till att Ismannen ger en bild av hur man *levde* på stenåldern. Självfallet ger arkeologiska undersökningar av boplatser också information om detta, men det som grävs ut på en boplat har ackumulerats under en längre tid, kanske flera hundra år. Det behövs en viss tidsperiod för att det skall bildas ett tillräckligt tjockt kulturlager där inte bara stenföremål, men även organiskt material skall kunna bevaras. Ur detta kan det emellertid vara svårt eller omöjligt att fastställa, vilka fynd som är samtida.

Det Ismannen har gett är en *ögonblicksbild* ur livet under yngre stenålder. Dessutom har allt organiskt material bevarats, förutom kroppen själv. Det finns till och med bevis på att Ismannen varit utsatt för medicinsk behandling, det tidigaste kända exemplet på läkekonst.

Ur boplatfynd och ur gravfynd har arkeologerna bildat sig en uppfattning om hur man levde i Centraleuropa under yngre stenålder. Man visste att människan idkade åkerbruk och boskapsskötsel. Bevisen finns i form av ben från husdjur som nötboskap, tamsvin, får och getter, samt fynd av sädeskorn och andra frön, eller i vissa, gynnsamma fall i form av intorkade frukter. Dessutom har man jagat, antingen systematiskt eller när tillfälle bjöds. Den sociala organisationen som tecknades upp på grundlag av de arkeologiska fynden, visade att en viss specialisering skett.

Ny kännedom om stenålderns föremålstyper

Ismannen är dels en bekräftelse på de antaganden som arkeologerna gjort, dels har han gett helt nya insikter. Han hade t ex med sig en liten flintdolk (2). Man har hittat tusentals flintdolkar, men detta är den första kompletta flintdolken man har påträffat som har skaft. Skaftet är av ask. Ask är fortfarande ett mycket lämpligt träslag att göra skaft av. Totalt mätte dolken 12,8 centimeter. Detta var i och för sig intressant, men det var en annan detalj som var viktigare: dolkklingan var bara 6,4 centimeter lång, inklusive tången som är instucken i skaftet. Även om man måste räkna med att den har skärpts upp många gånger och varit längre från början, skulle en klinga av denna storleken uppfattas som en pilspets av arkeologerna om inte skaftet vore bevarat. Så nu måste alla samlingar av pilspetsar gås igenom för att se om klassificeringen i vissa fall bör ändras.

Något liknande gäller ett annat föremål, som ser ut som en tjock timmermanspenna med skaft av lind och med ett

centralt stift av kronhjortshorn. Den är ungefär lika lång som dolken. Detta har tolkats som ett skärperedskap för flintföremål. Motsvarande stift är kända från boplatssfynd, men först nu vet man vilken funktion som de har haft.

I en bältespung hade Ismannen med sig en flintskrapa, en borrh, ett litet flintspån att skära med, ungefär en kvadratcentimeter stort, en benpryl, samt fnöske att göra upp eld med. I fnösket, som har identifierats som äkta fnösketicka, har man hittat mikroskopiska rester efter svavelkis. Tekniken att göra upp eld var att slå gnistor med ett flintblock mot ett stycke svavelkis. Gnistorna fångades upp i fnösket, som lätt kunde fås att brinna genom att man blåste försiktigt på gnistorna i fnösket. Sedan lade man torrt gräs och fina kvistar på den lilla lågan och kunde småningom elda en brasa. Man räknar med att Ismannen haft både ett flintblock och svavelkis, men att de har tappats ur bältespungen. Denna tekniken är känd sedan länge, och fyndet av fnösket bland Ismannens utrustning bekräftade detta.

Emellertid påträffades ett annat föremål, som hade att göra med att göra upp eld. Det rör sig om en björknäverbehållare, som först observerades strax ovanför Ismannens huvud där han låg. Björknäverbehållaren var svart av sot på insidan och innehöll rester efter gräs och lönnblad. Stjälkarna på lönnbladen hade avsiktligt avlägsnats, och botanikerna har kunnat påvisa att bladen innehöll klorofyll, dvs att de var gröna då de plockades. I anslutning till lönnbladen påträffades ca två gram träkolfragment som har kunnat artbestämmas till träslag som växer från nedre i dalgången till högt uppe över trädgränsen. Björknäverbehållaren har därför tolkats som en transportbehållare för glöd. Varje morgon under sin vandring hade Ismannen samlat in glöd från nattens lägereld, isolerat den i lönnbladen, stoppat ned den i transportbehållaren och använt den för att göra upp eld med om kvällen. Trots transporten verkar det som att detta föredrogs framför att göra upp eld med flinta, svavelkis och fnöske, som dessutom var mer väderberoende, men att den sist nämnda utrustningen fördes med för säkerhets skull. Detta var nya, arkeologiska insikter.

Även yxan som Ismannen hade med sig var något nytt. Motsvarande yxblad hade påträffats tidigare, men detta var den första kompletta yxan med yxskaft och omlindade läderremmar. Yxskaftet var av idegran, och tvärsnittet upp mot toppen av skaftet är ovalt med största axeln i huggriktningen, på samma sätt som yxskaft fortfarande är gjorda. Tidigare hade man påträffat motsvarande vinkelböjda skaft i samband med stenyxor i Europa, men lindningen hade inte bevarats i dessa fallen.

En av överraskningarna var att den metallurgiska analysen gav vid handen att yxbladet var av i det närmaste rent koppar. Kopparföremål förekom under en viss period av yngre stenålder, men metallen verkar ha övergetts under några hundra år därför att den var för mjuk, innan man började legera kopparen med tenn och bilda det hållfastare bronset, som markerade början av bronsåldern. *Dateringen* av kopparyxan, däremot, var ca 5300 år, och därmed var den det äldsta daterade kopparföremålet i Centraleuropa. Detta kom självfallet arkeologerna att börja fundera på om de dateringar man haft av andra kopparföremål varit felaktiga, och sammantaget har flera av fynden bland Ismannens utrustning medfört att många aspekter av den kulturella utvecklingen i Centraleuropa har måst tas upp till förnyad prövning.

Det finns ingen tvekan om att Ismannen har jagat när det har behövts. Han hade med sig en pilbåge och ett pilkoger med ett omfattande innehåll. Det som är påfallande var att varken pilbågen eller 12 pilskaft var färdiga. Dessutom var de två "skjutklara" pilarna båda trasiga. Alla pilskaften var gjorda av raka skott av olvon, men undantag av den ena, trasiga pilen vars främre ända var av kornell. Det förefaller därför som att Ismannen höll på att färdigställa en stor del av utrustningen. Detta har lett till spekulationer om att en del av utrustningen hade förstörts eller att pilarna hade skjutits bort. Förklaringen behöver emellertid inte vara så dramatisk. Det är lätt att overse att man så att säga har ett stelfruset ögonblick av livet under stenåldern framför sig. En annan förklaring kan därför vara att han hade med sig den ofärdiga pilbågen och ett antal ofärdiga pilar som handarbete vid raster eller vid längre tids vistelse på samma ort. Detta motsvarar helt det gamla bondesamhället där man utnyttjade lediga stunder till handarbete och till att laga och förbättra utrustningen. Man räknar trots allt att det var ett tidigt bondesamhälle han tillhörde. Dessutom är det första gång man har fått denna typ av direkt inblick i det dagliga livet under stenåldern, och det är inte mycket man vet om hur tiden disponerades.

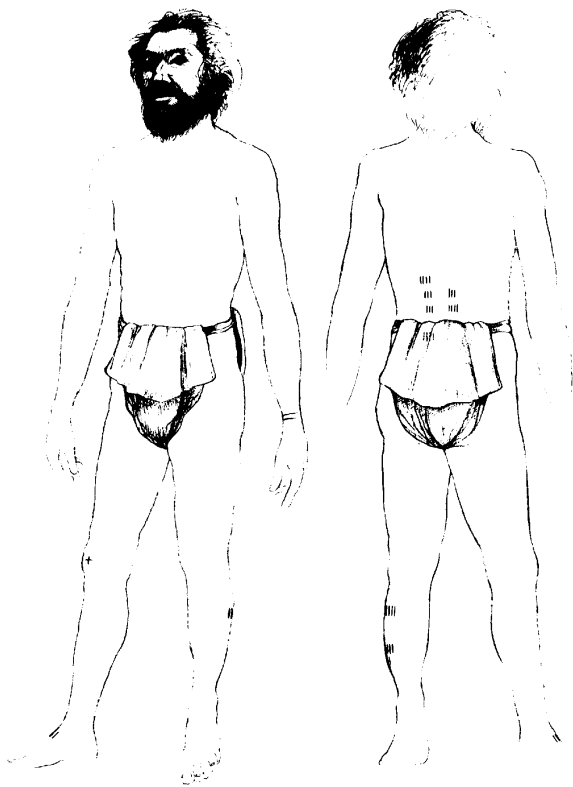
De två trasiga pilarna ger en värdefull information om hur pilarna under yngre stenålder producerades. Pilspetsarna var av flinta och fästa i skåror i främre ändan av pilen, fastklustrat med björktjära och fastsurrade med en tunn tråd. Bakändan av pilarna var befjädrad med tre halva fjäderpennor, på samma sätt som moderna pilar. Också dessa hade klustrats fast med björktjära och surrats noga fast längs den naturliga krummningen av fjädern, som måste komma från en större fågel. På detta sätt kommer befjädringen inte helt att följa pilens längsaxel, men vara något vriden mot denna. Resultatet är att pilen kommer i rotation i flykten, vilket ökar träffsäkerheten. Denna naturliga konstruktionen bygger säkert på månghundraårig eller tusenårig erfarenhet. Sannolikt hade han behållit de trasiga pilarna för att kunna återanvända det som kunde återanvändas. Med tanke på den precision som fjädrarna hade satts fast med, verkar detta rimligt. Dessutom var de begagnade flintspetsarna de enda pilspetsarna av flinta som han hade med, och det förefaller som han haft till avsikt att använda hornspetsar som pilspetsar för de övriga pilarna. Det fanns också en bunt med fyra, smala, långa hornspetsar i kogret. Bågen själv, som var ett osammansatt stycke idegran, det bästa av bågämnen, var totalt 182 cm lång. Då Ismannen själv enbart var ca 160 cm, betyder detta att det i ordets mening handlade om en långbåge.

I tillägg till den utrustningen som beskrivits fanns det en ram till en bärmes eller ryggsäck, gjord av en U-formad böjd hasselstör med tvärbretten av lärk. Det är oklart om någon säck har varit fäst vid bärmesen, men i alla fall påträffades en stor mängd med rep och snören i anslutning till bärmesen. Dessa är gjorda av två sammantvinnade strängar av gräs, som i sin tur först varit tvinnade. Principen för rep är densamma som idag, men nu används tre strängar.

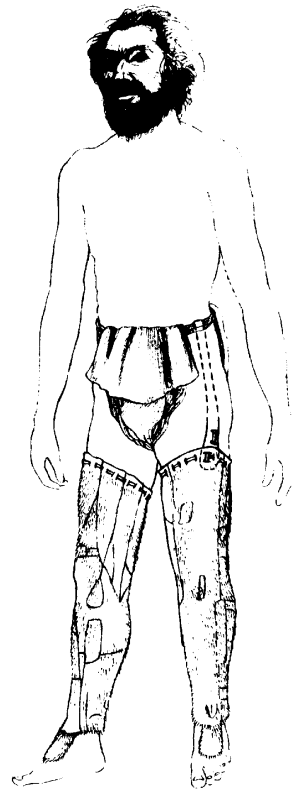
Ett sista föremål skall omnämnas i detta sammanhang. Det har sannolikt varit fastbundet vid bärmesen, eller legat i säcken, om en sådan har funnits. Det rör sig om en andre björknäver-behållare eller näverkont, som legat där bärmesen påträffades, men blåst ned och krossats på andra sidan bergknallen. I augusti 1994 gjorde jag en uppklättring till fyndstället från den branta sydsidan. Fyndplatsen hade nästan smält fram igen, och på väg därifrån fann jag de flesta av delarna som fattades av näverkonten (9). På detta sätt har jag själv kommit att bli inblandad i Ismannens fyndhistoria.

Den första kompletta klädedräkten från Europas stenålder

Fyndet av Ismannen har gett oss den första, kompletta klädseln man känner till från yngre stenålder. Den består av skinn, läder och päls (figur 1-4). Inga textilier har påträffats, trots att man vet att textilier fanns på den tiden. Men å andra sidan måste mannen ha varit varmt klädd för sin



Figur 1. Ismannens “underkläder“, ett skycke av läder som dragits genom skrevet bakom en livrem. Exempel visas på placeringen av några av tatueringarna. Teckningar: Julia Ribbeck, Römisch-Germanisches Zentralmuseum.



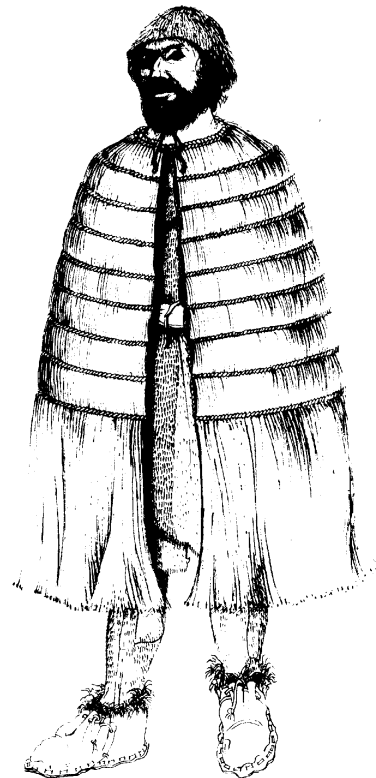
Figur 2. Hosorna sydda i lappverksteknik. Fästet med läderstroppar till livremmen har kunnat fastställas. Märk tofsen längst ned som stoppades ned i skon och skyddade foten mot skosnörningen.

vandring upp på över 3000 meters höjd. Att han föreföll vara naken då han påträffades beror på att kläderna på ryggen torkat ut i solskenet efter han smälte fram, och fallit isär. I själva verket består kläderna av väl tillskurna skinnstycken som sytts samman med helt raka sömmar. Det anmärkningsvärda är att man inte hade synålar av metall. Det tyder också på att sömmerskorna, om man får anta att de var kvinnor, var mycket skickliga i sitt hantverk. Ismannen var klädd i ett ländkläde av tunnskrapat skinn, som drogs genom skrevet och bakom en livrem på ryggen och buken. Bältespungen har sannolikt varit fastsydd på livremmen. Han hade hosor, dvs lösa byxben av päls på båda benen, fästa till livremmen med var sin läderstropp. Kombinationen av ländkläde och hosor gav en god rörlighet. Dessutom hade båda hosorna en påsydd pälstofs längst ned. Denna fungerade som en plös i skorna, dvs som skydd mot skosnörningen, samtidigt som den bidrog till att fästa hosor och skor till enheter, så att hosorna inte skulle glida upp, eller att snö skulle tränga in.

Själva skorna var mycket komplicerade. De är samtidigt de äldsta, kända skorna från Europa. De bestod av fyra eller fem delar: en sula, ett ovanläder, ett inre nät av gräs med öglor nedtill, en läderrem att foga ihop de tre delarna, och sannolikt också en hälkappa, som varit fäst till de övriga delarna, men som inte bevarats. Skorna var också stoppade med hö för isolation och nätet lär ha haft till funktion att förhindra att skohöet skulle förskjutas.



Figur 3. Den mönstrade pälskappan och skorna. På denna rekonstruktion har bältet med bältespungen använts för att hålla ihop pälskappan. Den ojämna, lodräta kanten är skuren. Hur axelpartiet sett ut och om pälskappan haft ärmar är osäkert.



Figur 4. Björnskinnsmössan och den flätade gräsmanteln, som kompletterar den enda kända klädedräkten från Europa. Björnskinnsmössan har hakrem. Gräsmanteln består av ca 90 cm långa grässtrån med rotspetsarna nedåt, en flätad halsring och sju eller åtta horisontella inslag. Denna skyddade mot regn och snö.

Sedan tog han på sig sin pälskappa, som har sett underbar ut då den var ny. De som sydde den har avsiktligt växlat med ljus kronhjortskinn och mörkt getskinn för att åstadkomma ett medvetet mönster. Då den påträffades hade den emellertid varit använd länge, och hade lagats flera gånger. Ovanpå det hela satte han på sig en kappa av glest flätat gräs som användes som skydd mot regn och snö, och som hängde fritt ungefär från höften och ned. På huvudet satte han på sig en mössa av björnskinns med hakrem.

I pälskappan hittade man flera sädeskorn och rester efter tröskad säd. Det rör sig om en primitiv vetesort, så kallad *enkorn*. Detta visar att han nyligen varit i kontakt med ett samhälle där det tröskades säd, och bevisar att han tillhörde ett jordbrukarsamhälle. Om detta låg söder om eller norr om Alperna har inte säkert kunnat klarläggas, men de flesta av indicierna talar för att han kom söderifrån.

Vad han hade uppe på 3200 meters höjd att göra vet man inte säkert. Den hypotes man har bygger på att man på hans tid idkade boskapsskötsel i tillägg till åkerbruk. Dalgångarna var mestadels skogsbevuxna, medan det fanns goda betesmarker, åtminstone för småboskapen, på högfjället, över trädgränsen. En av teorierna som har mest för sig, bygger på att han var en herde. Emellertid skall detta inte uppfattas på det sätt som det skulle göras idag. På den tiden var tamboskapen en viktig del av förmögenheten och måste skyddas mot rovdjur och liknande. Om man skulle göra någon modern jämförelse kunde man jämföra honom med en välstående renägare. Då får hans förhållande till boskapen bättre proportioner.

Tecken på sjukdom och krämpor

Det finns tecken på att Ismannen inte var helt frisk. Två klumpar av björkticka förde han med sig. Man vet att denna sopp, som växer främst på gamla och döda björkar, har vissa antibiotiska egenskaper. Det rör sig så att säga om världens äldsta reseapotek. Men det finns ytterligare tecken på att han hade krämpor. Röntgenbilder har visat att det finns åldersförändringar i ländkotraden, i knä- och fotlederna, som kan ha varit smärtbringande (6). På ömse sidor om ländkotraden finns det tatueringar, direkt i samband med ländkotornas tvärsnitt. Inalles har 18 grupper tatueringar kunnat påvisas, delvis enbart med hjälp av infraröd film. Det rör sig om 16 streckgrupper och två kors, totalt bestående av 56 streck, som sällan är längre än 2 cm (11). Vid arkeologiska och etnografiska jämförelser har man kunnat sätta dessa i samband med en tidig metod för smärt-lindring, någon sorts föregångare till akupunktur. Man kan emellertid föreställa sig, att tatueringen varit förknippad med schamanistiska eller mystiska föreställningar eller riter, eventuellt i form av någon sorts kult.

Sammanfattningsvis kan det sägas om det liv som Ismannen levde att samhället på den tiden var väl utvecklat. Detta gällde i det område där Ismannen levde såväl som bland sumererna i dåvarande Mesopotamien, som redan på 3000-talet före Kristus var ett högt utvecklat kulturfolk. De fynd som blev gjort av kläder och utrustning tillsammans med Ismannen bekräftar till stor del den bild av livet under yngre stenålder som arkeologerna har målat upp, men samtidigt kompletterar den bilden. Fyndet av en komplett, välsydd dräkt från äldre stenålder kommer tveklöst att hjälpa till att få bort bilden av stenåldersmänniskan som gick klädd i hudar släpande efter sig en kvinna i håret i den ena handen och en klubba i den andra. För stenåldersmänniskan tedde tillvaron sig på samma sätt som för dagens människor. Det var bara förutsättningarna som var annorlunda. Stenålders-människan hade en stor mängd kunskaper som var nödvändiga för överlevnaden på den tiden, men som inte längre behövs idag.

Varför och hur Ismannen bevarats fram till våra dagar

Tiden då Ismannen levde var vid slutet av en värmeperiod som kallas för Atlantisk tid med någon eller några graders högre årsmedeltemperatur än idag. Trädgränsen gick högre upp än de ca 1700 m där trädgränsen går i Alperna idag. Men på 2500 meters höjd var man över trädgränsen. Klimatet åren innan kan dock hade börjat närma sig dagens klimat. Det som tycks ha skett, är att Ismannen kommit upp till bergsövergången, en klättring som jag av egen erfarenhet vet är mycket tröttsamt. Han kan ha överraskats av dimma, som alla som känner till fjället vet är en stor fara, därför att man lätt kan gå vilse eller störta ned för en brant. Den dimma som jag själv upplevde vid en av mina uppklättringar, förde med sig temperaturfall, regn och så småningom snö (8). Det kan rent av ha varit snöstorm då han kom upp. Sannolikt har han känt till försänkningen där han lade sig ned för att vila och vänta på bättre väder. Istället somnade han för aldrig att vakna igen. Det förefaller som om han i själva verket har somnat och frusit ihjäl i sömnen sista dagen innan klimatet försämrades och glaciärerna började växa nedåt dalen igen. Snön som lade sig över honom smälte inte bort. Under det kommande året i det närmaste frystorkades han under snön, som är genomsläpplig för luft. Snötäcket växte och småningom bildades en glaciär, som täckte honom i mer än 5000 år, tills han smälte fram igen i september 1991.

Hur kan det då komma sig att han inte sveptes med av glaciären nedåt dalen under denna långa tid? En av de första förklaringarna var att Ismannen låg skyddad mellan två bergsryggar. Men en del av utrustningen, speciellt bärmesen och yxan, låg så högt uppe mot den nedre bergskammen att de skulle ha svepts bort med isen ovanför bergskrean om det förekommit någon rörelse av isen alls under 5300 år (10). Förklaringen är permafrost, dvs att marken är frusen. För att en glaciär skall röra sig längs marken måste temperaturen mellan isen och underlaget vara så vitt över 0 °C. Om glaciären redan är i rörelse medför friktionsvärmens att den inte stannar. Men om det finns permafrost i marken och terrängen inte sluttar nämnvärt, fryser isen istället fast i underlaget och rör sig inte. De senaste beräkningarna av isens maximala tjocklek antyder att glaciären knappt varit tjockare än mellan 5 och 10 meter,

medan man till att börja med trodde att den hade varit 20-25 meter tjock (7). På detta sätt kom också fyndet av Ismannen att bekräfta de teorier, som glaciologerna arbetat med de senaste 10-15 åren.

Men helt opåverkad har han inte blivit under loppet av denna period. För det första har delar av överhuden lösts upp, och lett till att han har tappat allt hår. Detta är normalt för kroppar som blir liggande i en fuktig miljö. Huden förefaller ha bevarats i stor sett intakt (12). Men det finns även en annan vetenskaplig diskussion som rör sig om det finns förhistoriska bakterier eller virus som kan väckas till liv (3,4,5). Inom projektet har man hela tiden varit försiktig på grund av denna potentiella möjlighet. Det kan ju finnas bakterie- eller virussjukdomar som Ismannen var resistent mot men inte dagens människor. Därför förvaras han under glaciärliknande förhållanden och tillåts inte tina upp. Det återstår att se om något levande alls har överlevt 5000 års kyla i en glaciär.

Referenser

1. Bonani G, Ivy SD, Niklaus TR, Suter M, Housley RA, Bronk CR, Klinken GJ van, Hedges REM. Altersbestimmung von Milligrammproben der Ötztaler Gletscherleiche mit der Beschleunigungsmassenspektrometrie-Methode (AMS). I Höpfel F, Platzer W, Spindler K. *Der Mann im Eis. Bericht über das internationale Symposium 1992 in Innsbruck. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck* 187, 1992: 108-116.
2. Egg, M. Zur Ausrüstung des Toten vom Hauslabjoch, Gem. Schnals (Südtirol). I Höpfel F, Platzer W, Spindler K. *Der Mann im Eis. Band 1. Bericht über das internationale Symposium 1992 in Innsbruck. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck* 187, 1992: 254-272.
3. Gams W, Stalpers JA. Has the ice-man contributed to the preservation of living fungal spores? *FEMS Microbiol. Lett.* 1994; 120: 9-10.
4. Haselwandter K, Ebner MR. Microorganisms surviving for 5300 years. *FEMS Microbiol. Lett.* 1994; 116: 189-193.
5. Haselwandter K, Ebner MR. Further evidence in support of the authenticity of microorganisms believed to have survived for 5300 years. *FEMS Microbiol. Lett.* 1994; 120: 11-12.
6. Nedden D zur, Wicke K. Der Eismann aus der Sicht der radiologischen und Computertomographischen Daten. I Höpfel F, Platzer W, Spindler K. *Der Mann im Eis. Band 1. Bericht über das internationale Symposium 1992 in Innsbruck. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck* 187, 1992: 131-148.
7. Patzelt G, Institut für Hochgebirgsforschung, Innsbruck, personligt meddelande.
8. Sjøvold T. Frost and found. The melting of an Alpine glacier brings scientists face to face with the Stone Age. *Natural History* 1993/4: 60-63.
9. Sjøvold, T. A sensational additional discovery at the finding site of the Iceman at Hauslabjoch. I Spindler K, Rastbichler-Zissernig E, Wilfing H, zur Nedden D, Nothdurfter H. *Der Mann im Eis. Neue Funde und Ergebnisse*. Wien New York: Springer, 1995: 115-118.
10. Sjøvold T. Some geographical conditions for the discovery of the Neolithic Iceman from the Alps. I tryck i *Norsk Geografisk Tidsskrift*.
11. Sjøvold T, Bernhard W, Gaber O, Künzel K-H, Platzer W, Unterdorfer H 1995: Verteilung und Größe der Tätowierungen am Eismann vom Hauslabjoch. I Spindler K, Rastbichler-Zissernig E, Wilfing H, zur Nedden D, Nothdurfter H. *Der Mann im Eis. Neue Funde und Ergebnisse*. Wien New York: Springer, 1995: 279-286.
12. Williams AC, Edwards HGM, Barry BW. The 'Iceman': molecular structure of 5200-year-old skin characterized by Raman spectroscopy and electron microscopy. *Biochimica et Biophysica Acta* 1995;1246: 98-105.
13. Zissernig E. Der Mann vom Hauslabjoch. Von der Entdeckung bis zur Bergung. I Höpfel F, Platzer W, Spindler K. *Der Mann im Eis. Bericht über das internationale Symposium 1992 in Innsbruck. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck* 187, 1992: 234-244.

Ismannen från Alperna - hur levde han?

Torstein Sjøvold, *Arbete och Hälsa* 1996;5:21-29.

Fyndet av en välbevarad, mumifierad stenåldersman i en glaciär på 3200 m höjd i Alperna har gett nya insikter om livet under yngre stenålder. Man har i detta fall fått en ögonblicksbild av själva livet. Utrustning och föremål han förde med sig hade han valt själv, i motsats till föremål från gravar, som

valts av efterlevande. Glaciärisen, som frusit fast i underlaget, har dessutom konserverat allt organiskt material mycket bra, och många föremål ses kompletta för första gång, t ex en komplett klädedräkt från yngre stenålder. Mannen själv visar tecken på olika krämpor, som han försökt bota med medicinalväxter och tatueringar.

Nyckelord: Ismannen, yngre stenålder, Alperna, stenålderskläder, bottenfrusen glaciär.

The Iceman from the Alps - how did he live?

Torstein Sjøvold, *Arbete och Hälsa* 1996:5:21-29.

The find of a well preserved, mummified Stone Age Man in a glacier at 3200 m in the Alps has provided new information about life during Late Stone Age. It has actually given a snapshot of the life itself. All equipment he carried he had chosen himself, contrary to the content of graves which is deposited by the descendants. The glacial ice, frozen to the ground, has preserved all organic material very well, and many objects are observed for the first time in a complete state, for instance a complete Late Stone Age clothing. The man himself shows signs of not being completely well, and treated with medicinal plants and tattoos.

Key words: Iceman, Late Stone Age, Stone Age clothing, cold based glacier

DISKUSSION

Bengt W Johansson

Hur utbredd var åderförkalkningen hos ismannen? Vad vet man om hans kostvanor? Detta med tanke på sambandet kost och åderförkalkning?

Åderförkalkningen finns i halspulsådern där den har observerats i några CT-skikt. Fyndet är inte allmänt accepterat. Eventuellt kan det vara en förbenad processus styloideus istället. Kosten bestod dels av kött, både från vilda och tama djur, sannolikt också i torkat skick. Kolhydrater fanns i form av spannmål. Histologiska studier av huden (epidermis saknas) speciellt underhuden har visat att underhudsfettet är minimalt, likaså fettet runt inälvorna. Om detta beror på en perfekt balans mellan kaloriförbrukning och kaloriintag, eller om underhudsfettet reducerats p.g.a. autolys har heller inte utretts klart.

Ingvar Holmér

Vet man något om hur ismannen skyddade sina händer?

Nej, det är frågan om han hade något på händerna alls. Man räknar med att han råkat ut för höstens första snöoväder och att han inte räknat med snö. Det är heller inte klart om hans pälskappa överhuvudtaget haft armar. Sannolikt har den inte haft det, utan armarna har varit utan skydd från pälskappan. Detta reducerar därför skyddet för armar och händer till gräs- eller strålkappan han bar. En intressant fråga i sammanhanget är därför vilken värmeterolerans man hade på den tiden. Även husen man bodde i med öppna eldar bör ha uppvärmts med direkt strålningsvärme på vintern, medan det kan ha varit ganska kallt utmed väggarna.

Jan Mattsson

Det är intressant att ismannen smälte fram i vår tid. Med hans idagenkommande kanske man kan säga att en "klimatperiod" avslutats. I detta fall bidrog depositionen av ökenstoft möjligen till den snabba avsmältningen. Tacksam för några kommentarer till dessa förhållanden.

Den glaciala avsmältningen i Alperna har delvis skett successivt, åtminstone under loppet av det senaste seklet,

dels har även glaciärframstöt skett. Att deposition av ökenstofv hjälpt till att påskynda ablationen p.g.a. att den bildar ett värmeackumulerande skikt genom sin mörkare färg är också klart. Sådana ackumulerande skikt har säkert deponerats vid flera tillfällen på snö, i alla fall har så skett flera gånger i Skandinavien de senaste 40 åren och sannolikt även tidigare. Men sammantaget har sedan glaciärmaximum ca 1750 ablationen varit större än ackumulationen av snö och firn.

Is som konserveringsmedel

Erik Rasmusson

Rubriken, som åsatts föredraget, är jag oskyldig till. Naturligtvis kan isen under extrema förhållanden, exempelvis i Antarktis, konservera både växter och djur i tusentals år. En mera relevant titel torde dock vara "Is som ger livsmedel förlängd hållbarhet".

Vad är is? Vatten i fast form är det enklaste svaret. Is bildas av sötvatten vid 0 °C. Isens densitet är 0,917 g/cm³, vilket medför att is flyter på vatten. Isens volym är större än vattnets, varför frostsprängning sker, då vatten blivit instängt och sedan fryser.

Idag är is för många ett helt annat begrepp än för 70-75 år sedan. Is förknippas i våra dar främst med ishockey, isracing och isshow. Nåja, också för att kyla ner whisky. Det mest exklusiva är då att ha skaffat tusenårig grönländsk is. Finns att köpa i exklusiva butiker världen över.

För att förlänga hållbarheten hos våra baslivsmedel och ha tillgång till kall mjölk har is inte längre någon uppgift att fylla. En självklarhet att vi har kylskåp. Så uppenbart, att problemet en gång i tiden med att förvara färska livsmedel, främst mejeriprodukter, förlorat sin innebörd, sina historiska dimensioner för en yngre generation.

Kylskåpet är en relativt ny uppfinning. Grunden lades, när två unga teknologer, Baltzar von Platen och Carl Munter vid Tekniska högskolan i Stockholm 1922 som examensarbete hade konstruerat en kylmaskin. Den byggde på en helt ny princip, som förvandlade värme från ett element till kyla.

Var förvarades smöret och mjölken, innan kylskåpet hade uppfunnits? Skafferi, källare, svale, isskåp?

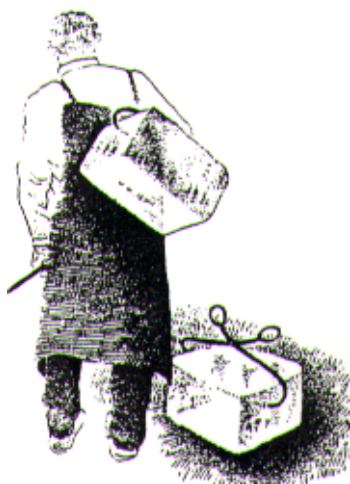
Isskåp - om man hade råd med is

"Si iskarlen kommer" är som bekant en teaterpjäs av Eugene O'Neill. Verklighetens iskarl kunde varje vecka ses i kökstrapporna, när han levererade is till stadshushållen. Kanske flera våningar upp kom han kånkande med stora isblock hängande över axeln i speciella istänger. Tjocka skinnkläden hindrade från att få ryggen förfrusen.

Isskåp i allehanda modeller hade börjat användas ett stycke in på 1800-talet. Föregångslandet var England. I Sverige blev isskåp vanliga först mot slutet av seklet. Oftast var det välbeställda stadsbor, som kunde hålla sig därmed för mejerivarornas skull - och punschens.

Att använda is för att livsmedel skulle klara sig bättre, få förlängd hållbarhet, var naturligtvis känt sedan urminnes tider. Så till exempel lät Alexander den store inrätta väldiga iskällare djupt inne i berget för att klara mathållningen till sina soldater under den långa belägringen av fästningen Petra, i nuvarande Jordanien, år 329 f Kr. Isen hämtades förmodligen från de höga bergen i Syrien.

När den kyltekniska utvecklingen satte fart, tycktes länge kompressordrivna kylskåp vara enda lösningen. Men det dröjde, innan isskåpen trängdes undan. Uppfinningen år 1922 gjorde på kort tid kylskåpet till en självklarhet i varje hushåll. Is är enbart till besvär. Kylskåpet behöver avisas, avfrostar.



Tung och kall var iskarlens börda

Med isskåpens utbredning blev isen en handelsvara. Under några år i slutet av 1800-talet exporterades avsevärda kvantiteter av sågade isblock från västsvenska insjöar, framför allt från Vänern, till New York och övriga storstäder på den nordamerikanska ostkusten. Omskrivet är, att det inte minst var den svenska isen - eller rättare sagt bristen på svensk is - som tvingade fram effektivare metoder för konstgjord kyla. Vintern 1889/90 hade här hemma varit osedvanligt mild, medan den påföljande sommaren i USA blev den varmaste i mannaminne. Resultatet blev en kännbar isbrist.

“Att komma upp i smöret“

Ovanstående talesätt går tillbaka till den tid, då man åt gröt ur ett gemensamt fat med en smörhåla i mitten. I överförd betydelse är uttrycket liktydigt med “att få det bra”. En variant är att vara uppe i smöret = att stå högt i anseende.

Smöret är faktiskt också i mittfältet, när isens betydelse ur mejeriteknisk synvinkel skall klarläggas, nämligen vid utvinning av grädde enligt isvattenmetoden och vid lagring och transport av färdig produkt - före den moderna kylteknikens genombrott. I hög grad bidrog smöret - tack vare isen - till ett ökat välbefinnande i Sverige under 1800-talets senare del.

Innan separatoren - år 1878 - hade uppfunnits skummades mjölken för hand. Det tillvägagångssättet som länge tillämpades på gårdsmejerierna var att hålla upp mjölken i vida men låga bunkar, vanligen av trä eller lergods, som placerades på det kalla, stensatta golvet i särskilt byggda källare. Idén med de grunda bunkarna var att mjölkens fettkulor skulle ha kort väg att vandra upp till ytan och där bilda ett gräddskikt.

Isvattenmetoden var ett framsteg. Mjölken silades upp i smala men höga behållare av förtent bleckplåt, som ställdes i träkar och packades med is. Gräddsättningen gick fortare, ungefär på halva tiden. Det var viktigt att effektivisera skumningen av grädde - den svenska exporten av smör till England hade börjat skjuta fart. Isen kom för lång tid framöver att spela en avgörande roll i smörhanteringen, framför allt vid förvaring och under transport av smördrittarna. Konkurrenten med danskarna var hård.

Den revolutionerande uppfinningen

Ingen teknik inom mjölkhantering och mejeridrift har kommit att få så vittgående konsekvenser som Gustaf de Laval's uppfinning av separatoren. Den medförde en snabb omdaning och tillväxt av mejerinäringen.

Som fallet ofta är med geniala uppfinningar är grundprincipen enkel. Den som var med på den tiden mjölk - lösmjölk - hämtades på bondgården eller i mjölkboden, svängde säkert en och annan gång sin spann över huvudet och förvånade sig, att ingen mjölk spilldes ut. Nästan som ett cirkustrick. Pojken eller flickan åstadkom en centrifugalkraft, som var omkring fem gånger tyngdkraften - långt mer än tillräckligt för att mjölken skulle stanna kvar i kärlet. Och fettkulorna i mjölken rörde sig fem gånger så fort mot ytan, som hela tiden var vänd mot vridningscentrum, det vill säga mjölkbudets axel.

Det var denna princip, som tillämpades vid de första försöken att mekaniskt separera mjölk, således att avskilja grädde för framställning av smör. Redan efter det att de första separatorerna praktiskt hade provats - bland annat på

Alnarp och Ultuna - kunde konstateras, att gräddutbytet blev högre än med den gamla ismetoden. Fem procent högre uppgavs det.



Ett cirkustrick att få mjölken
att stanna kvar i kärlet



Denna handdrivna separator för hemmabruk
hade fram till år 1900 sålts i 10000 exemplar

Den särställning, som mejeriidkare i vår del av världen hade tack vare tillgången på is, rubbades. Uppfinningen av separatorn öppnade utsikter för länder med varmare klimat att göra sig gällande på smörmarknaden, trots att någon is- eller isvattenmetod rimligen inte stod till buds. Den ökade produktionen av smör medförde prisfall. Ungefär samtidigt fick smöret ett konkurrensstarkt alternativ - margarinet.

Isen - smörets outhärlige följeslagare

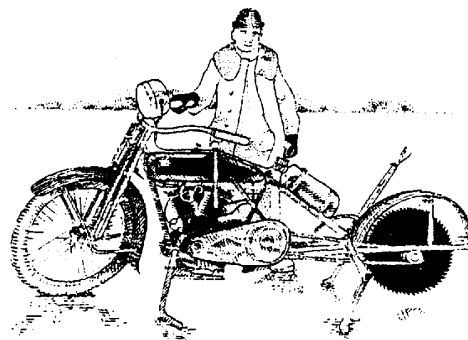
Vilken avskiljningsteknik som än användes för grädden, så ökade kraven på förbättrad smörkvalitet. Och inte minst på att minska härskning under lagring och transport. Isen fortsatte långt in på 1930-talet att vara smörets outhärlige följeslagare.

För att få dokumenterat, hur upptagning och förvaring av is tillgick, genomförde Nordiska museet för några år sedan en utfrågning på skilda håll i landet. Mönstret och metoderna visade sig vara ganska likartade överallt.

Issågen var oftast en stocksåg, som kunde ha handtaget utformat för en eller två man. Isblocken togs upp med hjälp av en stega med två utstående krokar av järn i ena ändan. Stegen sköts in under isstycket, som vilade mot järnkrokarna, när det drogs upp. Sågkarlen hade träskostövlar. Träet isolerade mot kylan. För att inte vara hala, försågs stövlarna med hästkosöm eller broddar.



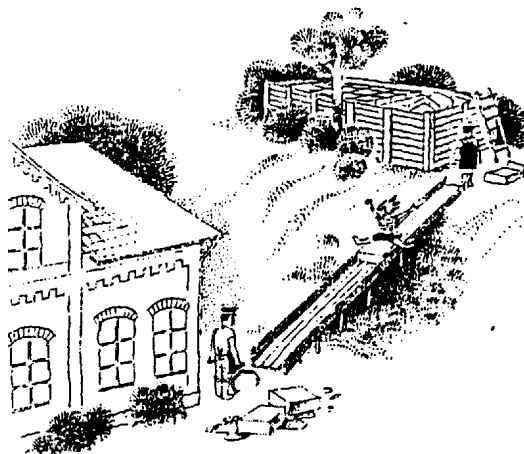
Den klassiska bilden "Far sågar is"
ur Sörgårdens läsebok



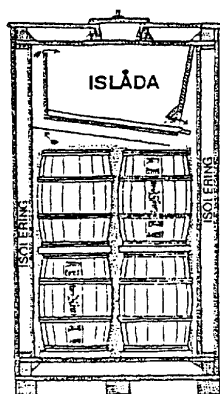
Motorcykel från 1930, omgjord
till motorsåg för is.

Isen forslades till mejeriet och lades upp i en isstack. I ett öppet skjul med raka träväggar staplades, stackades isen, block efter block. I alla mellanrum och mot väggplanket pressades sågspån in. Hela isdösen täcktes av ett kraftigt lager av de isolerande sågspånen, som på grund av sin mycket dåliga värmelednings-förmåga skyddade isblocken också under de hetaste sommar dagar. Ett naturens under kunde tyckas.

Genomgående eftersträvades ren, klar kärnis, fri från vass och dy. Isens tjocklek skulle helst vara 20 till 25 cm, det vill säga väl bärande en lastad släde. Vanligaste storleken på de sågade isstyckena var en aln eller 60 cm i fyrkant, vilket motsvarade en hanterbar mansbörda på omtrent 80 kg. Därest inte isen måste anskaffas långväga ifrån, var mejeriets andelsägare skyldiga att svara för ishanteringen från sjö till stack.



En våghalsig isfärd. Nostalgiskt minne från författarens pojkår. (Alfhögs mejeri)



Kylrum för smördrittlar.

Bekymmer med smörkvaliteten låter sig lätt förmodas med ett isfritt exempel. Kvibille socken utanför Halmstad hade alltsedan 1800-talets mitt varit känd för hög mjölkproduktion. Eget mejeri fanns. Innan västkustbanan hade byggts, körde kusken Sven Jönsson smör en gång i veckan till Göteborg. Nattkvarter och byte av hästar efter halva sträckan. Två dagar på landsväg - kanske i flödande sol och förödande värme - vederfors smöret.

Järnvägen blev av avgörande betydelse för att svenskt smör skulle kunna hävda sig på exportmarknaden. En företagsam handlare i Vessigebo, i mellersta Halland, hade t o m innan stationshuset hunnit bli färdigbyggt 1894, där uppfört ett ismagasin - större än godsmagasinet - intill ett särskilt stickspår. Isen hämtades från sjöarna längs Falkenbergs Järnväg. Godsvagnarna inreddes med islåda under taket, i princip som de kylrum, mejerierna utrustades med.

“Ingen ko på isen“, d v s det är ingen fara eller brådska, är ett gammalt ordspråk. Sin förklaring får det i sitt fullständiga skick “så länge rumpan är i land“.



Is som konserveringsmedel

Erik Rasmusson, Arbete och Hälsa 1996:5:30-35.

I våra dagar förknippas is mest med hockey, bandy, konståkning och andra fritidsaktiviteter. Men för 70-75 år sedan var is en nödvändighet i vår livsmedelsförsörjning. Isen förlängde hållbarheten hos våra baslivsmedel och vidmakthöll kvaliteten. Is är en naturprodukt, som vi nordbor drog nytta av. Utan att smälta kunde den förvaras över heta sommardagar i isdösar tack vare ett täcke av sågspån med dålig värmeisoleringsförmåga. Isskåp finns knappast någon som minns. Kylskåp har blivit en hart när lika viktig enhet i köket som spisen. Den moderna kyltekniken har i hög grad kommit att omgestalta hanteringen av livsmedel förutom i hushållen också inom produktionen och distributionen.

Ice for preservation of food

Erik Rasmusson, Arbete och Hälsa 1996:5:30-35.

In our days ice is associated with hockey, bandy, ice show and other holiday activities. And maybe with the whisky glass. We have forgotten how important ice once has been in housekeeping and food industry to retain freshness of milk, meat and fish. Refrigerators at home or for instance in dairies are

nowadays necessary equipment. In the winter months the ice was taken up from lakes or watercourses and sawn in blocks two by two feet and about one foot in thickness. These pieces kept in sawdust withstood in this way thawing even during warm summer days, when the ice was needed at its very best. The golden age for the Swedish agriculture - the export of butter to England during the years 1880-1930 - had never taken place without ice during transport and storing.

Kyla och livsmedel

Igår och idag

Göran Löndahl

Historiskt perspektiv

Kylans användning för att bevara livsmedel kan följas till nära nog tidernas begynnelse åtminstone i de delar av världen där man under delar av året hade låga temperaturer. Lagring av naturis anses belagd så tidigt som 1100 f Kr i Kina.

Under århundraden var det naturkyla som kom till användning, dvs kallt klimat, is och evaporativ kylning. Genom att blanda is och olika salter åstadkoms en fryspunktsnedsättning och de lärde tvistar om när detta först kom till användning. Baptista Porta påpekar i sin *Magica Naturalis* 1589 att om man blandar salpeter och snö erhålls temperaturer under 0 °C. Francis Bacon bekräftar riktigheten i detta påstående och nämner också en del andra blandningar. Ett exempel på kylteknikens tidiga negativa effekter är ett påstående att Francis Bacon drabbades av en dödlig förkylning då han experimenterade med is- och saltlösningar för att konservera fågel som han fångat.

Is transporterades under 1700- och 1800-talet långa sträckor över hela världen. Så nämns t ex att man 1806 transporterades 130 ton is från Boston, Massachusetts, till Martinique. Senaste också till Jamaica där det användes i sjukvården under en gula febern epidemi. Från både norra USA och Norge gick under första hälften av 1800-talet skeppslaster med is så långt som till Calcutta i Indien, Rio de Janeiro i Brasilien, Kina och Australien.

Även om det inte finns någon definitiv gränslinje mellan det som kallas naturlig kyla och artificiell sådan, är år 1755 av betydelse. Detta år konstruerade den skotske professor Wilhelm Cullen den första maskinen som presenterade små kvantiteter is utan att använda naturlig kyla.

Livsmedelssystemet kräver kyla

Medan ångtekniken hade utvecklats nästan utan hjälp av djupgående teoretiska analyser kom kyltekniken att baseras på grundläggande termodynamiska studier. Den tyske ingenjören Karl Linde, professor i München, intresserade sig för kyltekniska problem och utvecklade på 1870-talet flera olika typer av kompressordrivna kylmaskiner som senare fick stor användning vid bryggerier och senare vid kylning av livsmedel.

Mekanisk kylteknik togs först i bruk av svensk bryggeriindustri. Lyckholms Bryggerier i Göteborg uppförde 1877 den första kylanläggningen följt av Münchenbryggeriet i Stockholm 1890 och 1892 startade den svenska industrin tillverkning av kylteknisk maskinutrustning för att tillgodose bryggeriindustrins behov. Inom slakterinäringen togs den första anläggningen i bruk 1897 och två år senare var det dags för den första installationen i margarinindustrin. Kylhanteringen i mejerierna skedde till mitten av 1930-talet så gott som uteslutande med naturis. Först 1956 infördes kyla på gårdarna vilket eliminerade den besvärliga kannhanteringen.

1916 tillsattes av Kungl. Majt via Jordbruksdepartementet en utredning av frågor rörande inrättandet av spannmålslager och kylhus. Utredningen var klar 1918 och kommittén hemställde bl a om en särskild fond om minst 2 Mkr. benämnda Statens Kylhusfond. Det påfordrades i Kommitténs yttrande att kylutrymmet skulle vara tillräckligt för lagring av minst 10 kg kött för varje medlem av den kyrkskrivna befolkningen i kommunen. Vidare skulle anläggningen utföras på ett sådant sätt att kött och andra varor skulle kunna lagras vid en temperatur av -8 °C.

Samtidigt hemställdes om att Järnvägsstyrelsen skulle arrangera kyltransporter. Långt dessförinnan hade man ute i världen använt kyltekniken för lagring och hantering av livsmedel. Under slutet av 1800-talet skeppades stora kvantiteter fryst kött från Sydamerika och Australien till Europa. De första framgångsrika transporter utfördes av det franska fartyget Paraguay med kött från Argentina till Frankrike 1878. Ett annat märkesår är 1880 då SS Strathleven anlände till London med en skeppslast kött från Australien. Första fryshuset i Europa byggdes 1881 i London för att ta emot det kött som kom från södra hemisfären. I Tyskland byggdes det första fryshuset 1882 i Bremen.

Djupfrysta livsmedel efterkrigsboom

Även om industriellt djupfrysta produkter inte har mer än ca 50 år på nacken i Sverige, har tekniken varit välkänd och industriellt använd i över hundra år. Transporterna av kött på 1880-talet från södra hemisfären till Europa möjliggjordes genom att produkttemperaturen sänktes till under -10 °C då den mikrobiella aktiviteten avstannat. Redan 1861 uppges att man i Nordtyskland fryst fisk med hjälp av is- och saltblandningar. Fisk, som efter att ha fått ett skyddande glaceringsskikt med is, lagrades upp till 8-10 månader.

Genombrottet för det som vi idag känner som modern djupfrysningsteknik skedde i USA då en pälshandlare vid namn Clarence Birdseye baserat på iakttagelser i Labrador 1922 började laborera med olika sätt att frysa fisk och andra livsmedel. Detta arbete resulterade i en speciell infrysnings-anordning som beviljades patent 1924. Mot slutet av 20-talet hade Birdseye och hans medarbetare med framgång också löst problemen att frysa grönsaker, bär och kött. Den första testförsäljningen skedde i Springfield, Mass. USA, 1930 och totalt introducerades 26 olika produkter. Utvecklingen hindrades av den stora depressionen och först under senare delen av 30-talet satte produktion och konsumtion ordentlig fart. 1938 gav Clarence Birdseye en presskonferens i England och två år senare fanns två engelska livsmedelsproducenter som arbetade med djupfrysta livsmedel. Det dröjde emellertid fram till ca 1955 innan de verkliga försäljningsframgångarna kom i Europa. Genombrottsåret i USA sätts normalt till 1944.

I Sverige var med stor sannolikhet Svenska Fryserierna i Göteborg pionjärer, där man 1923 med framgång exporterade fryst fisk till Mellaneuropa. Denna fisk var helt obehandlad och användes som halvfabrikat till konservindustrin. Norrköpings Stads Slakthus ägde vid denna tid det andra större fryshuset i Sverige där man arbetade framför allt med fryslagring av kött. Med stor sannolikhet letade sig såväl amerikanska som något senare engelska djupfrysta konsumentprodukter fram till dessa fryshus redan under 30-talet.

Fryslager av kött och smör spelade en viktig roll under andra världskriget inte bara i krigförande länder, utan även i Sverige. Mestadels ovetande åt svenska folket under långa tider av året nästan uteslutande fryslagrat kött, fläsk och smör vilket lagrades in under våren och sommaren då det rädde produktionsöverskott. Flera källor anser att utan tillgång till denna teknik hade den svenska livsmedelsförsörjningen sett helt annorlunda ut.

I början av 1940-talet genomfördes vid Münchenbryggerierna försök med infrysning och lagring av olika livsmedel. Dessa experiment ledde fram till det produktsortiment som exklusivt såldes på NK. Produkterna fick beteckningen kärnfrostbehandlade livsmedel. 1941 köpte Marabou en konserveringsanläggning för frukt och bär i Bjuv som fick namnet Findus. Redan tidigt hade man planer på att just denna anläggning skulle användas för produktion av djupfrysta livsmedel. Försök genomfördes i såväl Bjuv som på Marabous laboratorium i Stockholm. Parallellt med dessa försök arbetades det också intensivt inom konsumentkooperationen bl a i Åstorp. 1945 tog Marabous ledning ställning till de produkter som testats. Klara för försäljning var spenat, ärtor, jordgubbar, hallon och blåbär. Produkter som kom att utgöra basen i sortimentet tills den djupfrysta fisken introducerades.

Under 1950-talet exploderade djupfrystförsäljningen från ca 500 ton till 21000 ton 1960 vilket motsvarade en per capita konsumtion av ca 2,8 kg. Samtidigt lagrades 130000 ton för säsongsutjämnande ändamål av i första hand kött, fisk och smör. Glassen svarade vid denna tidpunkt för ca 18000 ton.

Från isbod till kyl- och frysdisk

I början av 1930-talet utgjordes butikernas kylsystem fortfarande av naturis och evaporativ kylning. I den tidens kylrum placerades isblocken ofta på golvet som var cementerat och försett med avlopp. På isblocken lades en vaxduk och därefter linnehanddukar i vilka mera ömtåliga varor lindades in. Utmed väggarna i isboden hängdes de större djurkropparna. Luftfuktigheten blev ofta hög, men eliminerades av en kraftig fläkt som blåste köttet torrt. En behandling som ledde till stora vikt förluster både i form av uttorkning och på grund av att köttet krävde putsning. Uppgifter finns på att vikt förlusterna kunde vara så stora som 10-15 %.

I de efter andra världskriget framväxande snabbköpen och självbetjäningsbutikerna var under en lång tid kött- och charkavdelningen liksom i de fall då fiskavdelning fanns dessa manuellt betjänade. Några problem fanns inte med det centrala kylrummet från vilket varorna hämtades, detaljstyckades och putsades inför ögonen på konsumenten. Så småningom ledde detta till problem och då speciellt för icke branschaffärernas kött- och charkavdelning som inte hade samma möjligheter att på ett säljande sätt exponera sitt varusortiment. Detta ledde till utvecklingen av speciella kyldiskar för halvfabrikat och färdigprodukter. Kyldiskar som kunde placeras ute i butiken dvs man flyttade kylrummen närmare konsumenten.

När de industriellt djupfrysade produkterna blev allt vanligare under början av 1950-talet skaffade sig handlarna frysdiskar och höll ett visst mindre djupfrysassortiment inte bara för att hänga med, utan också för att ge kunderna service. Till en början var det små boxar som var fryskedjans sista länk, men allt eftersom varusortimentet växte blev trycket allt större. Nya frysdiskar fick anskaffas och man upptäckte att det fanns mycket pengar att tjäna på djupfrysade livsmedel. Också de nya diskarna blev för små och man insåg att de djupfrysade produkterna inte exponerades på rätt sätt. Exponeringstänkandet ökade och kravet på stora lockande ytor växte.

Den totala ytan som upptas av kyl- och frysmöbler i dagens butik är i storleksordningen 15 % av den totala butiksytan. Intressant att notera är att dagens trend mot allt större exponeringsytor står i direkt motsättning till den klara inriktningen mot lägre och säkrare förvaringstemperatur liksom i vad avser önskemålet om energihushållning.

Kyl och frys i varje hem

Idag förfogar varje svenskt hushåll över ett kylskåp och över 95 % också över en frysbox eller frysskåp. Behovet av ett kallt utrymme för förvaring av känsliga matvaror har givetvis alltid funnits, men detta tillgodosågs ända till långt in på 1900-talet utan hjälp av kyltekniken. Lanthushållen i vårt land har sedan urminnes tider haft tillgång till jordkällare. Uptagen och lagrad naturis utnyttjades också ofta som komplement till dessa. Ända till 1800-talets slut levde också en stor del av städernas befolkning som på landet - man flyttade med sig sina vanor därifrån och sålunda också behovet av en naturlig matkällare för varje hushåll. Efterhand steg städernas befolkningstäthet, husen blev större och det blev svårare att få en källare till varje hushåll. Den teknik som då togs till hjälp var isskåpet, dvs kylskåpet kylt av smältande is. Denna var lagrad naturis och sedermera också genom mekanisk kyla fryst is. Konstfrysade isblock distribuerades i många svenska städer ända in på 1950-talet.

Den första kylskåpet med kompressorkylning byggdes 1911-12 i Eskilstuna, men tekniska svårigheter stoppade den planerade storskaletillverkningen och det dröjde bortåt tjugo år innan någon sådan åter kom igång i Sverige. Försök gjordes i stället att förbättra isskåpet. Bl a lanserades 1912 ett skåp där en blandning av is och salt fylldes på i en behållare på skåpets ena sida och luften cirkulerade ner genom köldblandningen och in vid dess botten. Man hade mycket tidigt klart för sig att om kylskåpet skulle göras till en säljbar produkt måste man använda sig av mekanisk kyla utan bullrande fläktar och till ett vettigt pris. Von Platens och Munters absorptionskylapparat blev ett sesam öppna dig för det moderna kylskåpet. I början av 50-talet blev konkurrensen från kompressorskåpen emellertid alltmera kännbar, då både inköpspris och energibehov var lägre för dessa. Än idag säljs emellertid kylskåp av den klassiska Platens-Muntersmodellen bl a för installation i husvagnar och fritidsbåtar och kan komma att bli aktuella för hemmen igen.

Andra sätt att lösa kylskåpsfrågan prövades också. Bostadsstiftelsen HSB började under 40-talet förse sina

fastigheter med centralkylanläggningar. Kylkompressor och vattenkyld kondensor placerades i källaren och därifrån drogs köldbärarledningar till de olika våningsplanen där de anslöts till resp lägenhets kylskåp. Även matkällarnas kylare var anslutna till detta system. Kondensorkylvattnet bidrog med en del värme för förvärmning av tappvarmvatten, vilket var nog så uppskattat under varmvattenransoneringens 40-tal.

Under 50-talet började kylskåpen utrustas med ett litet frysack, men också frysboxar och frysskåp för infrysning av förvaring av djupfrysta produkter ökade markant under denna period. Det dröjde emellertid till 1964 innan man lyckades genomdriva att hemfrysar skulle vara standard i alla lägenheter och räknas in i det s k låneunderlaget på samma sätt som spisen och kylskåpet.

Före frysboxarna i hemmet använde konsumenten s k frysack eller andelsfrysar. De första sådana tillkom 1947 med start i Skåne. Till stor del under inflytande och inspiration av danska andelsanläggningar. I första hand fanns de på landsbygden och först senare i städerna. I Stockholm byggdes ett särskilt frysackslager i det s k Rigolettohuset mitt på Kungsgatan. Anläggningen kallas för Frysericentralen och varje fack rymde 100 liter och kostade 50 kr att hyra per år.

Hösten 1950 startade Elektroheliös konstruktionsarbete för en frysbox baserad på ett amerikanskt koncept. Ett år senare producerade ett 20-tal anställda knappt 2000 frysboxar per år. Dagsproduktionen var länge sju boxar vilket bildade ett lagom stort lass som vid dagens slut med häst och vagn kördes till järnvägsstationen.

Glass första djupfrysta livsmedlet

Glass är en av de få produkterna, om inte den enda, som äts fryst utan att räknas in i statistiken över djupfrysta produkter. Skälet är förmodligen att den från början betraktades som en ren mejeriprodukt. Ett mera spekulativt skäl kan vara att glassen fanns långt innan frystekniken var en industriell företeelse.

Sågnen berättar att den första glassliknande produkten tillkom 3000 f Kr. En kejsare i Kina tröttnade på att dricka ljummet vatten och skickade slavar upp i bergen för att hämta snö och is som kocken blandade med frukt- och bärsaft och därmed var sorbén uppfunnen. Receptet gick vidare till Indien och Persien.

Marco Polo svarade för den verkliga etableringen i Europa. Han tog med sig inte bara recept, utan också beskrivningar av köldblandningar som höll produkten kall, nämligen is och salpeter. Under samma tid, slutet av 1200-talet, började italienarna också att blanda mjölk i produkten och glassen var född.

Glassen var länge en italiensk företeelse, men då den franske tronföljaren Henrik 1546 gifte sig med bankirdottern Katarina de Medici flyttade kunskapen vidare ut till Europa. Under 1700-talet serverades glass på alla Paris restauranger och kaféer med självaktning. Ute i övriga Europa var man inte sen att ta efter. I England öppnas det första konditoriet med glasstillverkning 1762, efter det att produkten endast varit förbehållen samhällets toppar. I Sverige anses Gustav III vara den person som introducerade glassen och glassbomberna på hans fester var vida berömda. Dock hade redan Gustav II Adolf serverat sorbet som 14:e rätt på meny vid sitt bröllop 1620. Carl von Linné skrev 1750 om glasse, vilken han avnjutit i nobla sällskap under sommaren. Fem år senare publicerade Cajsa Warg ett glassrecept i sin välkända bok, men påpekar samtidigt att detta är en ohälsosam spis. Den första glassen på konditori serverades i Stockholm 1841.

Tillverkningen var både krånglig och arbetsam. Glassmaskinen tillkom omkring 1660 med en italienare vid namn Cutelli som upphovsman. Industritillverkningen satte igång under 1800-talet och 1834 fick amerikanen Jacob Perkins patent som möjliggjorde tillverkning av större kvantiteter. Den första moderna glassmaskinen som blev en standardmodell tillkom 14 år senare och uppfinnaren var en kvinna, Nancy Johnson. Den första glassfabriken startade 1850 i Baltimore, USA och världsutställningen i St Louis 1904 var en kraftig tillväxt för glasskonsumtionen bl a genom introduktionen av glasstruten. Glasspinnen föddes 1921.

Den första glasstillverkningen i Sverige skedde i slutet av 20-talet. Pionjärer var bl a Choklad-Thule i Stockholm. Mjölkccentralen startade sin första fabrik 1935 och den första produkten fick namnet Puck och åtföljdes bl a av Puckprylar. Av tradition startade glasssäsongen på Maria Bebdelsedag 25 mars.

Åsikten att glassen var ohälsosam fanns till in på 1950-talet då ett antal läkare upptäckte glassens fördelar som febernedsättande medel.

Kyltekniken infrastrukturell nödvändighet idag

Det moderna samhällets livsmedelssystem är till stora delar uppbyggt kring användning av kyltekniken. Utan denna skulle samhället i stor utsträckning vara beroende av närproduktion som i det gamla bondesamhället. Kylteknikens ökade betydelse har gått hand i hand med industrialiseringsprocessen och är en förutsättning för en framgångsrik utveckling av det postindustriella samhället i västvärlden. Utnyttjandet ökar kontinuerligt i de sk nyindustrialiserade delarna av världen och betydelsen i den sk mindre industriella delen är ställt utom allt tvivel. Problemet i det sistnämnda fallet är att finna alternativa applikationslösningar. En direkt tillämpning av den industrialiserade världens strukturella lösningar låter sig inte göras annat än i undantagsfall. Uppbyggandet av t ex lokala infrysningsanläggningar och transportnät medför att t ex fisk blir tillgänglig för konsumtion inte bara i ett kustområde utan långt in i landet. Sådana system finns t ex redan i Indien. Det måste också noteras att kylteknikens användning i vissa nischer av livsmedelsproduktionen kan möjliggöra värdefulla exportintäkter.

Något mått på kylteknikens globala ekonomiska betydelse eller på de kvantiteter livsmedel som hanteras kylda och frysta står ej att finna. Vissa uppskattningar och beräkningar finns emellertid och kan göras. Världens fiskfångst uppgår t ex till 100 miljoner ton och då de stora fiskerikationerna - industrialiserade - svarar för mer än 50 % av fångsten kan det antas att i storleksordningen 50-60 miljoner ton fisk kyles och/eller fryses. Ett geografiskt näraliggande exempel som illustrerar betydelsen av kyltekniken är att Norge årligen exporterar mer än 250 000 ton kyld och fryst odlad lax.

Det totala marknadsvärdet för konsument- och storhushållsförpackade kylda och frysta livsmedel inom EU-12 uppskattades 1993 till ca 1800 miljarder kr vilket är 25 % av den totala livsmedelsmarknaden. Observeras bör att denna uppskattning inte innehåller frukt, bär och grönsaker, ej heller mjölk- och maltdrycker.

En uppskattning av det kylda och frysta livsmedelssortimentet i Sverige ges i tabell 1.

Tabell 1. Uppskattad kvantitet och värde av kylda och frysta livsmedel i Sverige 1994.

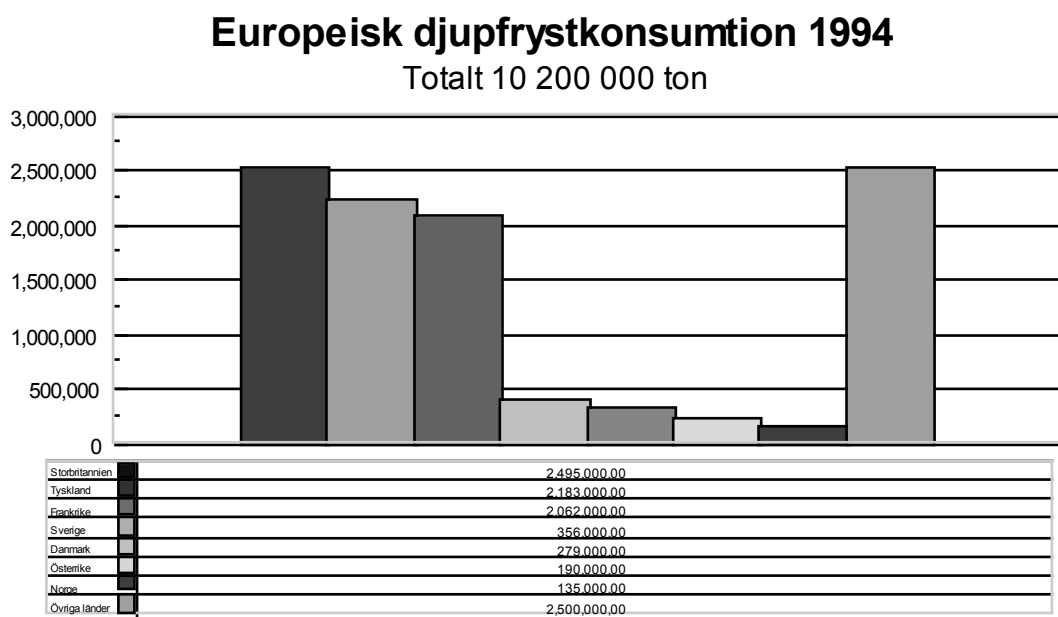
Produkt	Kvantitet 000 ton	Värde MSEK	Per capita Kg/år
Kött o köttvaror	516	32160	59
Fisk o skaldjur	67	2878	11
Mjölk, mjölkprodukter	1361	11204	156
Övrig mejeri, matfett	386	13956	45
Köksväxter	230 ¹	4700 ¹	25 ¹
Frukt o bär	250 ¹	4000 ¹	30 ¹
Glass, liter	125	4676	14
Maltdrycker	569	12466	71
Totalt	3504	86040	-

Inkluderas mjölk, maltdrycker och hälften av frukt, grönt och bär utgör de djupfrysta och kylda livsmedlen ca 50 % såväl av det totala värdet som den totala kvantiteten livsmedel. Med samma beräkningsgrund som för EU-12 uppskattningen ovan utgör värdet 32 % av totalvärdet och kvantiteten kylda och frysta livsmedel 22 % av den totala mängden.

Uppskattningen av världsmarknaden för konsument- och storhushållsförpackade djupfrysta livsmedel visar på ett

¹50 % av totalvärden

totalt varuvärde i storleksordningen 615 miljarder kr, varav glass svarar för inte mindre än 184. Den totala volymen djupfrysta produkter uppskattas till 26 miljoner ton av vilka USA svarar för nära hälften. Marknaden för några europeiska länder framgår av figur 1. Den totala produktionen i Europa är ca 10 miljoner ton, varav Sverige svarar för 356 000 ton inkl glass, vilket ger en per capita konsumtion på 32 kg.



*Exkl. fd Östeuropa

Figur 1.

Förändrade matvanor

Antalet konsumentstudier är idag mycket stort och resultaten ofta motsägelsefulla. I senare undersökningar utkristalliseras tre ofta återkommande trender. En av de viktigaste är relaterat till kvalitet/ekonomi - värde för pengarna. Dagens konsumenter sägs vara beredda att betala mer för en signifikant högre kvalitet. Å andra sidan efterfrågar konsumenten bättre råvaror, intressanta och billigare recept samt förbättrade sensoriska egenskaper till ett vettigt pris. Många människor hoppar över lunchen eller väljer ett billigt mellanmålsalternativ för att antingen ha pengar till andra aktiviteter eller för att då och då lägga mer pengar på mat av gourmettyp. Recept i dagstidningar, tidskrifter och moderna kokböcker talar mycket om hög kvalitet till lägre pris. En restaurangtrend är alternativa ingredienser med samma sensoriska egenskaper som originalet men billigare än detta.

I den första svenska kostundersökningen som gjordes 1889 av Hultgren och Landgren bland dels medicinare och dels industriarbetare framkom att arbetarens huvuddiet bestod av strömming, potatis, rågbröd, cerealier och mager mjölk. Arbetarna konsumerade nästan tre gånger så mycket mjölk som medicinarna, men i och med att de senare drack fet mjölk fick de i sig dubbelt så mycket mjölkfett som arbetarna. Medicinarna åt mera kött, fläsk, vitt bröd, mindre fisk, mindre mängd potatis och mindre mängd cerealier. Drömmen för gemene man att kunna sätta den feta mjölken på bordet liksom den feta osten, fylla brödfaten med vitt matbröd och sött kaffebröd samt mera kött har uppfyllts. I kostundersökningar som utförts under 1980-talets slut framkom att LO-kollektivets medlemmar nu äter mer fett, mindre fiber, medan akademikern äter precis tvärtom mindre fett, mera fiber. Kunskapen och värderingarna har svängt och idag är strömming, grovt bröd, mager ost det som rekommenderas för att uppnå hälsa och livskvalitet. Under många år har förebyggande vård varit ett nyckelord när det gäller människors hälsa och detta inbegriper också rätt kost. Konsumentens intresse och oro är förståelig, eftersom det finns ett klart samband mellan livsstil som rökning, diet och dödsfall i cancer och hjärtsjukdomar. I en relativt sen amerikansk undersökning konstateras att nära 50 % av alla dessa sjukdomar kan relateras till livsstilen. Frånvaron av tillsatser, mindre salt och

socker har lett till helt nya produkter sett ur hanterings- och lagringssynpunkt. Oftast är dessa produkter känsligare än originalprodukterna.

Hälsoaspekterna och därmed kostvanorna har fått allt större betydelse i allt större grupper, vilket bl a indikeras i tabell 2 nedan.

Tabell 2. Förändrad per capitakonsumtion för utvalda produkter

Produkt	Per capitakonsumtion, kg			
	1980	1985	1990	1994 prel.
Rotfrukter	6,1	9,0	9,0	9,6
Köksväxter	21,7	27,9	28,9	31,9
Bananer, melon	11,5	14,2	21,5	22,6
Socker	19,4	18,4	13,8	14,8
Smör	3,5	3,3	2,2	2,3
Lättmargarin	1,9	2,6	4,2	4,7

Påtagliga är också trender relaterade till miljö och etik. 1970-talet ses allmänt som det årtionde under vilket de gröna rörelserna fick sitt genombrott. Dessa är idag inte längre politiska rörelser, utan har en bred social förankring baserad på ökat medvetande om miljöns betydelse för inte bara livskvalitet utan total överlevnad. När det gäller livsmedel efterfrågar de alltmer medvetna konsumenterna naturliga produkter så nära sitt ursprung som möjligt. Under energikrisens dagar i början på 70-talet förutspåddes djupfrysningsindustrins snabba nedgång och villkorlösa utfasning som bevaringsmetod för livsmedel av många. Analyserna skedde emellertid oftast av enskilda delar av systemet t ex av energiåtgången vid exponering i butik som jämfördes med t ex burkkonserverade produkter eller i transportledet. Vid en analys av hela systemet från "hagen till magen" visar det sig emellertid att djupfrysningstekniken i många fall är betydligt energisnålare än andra alternativ. Analyserna utsträcktes så småningom till att omfatta också andra faktorer av relevans som t ex påverkan på sensoriska egenskaper, näringsvärde osv. Analyserna visade med stor tydlighet nödvändigheten av ett tvärvetenskapligt synsätt vid bedömningen av olika processers påverkan. På senare år har allt större intresse riktats från konsumenternas sida mot djurhållning och det sätt på vilket djur hanteras i samband med transport, slakt osv. Konsumenttrycket är idag mycket stort och får också politiska återverkningar.

Ökat uteätande är en annan faktor som påtagligt förändrat konsumentens matvanor. I Sverige serveras dagligen mer än 4,5 miljoner måltider i de olika storhushållen. Ofta utgör denna måltid det enda lagade målet mat för familjen. Ökad fritid och därmed också behov av ökad sysselsättning har skapat ett behov för bekvämare mat. Uteätandet har revolutionerats genom utbyggnaden av snabbmatsrestaurangerna. Före 1955 var korvståndet det enda ställe där snabbmat serverades. Idag finns en lång rad produkter som serveras inom loppet av någon minut från beställningen. Det hela började 1955 då Ray Croc öppnade den första McDonald-restaurangen i Des Plaines, Illinois, USA. 1958 serverades den 100 miljonte hamburgaren av McDonald och 1994 passerades 100 miljarder hamburgare. 1994 hade enbart McDonald över 15000 restauranger i 79 olika länder. Antalet restauranger har nära nog fördubblats på en 10-årsperiod. McDonald har fått ett stort antal efterföljare världen över. Den första svenska hamburgerrestauranten öppnade 1955 i Helsingborg och har också den medverkat i utvecklingen av en helt ny livsstil. En utveckling som hade varit omöjlig utan kyltekniken och då främst frystekniken. En förändring av mera kuriöst slag är att den svenska kräfttraditionen under de senaste 10-15 åren blivit varje hushålls tradition och inte bara de mera välbeställdas. Under 1994 konsumerades över 2300 ton djupfrysta kräftor från USA, Ryssland, Kina osv.

Frystekniken har inneburit något av en revolution också i det enskilda hushållet. Idag har mer än 95 % av alla hushåll ett frysskåp eller frysbox medan det 1960 endast var 10 % av hushållen eller ca 250 000 hem. Till detta skall läggas ungefär 150 000 hushåll som hade tillgång till en fryssocksanläggning. 1960 fördelade sig hemfrysarna på 27 % hos bönderna, 11 % hos tjänstemännen medan arbetare och pensionärer och andra svarade för 9 resp 4 % av

innehavet.

Vid en undersökning 1959 konstaterades att årskonsumtionen av djupfrysta livsmedel var 53 paket (definierade som konsumentförpackningar) hos högre tjänstemän, medan fabriksarbetare och lägre tjänstemän avnjöt 22 paket och bönder resp pensionärer och övriga inmundigade 15 resp 3 paket. Några nyckeltal från en under 1995 genomförd undersökning framgår av tabell 3. Undersökningen omfattade 85 hushåll, varav 40 var ensamstående eller par och 45 utgjordes av familjer med ett eller flera barn. Respondenternas ålder varierade mellan 28 och 75 år och var till 2/3 tjänstemän och resten kollektivanställda.

Tabell 3. Inköps- och konsumtionsfrekvens av djupfryst för ensamstående/par och barnfamiljer

	Procent		
	Ensam/Par	Familj	Totalt
Inköpsfrekvens			
Aldrig/Sällan	8	-	4
1 gång/vecka	84	62	73
2-4 gång/vecka	8	33	20
>4 gång/vecka	-	5	3
Konsumtions- frekvens			
Aldrig/Sällan	-	-	-
1 gång/vecka	38	11	24
2-4 gång/vecka	48	67	58
>4 gång/vecka	14	22	18

Den procentuella fördelningen av de mest frekvent handlade produkterna framgår av tabell 4. Samtliga hushåll köper glass. Som god tvåa kommer basgrönsaker följt av fisk som råvara. Vissa skillnader föreligger mellan ensamstående/par och barnfamiljer. Barnfamiljerna handlar mer basgrönsaker, grönsaksblandningar, kött och kycklingprodukter. Bland aldrig inköpta livsmedel uppger 38 % av respondenterna att man inte köper färdiglagade köttprodukter ej heller pizza eller pasta. Bär, juice, köttråvara samt preparerad tillagade kycklingprodukter är exempel på andra produkter som ca 20 % av respondenterna uppger sig aldrig köpa. Skillnaderna mellan ensamstående/par och barnfamiljer är i vissa fall stora t ex i vad avser färdiglagade rätter där ca 40 % av barnfamiljerna uppger sig inte köpa denna typ av produkter mot endast 13 % av den andra kategorin hushåll.

Hemfrysning av livsmedel bedömdes för ett tiotal år sedan svara för dubbelt så stor kvantitet som den industrifrysta. Skulle detta vara fallet också idag fryses i storleksordningen 60 kg per capita i hemmet. De mest populära produkterna för hemfrysning är grönsaker och bär, kött, färdiglagad mat samt bröd och kakor. Mellan 70-80 % av respondenterna uppger sig frysa dessa produkter. Skillnaderna mellan de två kategorierna hushåll är minimal.

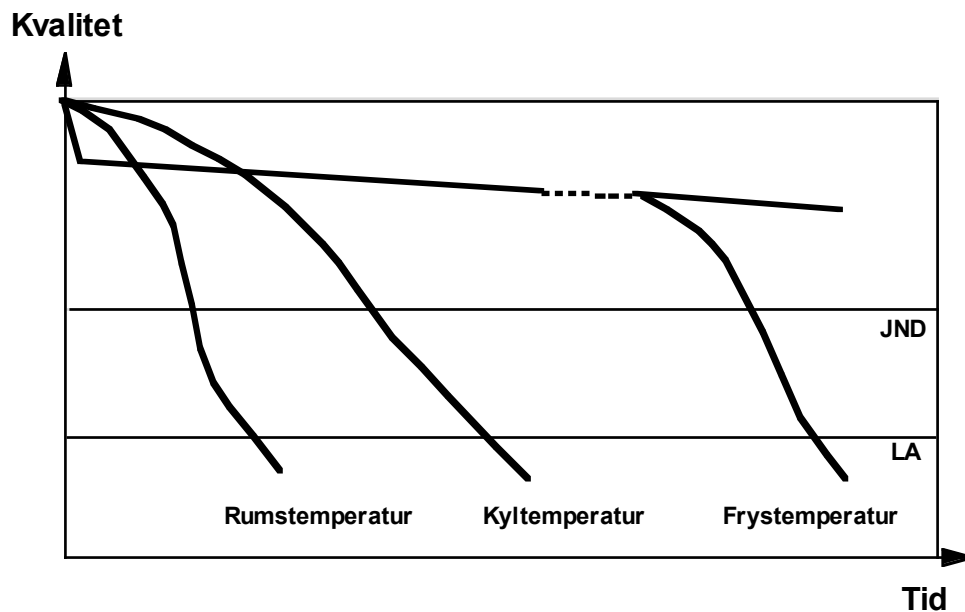
Tabell 4. Procentuell fördelning mest köpta djupfrysta livsmedel

Produkt	Mest köpta produkten, procent		
	Ensam/Par	Familj	Totalt
Grönsaker	75	87	81
Grönsaksblandningar	63	73	68
Pommes frites, potatisprodukter	58	60	59
Kött råvara	40	60	51
tillagat, prep.	13	27	20
Kyckling hel	55	76	66
prep.	28	64	36
Fisk råvara	75	73	74
tillagad/prep.	35	56	58
Färdigkomp. rätter	30	29	29
Pizza, pasta	30	29	29
Bär, juice	38	47	42
Glass	100	100	100
Bröd	38	20	28

Kvalitet - tvärvetenskapligt begrepp

Konsumenten säger sig vara allt mera kvalitetsmedveten, men har ofta svårt att definiera begreppet kvalitet. Vissa kvalitetsbegrepp kan mätas genom kemiska, biokemiska, fysikaliska eller mikrobiologiska analyser. Dessa analyser ger en uppfattning om livsmedlets kvalitet med avseende på näringsvärde, säkerhet, förväntad hållbarhet och sammansättning. Betydligt svårare är det att definiera etisk eller estetisk kvalitet eller ätkvalitet. Normalt ger vetenskapliga analyser av livsmedel genomsnittskonsumenten inte någon hjälp i hans eller hennes bedömning utan denna är i högsta grad subjektiv. Ofta är det livsmedlets speciella sensoriska egenskaper eller fysikaliska egenskaper som avgör vad som är god kvalitet. Ett kvalitetsbegrepp som är viktigt för i stort sett alla konsumenter är fräschhet eller färskhet. Ur språklig synvinkel finns två definitioner av detta begrepp som kan hänföras till livsmedelsprodukter. Den första är "ny i motsats till konserverad dvs ej saltad, ej jäst, ej rökt, ej torkad, ej konserverad i socker, ej värmebehandlad t ex burkkonserverad" och den andra är "bibehållande av den ursprungliga kvaliteten, ej försämrad eller förändrad, ej gammal". För dagens och morgondagens konsumenter är sannolikt den sistnämnda definitionen den viktigaste, vilket gör kylda och frysta livsmedel speciellt intressanta. Saltade och rökta, torkade, pastöriserade eller steriliserade produkter är alla signifikant förändrade med hänsyn till produktens ursprungliga egenskaper.

För ett stort antal livsmedel resulterar lagring vid rumstemperatur i en snabb kvalitetsförlust. Kyles produkten kan hållbarheten markant förlängas. Vid frysning förloras initialt något av den ursprungliga kvaliteten, men de nedbrytande processerna fortsätter med mycket låg hastighet vilket illustreras i figur 2.



Figur 2. Principiell skillnad i kvalitetsförlust under lagring av livsmedel vid rums-, kyl- och frystemperatur

I figuren har två kvalitetskriterier lagts in, det undre representerande acceptabilitetsgränsen (LA) och den övre gränsen den först iakttagbara förändringen (JND). Av speciellt intresse och vikt är att konsumenternas intresse för kvalitet och kvalitetskriterier innebär att han eller hon rör sig uppåt på skalan i figuren från acceptabilitetsgränsen mot den första iakttagbara förändringen.

Alla kvalitetsnedsättande reaktioner är temperaturberoende. Hållbarheten för produkter av animaliskt ursprung begränsas oftast av mikrobiell aktivitet, medan hållbarheten av vegetabilier begränsas av fysikaliska förändringar vid temperaturer över fryspunkten. Temperaturen betydelse kan illustreras med två exempel. Nyfångad torsk har passerat acceptabilitetsgränsen inom 24 timmar om den lagras i rumstemperatur medan den i isat skikt vid 0 °C har en hållbarhet som varierar mellan 10-14 dygn. Fryses torsken förlängs hållbarheten till acceptabilitetsgränsen upp mot 12-18 månader beroende på val av förpackningsmaterial och lagringstemperatur. Det viktigaste kvalitetskriteriet, den första iakttagbara förändringen, passerar emellertid efter 4-6 timmar, 4-6 dagar och 6-8 månader för de alternativa bevaringssätten. Ett annat och klassiskt exempel från grönsaksvärlden är C-vitamininnehållet i spenat. Trädgårdsfärs spenat vid rumstemperatur t ex presenterad på torget dagen efter skörd har förlorat mellan 60-80 % av C-vitamininnehållet, medan fryst spenat efter 10 månaders lagring fortfarande innehåller 50-60 % av den ursprungliga C-vitaminhalten.

Kylta livsmedel anses ofta vara färskare än djupfrysta. Om ett livsmedel uppfattas som färskt så länge inga förändringar kan iakttas, dvs till dess produkten passerat gränsen för den första iakttagbara förändringen är denna uppfattning korrekt endast under mycket kort tid. Kylta livsmedel eller livsmedel hanterade vid rumstemperatur är endast färskare än sin djupfrysta motsvarighet så länge kurvan för kvalitetsförlusten befinner sig över kurvan för den djupfrysta produkten.

Inte mycket ont

Världshälsoorganisationen WHO har i mer än 20 år uttryckt sin oro över det ökade antalet livsmedels- och vattenburna sjukdomar. Food & Drug Administration, FDA, i USA räknar med att mellan 25-80 miljoner amerikaner drabbas varje år till en beräknad kostnad mellan 8 och 23 miljarder USD. I Sverige varierar

uppskattningarna av antalet sjukdomsfall mellan 500 000 och 750 000 årligen. Konsumenten kräver i allt större utsträckning färska produkter, dvs livsmedel vars enda hållbarhetsbehandling bestått av att produkten kylts eller frysts. Vid normala kylagringstemperaturer sker en tillväxt av mikroorganismer såväl patogena som icke patogena, medan den mikrobiologiska tillväxten helt avstannat vid fryslagring.

Konsumenterna blir allt mera medvetna om de säkerhetsrisker som föreligger inte minst eftersom flera av utbrotten ofta får stor uppmärksamhet i media. Olyckligtvis baseras en stor del av konsumenternas riskbedömningar på alltför enkla scenarios som baseras på en begränsad mängd subjektiv information. Det har därför blivit självklart att kräva att alla livsmedel skall vara säkra ur bakteriologisk synvinkel. Få konsumenter är medvetna om att ett garanterat säkert livsmedel inte existerar.

Skälen till en ökning av livsmedelsburna sjukdomar är många. Två skäl är bättre metoder för detektering och identifiering av orsaken till utbrott samt förbättrad statistik. Livsstilsrelaterade faktorer spelar säkerligen en mycket stor roll, t ex ökat uteätande, ökat resande, import av produkter från områden med annorlunda hygienisk standard osv. Ett mycket allvarligt skäl är konsumentens minskade kunskaper om hur livsmedel skall hanteras, lagras och tillredas. Det anses allmänt att ca 50 % av alla sjukdomsfall orsakade av livsmedel kan hänföras till hanteringen omedelbart före eller i anslutning till tillagningen. En annan faktor av betydelse är konsumentens krav på mindre tillsatser inte bara konserveringsmedel utan också av salt och socker. Nya produkter som skräddarsys för att möta konsumenternas krav på färskhet och minimal bearbetning måste hanteras under strikt kontrollerade förhållanden. Produkttemperaturen får t ex en allt större betydelse, något som utgör ett problem i dagens kyldistribution av många produkter. Ett exempel ges i tabell 5 som redovisar resultaten från en svensk undersökning av kylt kött i butik.

Tabell 5. Mikrobiologisk status av kylda köttprodukter "Bäst-före-dagen"

Produkt	Procentuell fördelning av prov		
	Godkända	Godkänd med anm.	Underkänd
Kött, alla prov	21	73	6
Nötkött	15	78	7
Fläskkött	29	67	4
Kryddade produkter	25	72	3
Produkter med ben	29	63	8

Vid en uppföljande studie med tonvikt på färdigkryddade köttprodukter var 58 % godkända med anmärkning, medan ingen produkt var underkänd. Studier på fisk visar liknande resultat med mellan 20 och 60 % av proven bedömda som godkända med anmärkning. Centralisering av livsmedelsproduktionen är ett annat skäl, även om större enheter normalt har bättre utbildad personal och en mera effektiv produktionskontroll. Ett misstag i en storscaleoperation kan nå ett mycket större antal konsumenter än från en mindre anläggning. Såväl forskare som myndigheter understryker temperaturens stora betydelse i såväl bearbetning som distribution.

Djupfrysta livsmedel intar en särställning i jämförelse med flera andra hållbarhetsbehandlingar. Detta naturligtvis under förutsättning att beredning, tillverkning, förpackning skett under strikt kontrollerade former. Vid den låga temperatur som djupfrysta livsmedel lagras avstannar all mikrobiologisk tillväxt. En skyddande förpackning förhindrar kontaminering med icke önskvärda mikroorganismer. Den i jämförelse med kylda livsmedel normalt längre lagringstiden innebär god tid för mikrobiologisk kontroll. Många av de kylda livsmedlen har redan nått butiken eller till och med förtärs innan analysresultaten föreligger. Steriliserade livsmedel innebär naturligtvis en minst lika stor säkerhet om inte större. Dock innebär sterilisering att produkten på ett påtagligt sätt förändras med avseende på ursprungliga signifikanta produkttegenskaper. Detta är inte i överensstämmelse med konsumenternas krav på oförändrade naturliga produkter.

En av de absolut viktigaste frågeställningarna när det gäller kylda och frysta livsmedel är frågan om köldmedier.

Två amerikanska forskare, Rowland och Molina, presenterade 1973 en teori som visade att halogenerade kolväten har en ozonreducerande effekt. Ett av de mest använda köldmedierna var och är klor-, fluor- och vätekolfuorkolväten mera kända under handelsbeteckningen freoner. Förutom som köldmedier användes dessa substanser vid tillverkning av isoleringsmaterial. Teorin ledde så småningom till antagandet av det s k Montreal-protokollet 1987. Denna överenskommelse är den första internationella överenskommelsen som åstadkommit baserad på en oro för global miljöpåverkan. Montreal-överenskommelsen har följts av ett flertal möten vid vilka bl a köldmedier varit föremål för diskussion. Det senaste 1995 i Berlin då bl a växthuseffekten var ett huvudtema.

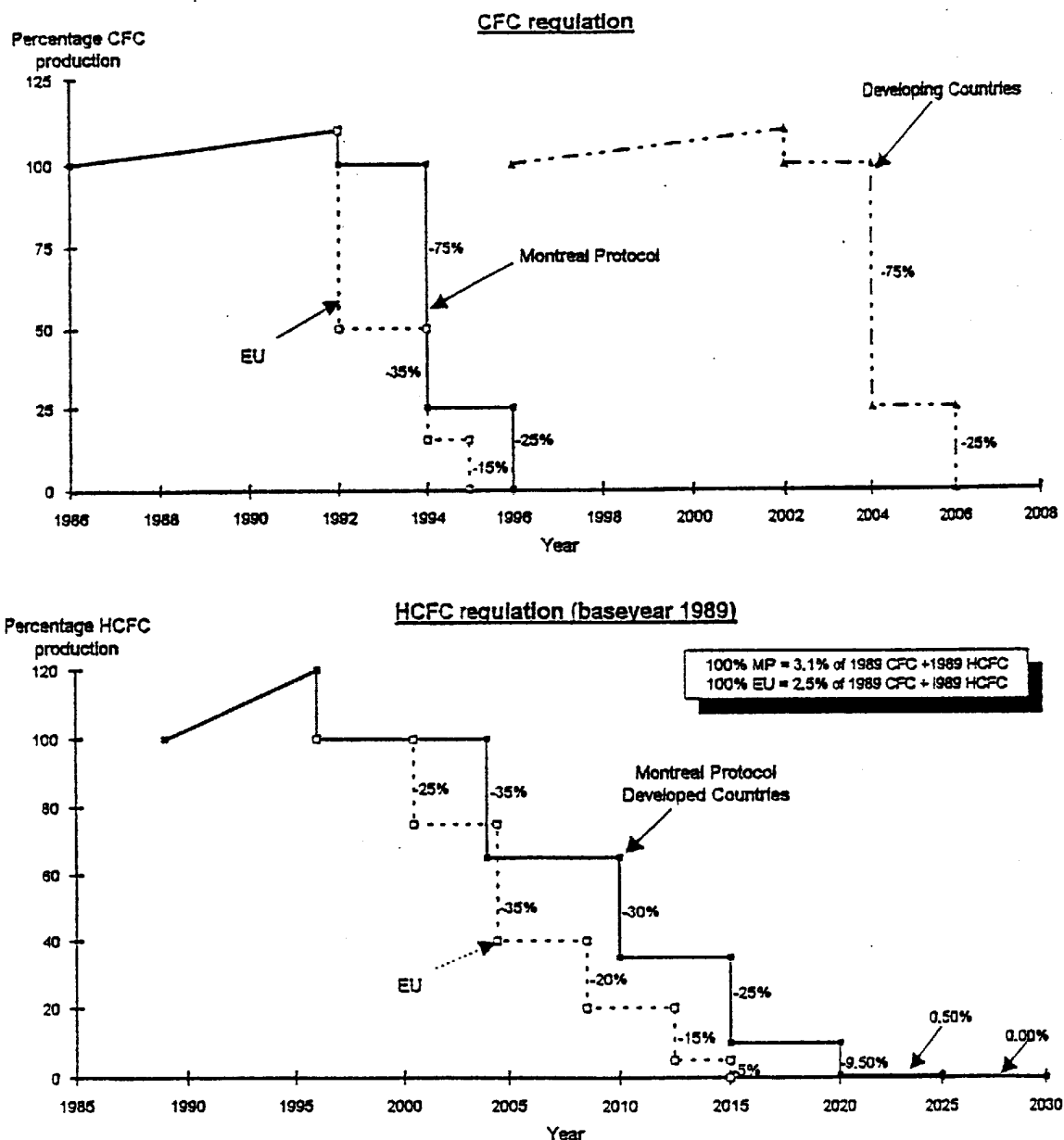
De viktigaste substanserna som reglerades i Montreal-protokollet var de vanligt förekommande klor-fluor-kolvätena - CFCs. Det fortsatta arbetet har lagt fast en total utfasning av dessa substanser till 1996 med en 10-årig fördröjning för utvecklingsländerna. 1993 reglerades också utfasningen av HCFCs till år 2025. EU och några andra länder har antagit en ännu snabbare tidtabell vilket indikeras i figur 3.

Sedan flera år pågår ett intensivt arbete för att finna alternativa köldmedier och ett flertal har sedan länge funnits, t ex ammoniak, propan, isobutan och andra kolväten. Målsättningen i arbetet är att nedbringa köldmediefyllningarna t ex genom indirekta system med bibehållen energieffektivitet och termodynamiska egenskaper.

Kall framtid

Kylteknikens roll i dagens såväl som framtidens livsmedelssystem framför allt i den industrialiserade delen av världen är och kommer att bli mycket stor. Kyllda och djupfrysta livsmedel uppfyller de flesta av de krav dagens och morgondagens konsumenter ställer. Kvantiteten kyllda livsmedel är redan idag och har alltid varit mycket större än mängden djupfrysta livsmedel och kommer att så förbli. Problem finns emellertid. Vissa av dem är relaterade till

Figur 3. CFC och HCFC reglering enl Montreal-överenskommelsen



konsumentens krav på mindre tillsatser, mindre socker, mindre salt vilket ändrar produkternas hållbarhet och ställer krav på lägre lagrings- och distributionstemperaturer. Dålig disciplin i kylkedjan är utan tvekan ett mycket stort problem vilket påverkar såväl kvalitet som säkerhet i negativ riktning. Ett intensivt forsknings- och utvecklingsarbete pågår för att lösa dessa problem som i första hand är temperaturrelaterade.

Alternativ till de halogenerade kolvätena vilka används som köldmedium finns redan. Utvecklingsarbetet inriktas i första hand på att finna nya konstruktions- och applikationssätt vilka optimeras ur såväl ekonomisk som miljömässig tyngdpunkt genom bl a nyutvecklade livscykel-analyser.

Tillväxttakten för djupfrysta livsmedel anses av flertalet marknadsbedömare vara större än för det kylda sortimentet. Den senaste svenska statistiken visar att försäljningen av djupfrysta livsmedel i dagligvarubutikerna fortsätter att öka. I jämförelse mellan första halvåret 1994 är ökningen i år 7 % motsvarande ca 5000 ton. De

produkter som främst ökar är färdigmat med 30 %, men även bageriprodukter, grönsaker, potatis och fågel visar på ökad försäljning. Också storhushålls-marknaden visar en ökning med 4 % under första halvåret 1995 jämfört med 1994. Bäst utvecklas sk bake-off produkter och grönsaker med 24 resp 23 %.

Kylteknikens användning i den nyindustrialiserade delen av världen är under stabil tillväxt framför allt när det gäller Asien-länderna. För mindre utvecklade länder kan kyltekniken komma att få en utomordentligt stor betydelse dels för värdefulla exportinkomster, dels för ett effektivare tillvaratagande och distribution av produkter inom länderna. Ett villkor är emellertid att såväl de tekniska lösningarna som de infrastrukturella systemen modifieras för att passa resp. land.

Det råder ingen tvekan om att nya såväl som nygamla användningsområden kommer för kyltekniken i livsmedelssystemen. Ett exempel där konsumenternas krav på kvalitet, etik, djurhållning och miljö skulle kunna tillgodoses är ett mera rationellt utnyttjande av kyltekniken som alternativ till transport av levande djur. Det borde vara uppenbart att man i den pågående debatten diskuterar tänkbara alternativ till dagens transporter. Alternativ som uppfyller inte bara krav med hänsyn till gällande lagstiftning på djurskyddsområdet, utan även emotionella konsumentkrav. Det är naturligtvis av vikt att de alternativa systemen är rationella, ekonomiska och resulterar i hög produktkvalitet till konsumenten.

Det torde vara välkänt för alla inblandade att kött från djur som transporteras under de mediabeskrivna formerna kan uppvisa påtagliga kvalitetsfel. I en rad undersökningar har ett negativt samband påvisats mellan stress före slakt och köttkvalitet. Transporttidens längd kan också påverka utbytet vid slakt negativt med sämre ekonomiskt utbyte som resultat. Ett självklart alternativ är att utnyttja kyltekniken.

De transportekonomiska konsekvenserna kan bli utomordentligt stora vilket framgår av nedanstående tabell som visar de ungefärliga relationerna mellan levande vikt och slaktvikt samt de mängder kött av storboskap och svin som kan transporteras på en trailer. Utbytet vid slakt varierar med bl a djurens näringstillstånd och de angivna värdena är vedertagna genomsnittsvärden i den svenska industrin. Transportkapaciteten begränsas av de gränser för maximal last som finns i vissa länder. Ett rimligt medelvärde är i detta fall 21 ton nettovikt. Den fysiskt möjliga lasten anges med * i tabellen.

Då slaktkroppens vikt utgör ca 50 % av det levande djurets vikt när det gäller storboskap blir transportkostnaden per kilo kött i det närmaste 100 % högre vid transport av levande storboskap

Tabell 6.

Djurslag	Slaktutbyte	Ca vikt		Transportkapacitet kött per trailer		
		Kilo		Kilo		
		Levande	Slaktad	Levande	Slaktad	Styckad
Storboskap	50	550	275	9 600	17 900	21 000 25 500*
Svin	70	110	77	15 400	21 000 23 000*	21 000 25 500*

som vid transport av slaktade, parterade kroppar. Skillnaden blir än större om transporten av levande slaktdjur jämföres med transport av grovstyckat kött. Att också energikostnaden liksom miljöbelastningen är betydligt större vid transport av levande djur än vid transport av parterade eller grovstyckade slaktkroppar räknat per kilo kött synes självklart.

En tvärvetenskaplig konsekvensanalys för att belysa för- och nackdelar med avseende på relevanta faktorer som totala kostnader, resursutnyttjande, produktutbyte, miljö- och kvalitetspåverkan skulle utan tvekan visa på stora fördelar för kyl- och frystekniken.

Referenser

1. *Den Svenska Kylteknikens Historia*. Kyltekniska Föreningens Jubileumbok 1992
2. Mats Wickman. *Glassboken - ett stycke glasshistoria* 1992
3. *West-European Food & Drink Strategic Information System*. Special Report 1995. Chilled & Frozen Foods, AEEF Seminar France 1995
4. *Jordbruksstatistisk Årsbok 1995*. Livsmedelsekonomiska Samarbetsnämnden. Statistiska Centralbyrån
5. *När mat kommer på tal*. Tabeller om livsmedel 1995. Statistiska Centralbyrån. Bruksekonomiska Samarbetsnämnden
6. Andersson K, Lövenheim B, Norman I E, Rydal B. *Mikrobiologisk undersökning av butikspackat kött*. Rapport November 1988, Nynäshamn, Sollentuna, Värmdö och Stockholms Miljö- och Hälsoskyddsförvaltning
7. Lindmark R, Schorn H P, Berndtsson E, Holmlund A. *Lättlagad sommarmat - rökt gravad fisk. Kryddat rått kött*. Rapport 1993, Täby Miljö- och Hälsoskyddskontor Institutionen för Livsmedelshygien, SLU, Uppsala

Kyla och livsmedel - igår och idag

Göran Löndahl, Arbete och Hälsa 1996:5:36-53.

Även om kyla kommit till användning för att bevara livsmedel i flera tusen år i form av naturis och kallt klimat har den industriella tillämpningen inte mer än 100 år på nacken. Den mest påtagliga utvecklingen har skett under de sista 50 åren. Idag har varje hushåll tillgång till kylskåp och mer än 95 % också frysbox eller -skåp. Kyltekniken har blivit en infrastrukturell nödvändighet i dagens livsmedelssystem över hela den industrialiserade världen. För övriga delar av världen spelar tekniken en allt större roll. Av världens fiskfångst kyles eller fryses mer än 50 % eller i storleksordningen 50-60 miljoner ton. Det totala marknadsvärdet av konsument- och storhushållsförpackade kylda och frysta livsmedel inom EU-12 uppskattades 1993 till ca 1800 miljarder kr vilket är 25 % av den totala livsmedelsmarknaden. Med samma beräkningsgrund svarar dessa livsmedel för 32 % av totalvärdet och 22 % av totala kvantiteten livsmedel i Sverige. Tillgången till kylda och frysta livsmedel har påtagligt medverkat till såväl allmänhetens ändrade kostvanor som livsstil. I Sverige serveras dagligen över 4,5 miljoner måltider utanför hemmet och stora delar av såväl råvaror som helt färdiga måltider hanteras kylda eller frysta. Över 70 % av konsumenterna handlar djupfryst en gång i veckan och ca 60 % äter någon form av djupfryst 2-4 gånger i veckan. Utvecklingen tar bl a sikte på ytterligare förbättringar av tekniken för hantering och distribution av kylda produkter främst i vad avser temperaturhållning genom hela kedjan. Ett under senare år allt viktigare område är att ersätta de ozonpåverkade kylmedierna av typ freoner. Ett arbete som fortskrider snabbare än tidtabellen i den industrialiserade delen av världen, men långsammare i övriga delar. Framtiden kommer säkert att uppvisa minst samma tillväxttakt av tillämpningarna av kyltekniken inom livsmedelssystemen som under de senaste 25 åren. I vissa delar av världen troligen snabbare.

Cold and food - yesterday and today

Göran Löndahl, Arbete och Hälsa 1996:5:36-53.

The industrial application of refrigeration in the food systems is just about 100 years old and the real growth has taken place within the last 50 years, even if ice and cold climate have been used for thousands of years to preserve food products. All over the industrialised world refrigeration has become an infrastructural necessity in the handling and distribution of foods. In other parts it is gaining more and more importance. More than 50 % of the worlds fish catches or 50-60 million tons are chilled or frozen every year. In 1993 the sales value of all consumer and catering packed chilled and frozen foods within EU-12 was estimated to some 1800 billion SEK. This stands for 25 % of the

total food market. The corresponding figure for Sweden is 32 % when it comes to value and 22 % of the total quantity. Chilled and frozen food has played an important role in changing both eating habits and lifestyles. In Sweden more than 4,5 million meals are eaten outside the home every day. A large number of those meals are based on chilled and frozen rawmaterials as well as prepared and fully cooked dishes. More than 70 % of the Swedish consumers buy frozen foods once a week and some 60 % consume some type of frozen food 2-4 times a week. Important research and development work is carried out in a number of fields. One example being improvements of the chill chain. Another is the replacement of ozone depleting freons. The future is likely to show at least the same growth of the application of refrigeration in the various food systems as during the last 25 years.

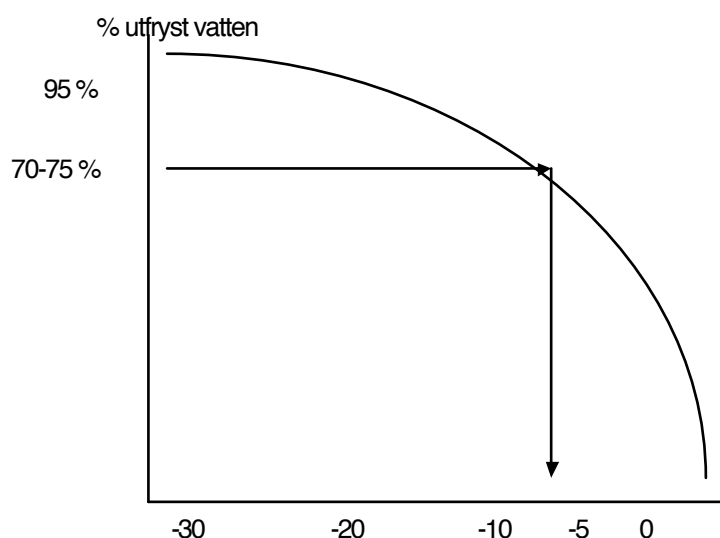
Diskussion

Torstein Sjökvold

Ismannen förvaras vid -6 °C. Detta beror på att detta motsvarar årsmedeltemperaturen i glaciären där han låg. Frystemperaturer på -20 °C har föreslagits. Detta har avvisats p.g.a. påstådd växt av iskristaller som skulle förstöra cellstrukturen. Vad händer rent frystekniskt med kött om frystemperaturen sänks från -6 °C till -20 °C?

Tror det är fel att jämföra ismannen med kött, främst beroende på skillnader i vattenhalt. Vattenhalten bestämmer naturligtvis rekristalliseringen av isen vid ev temperaturvariationer. Fryspunkten är också av betydelse. Man kan ju tänka sig att ismannen har något eller t o m mycket lägre fryspunkt än kött beroende på högre saltkoncentration. Om temperaturen är lägre än -6 °C som han nu förvaras vid finns inga iskristaller. Sänker man den uppstår kristaller som kan skada cellstrukturen främst genom osmos. Är fryspunkten högre än -6 °C finns redan iskristaller och då borde teoretiskt temperaturen sänkas eftersom även små temperaturvariationer kan ge upphov till re- eller omkristallisation.

Lagring av livsmedel sker bäst vid låg temperatur bl a beroende på att mängden utfrost vatten är större vid lägre temperatur och påverkar minskning av temperaturvariationer i området -25/-30 °C än i området -20/-25 °C alternativt -15/-20 °C. För kött ser relationen utfrost vatten/temperatur ut ungefär så här.



Som synes ger några graders variation vid lägre temperatur inget utslag eller ringa i mängden is jämfört med samma variation kring -10°C eller värre -6°C . En annan fråga gäller naturligtvis risken för mögeltillväxt vid så hög temperatur som -6°C . Nu är väl ismannen så väl frystorkad att vattenaktiviteten inte medger någon växt, men man borde kanske kolla.

Mitt råd är, bestäm fryspunkten (ev vatteninnehåll och salthalt). Om lägre än -6°C och låg vattenaktivitet, låt honom stanna i den miljön. Om högre, dvs det finns iskristaller vid -6°C sänk temperaturen. Till detta kan läggas ev emballagets betydelse. Beroende på hur ett sådant är utformat kan förutsättningarna enl ovan ändras. Av vikt är också den frekvens med vilken ismannen "finns" för provtagning och naturligtvis hur lång tid han vistas utanför den temperaturkontrollerade miljön.

Brunfettvävnad som värmealstrare hos människa

Barbara Cannon och Jan Nedergaard

De allra flesta djurarter på vår jord har en kroppstemperatur som är nära omgivningens temperatur, vilket i praktiken betyder att deras aktivitetsgrad styrs av omgivningstemperaturen. Det är på inget sätt så att dessa djur är ointresserade av sin kroppstemperatur; många av dem vidtar beteende-mässiga åtgärder för att i kalla omgivningar upprätthålla så hög kroppstemperatur som möjligt: betänk bara en solande ödla på en varm sten. Dessa djur är dock alla ektoterma – de har inga inneboende mekanismer för att producera extra värme (8).

De evolutionära fördelarna av en konstant kroppstemperatur

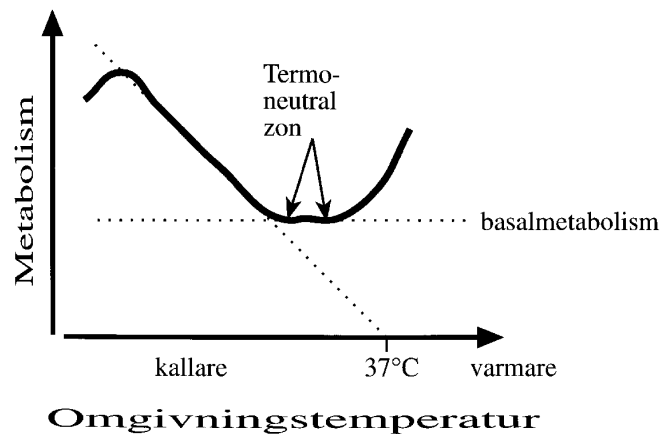
När däggdjur och fåglar utvecklades fick vi för första gången så kallade endoterma djur, som av egen kraft hade förmåga att alstra extra värme, utöver spillvärmen från den normala ämnes-omsättningen. Dessa djur kunde vid behov upprätthålla en kroppstemperatur väsentligt över omgivningens. Därmed hade dessa djur fått möjlighet att upprätthålla en hög aktivitet vid temperaturer då de andra – ektoterma – djuren var slöa och oförmögna att kämpa, om föda, om revir. Således fick däggdjur och fåglar många evolutionära fördelar. Den konstanta kropps-temperaturen bidrog sannolikt också till nervsystemets förfining. Men med denna utveckling följde dock också nya problem: den höga ämnesomsättningen krävde mycket högt födointag, och det fanns nu en risk för att en nerkylning kunde vara livshotande. Nerkylningsrisken är särskilt påtaglig hos de nyfödda (30).

Försvarsreaktioner mot kroppstemperaturminskningar

Små temperaturavvikelser från den till dygnsrytm kopplade temperaturkurvan i hypotalamus igångsätter försvarsreaktioner hos endoterma djur. Om kroppstemperaturen tenderar att bli lägre än den önskade, igångsätts beteendemässiga åtgärder och försök till att minska värmeförluster genom vasokonstriktion m.m. – samt också extra värmeproduktion (figur 1).

Hos däggdjur står två mekanismer till buds för extra värmeproduktion: huttring och "icke-huttring". Som bekant är huttring ofrivilliga (och tämligen obehagliga) skelettmuskelkontraktioner, som leder till en ökad spjälkning av ATP och avgivning av värme. För att återbilda ATP behövs en förhöjd ämnesomsättning, vilket kan mätas som förhöjd syrgasförbrukning.

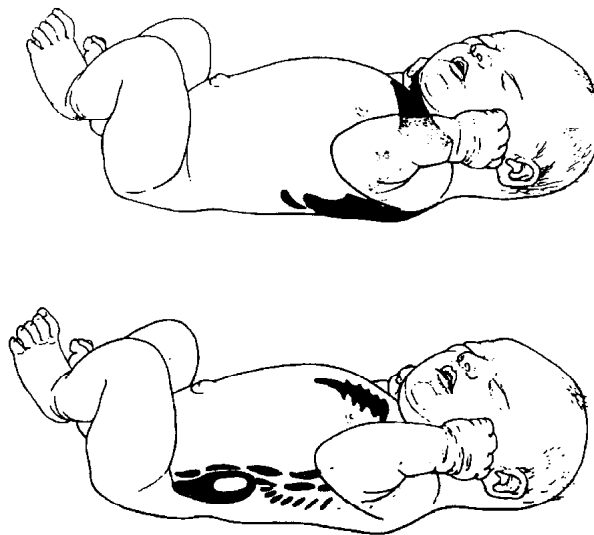
Icke-huttrande värmeproduktion äger rum i den bruna fettvävnaden och utlöses genom sympatisk nervaktivitet. Det är sedan länge klarlagt att djur alltid i första hand utnyttjar värme-produktionskapaciteten hos den bruna fettvävnaden (4). När den inte räcker till, måste även den mindre bekväma huttringen användas. Kapaciteten av icke-huttrande värmeproduktion är direkt proportionerlig till mängden aktiv brunfettvävnad.



Figur 1. Förändring av metabolism som funktion av omgivningstemperatur.

Vad är brun fettvävnad?

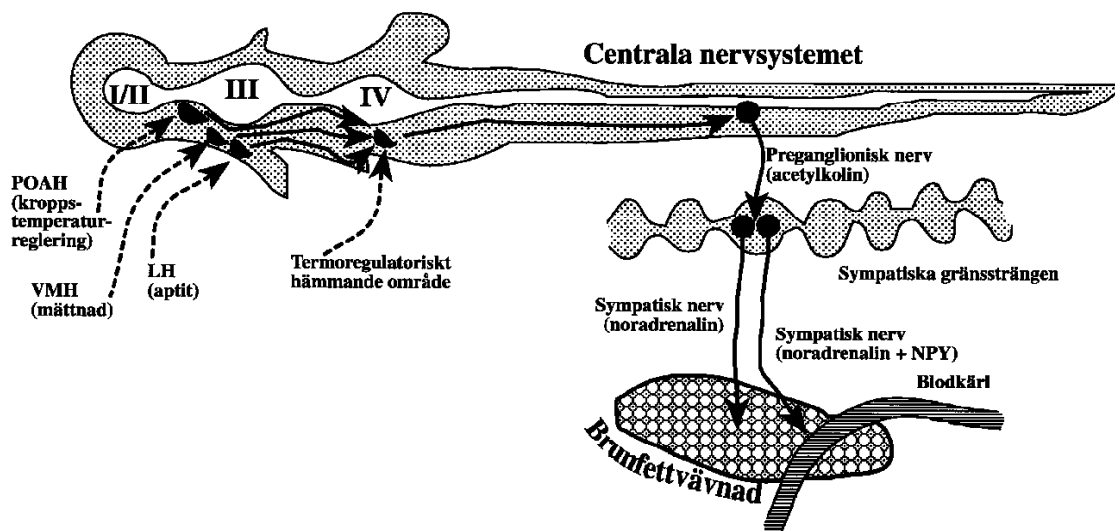
Som framgår av figur 2, finns den bruna fettvävnaden utspridd på många ställen i kroppen. Vävnanen finns kring de stora blodkärlen och fungerar på så sätt som en värmepanna. Det har uppskattats att ett nyfött barn på drygt 3 kg har c:a 50 gram brunfettvävnad. Då den specifika värmeproducerande kapaciteten är så hög, räcker denna mängd under normala förhållanden för att försvara kroppstemperaturen hos en nyfödd. Mängden brunfettvävnad hos en vuxen är svår att bestämma.



Figur 2. Förekomst av brunfettdepåer hos ett nyfött barn. Modifierad från Dawkins and Hull (11).

Vävnadens bruna färg beror på den mycket rikliga blodgenomströmningen samt det synnerligen höga antalet mitokondrier som finns i fettcellerna. Vävnanen är innerverad från det sympatiska nervsystemet (figur 3). Åtminstone två olika innerveringar förekommer: en innervering till de enskilda fettcellerna (dessa nerver har noradrenalin som neurotransmittor) – och en som innerverar blodkärlen (dessa nerver har också noradrenalin som transmittor men innehåller även neuropeptid-tyrosin (NPY)). NPYs funktionella roll är ännu inte klarlagd (7). Två andra neuropeptider har också identifierats i vävnaden, substans P och CGRP, utan att någon funktionell roll för dessa har

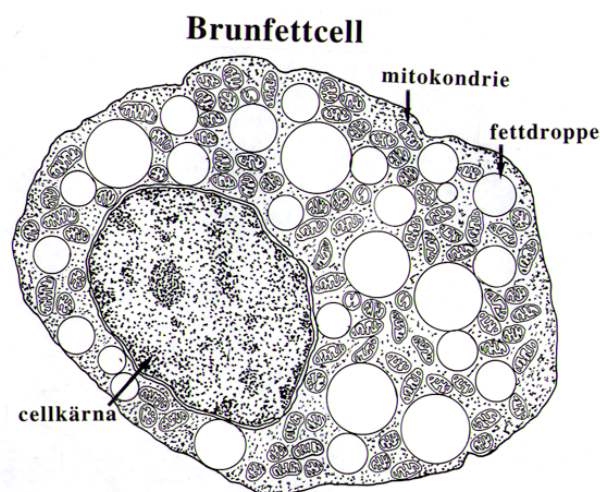
föreslagits (33). Den hittills bäst karakteriserade och sannolikt också den viktigaste substansen är dock noradrenalin.



Figur 3. Den principiella organisationen av innerveringen till brunfettvävnaden. Flera olika hypotalamiska centra kan påverka den sympatiska aktiviteten till vävnaden.

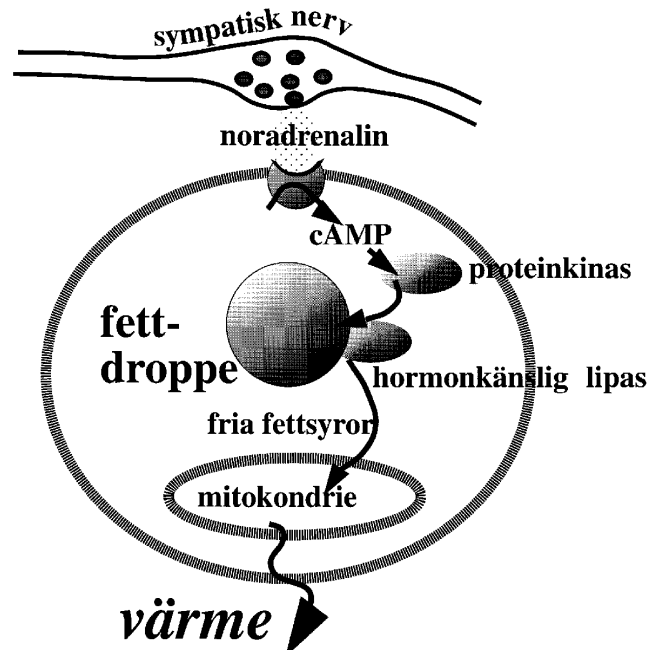
Den akuta värmeproduktionen

När noradrenalin frisätts från de sympatiska nervändarna som ligger intill de bruna fettcellerna, igångsätts en förbrännings-process. Fett, som har lagrats i cellernas många fettdroppar (figur 4), förbränns med hjälp av syrgas till koldioxid och vatten, och den frigjorda energin avges som värme. Detaljerna kring denna till synes enkla process har klarlagts under de senaste 20 åren. Det har visat sig att mekanismen för värmeproduktion i den bruna fettvävnaden är unik.



Figur 4. Skiss över en brunfettcells ultrastruktur.

Noradrenalin stimulerar värmeproduktion genom att binda sig till en β -adrenerg receptorsubtyp, som kallas β_3 (39), och som huvudsakligen finns i fettvävnader. β_3 -receptorn skiljer sig från β_1 - och β_2 -receptorerna genom att uppvisa låg känslighet för de klassiska β -blockerare, såsom propranolol. Det har framtagits ett antal nya substanser med hög agonistselektivitet för dessa nya β -receptorer. Dessutom finns ett antal β_1 - och β_2 -selektiva antagonister som fungerar som agonister på β_3 -receptorer och således kan användas som specifika agens att stimulera dessa receptorer med, t.ex. CGP-12177 (1,29). Vid bindningen aktiveras det till alla β -receptorer kopplade stimulerande G-protein, G_s , vilket i sin tur aktiverar adenylylcyklas, och de intracellulära nivåerna av cykliskt AMP höjs därmed (figur 5).

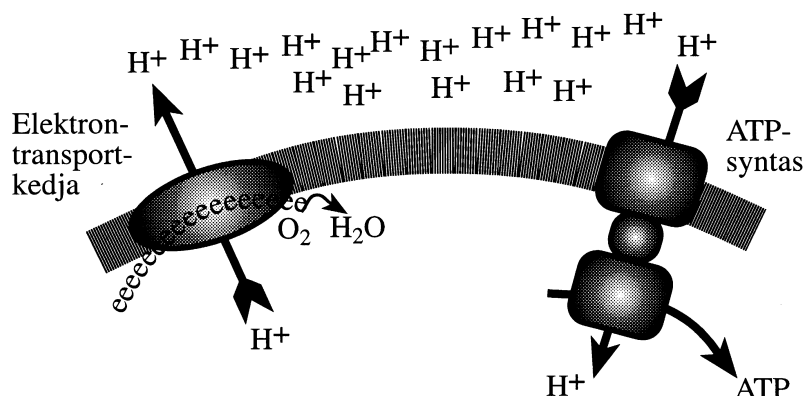


Figur 5. Översiktligt schema av den cellulära vägen från sympatisk nervstimulering till värmeproduktionen i brunfettvävnad.

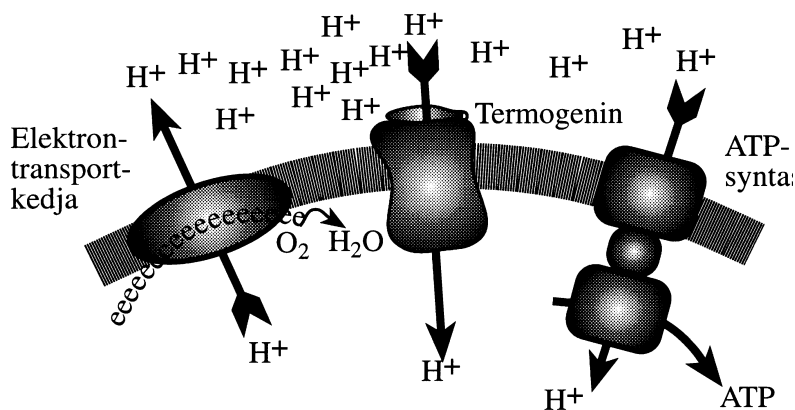
De höjda cykliskt-AMP-nivåerna leder till en aktivering av protein kinas A, vars frigjorda aktiva katalytiska subenheter sedan fosforylerar hormonkänslig lipas. Den aktiverade lipasen spjälkar därpå de lagrade triglyceriderna och fria fettsyror frisläpps. Det är dessa fria fettsyror som utgör bränslet för förbränningen. De tas upp i mitokondrierna och genomgår β -oxidation och går sedan vidare till citronsyrecykeln för ytterligare oxidation varvid CO_2 frisläpps. De i dessa processer reducerade kofaktorerna NADH och FADH_2 oxideras i den mitokondriella andningskedjan, elektronerna går till syrgasmolekyler, och vatten bildas. Fettsyrorerna har därmed helt förbränts till CO_2 och H_2O . Den genom oxidation frigjorda energin lagras i form av en H^+ -gradient över det mitokondriella innermembranet (figur 6A).

Så här långt är fettsyreoxidationen biokemiskt identisk med den som äger rum i hjärta eller skelettmuskel. I dessa muskelvävnader används dock energin i H^+ -gradienten för att bilda ATP från ADP. Det sker genom att protonerna går tillbaka i mitokondrierna genom själva det ATP-bildande enzymet. På så sätt bildas i muskelvävnaden en komplett protonkrets, och hastigheten med vilken oxidationen kan ske avgörs av tillgången på ADP. Om muskeln genom kontraktions-arbete utnyttjar ATP så att ADP bildas kommer återsyntesen av ATP att avtappa H^+ -gradienten. Detta kommer att stimulera oxidationen av fettsyrorerna. Man säger att den mitokondriella syrgasförbrukningen är *kopplad* till ATP-syntesen. För att kunna ha en hög syrgasförbrukning, måste man därför ha en mekanism som snabbt spjälkar ATP. En sådan process avger till slut givetvis energin i form av värme. I princip är detta vad som sker vid huttrande.

A. Vanliga mitokondrier



B. Brunfettmitokondrier



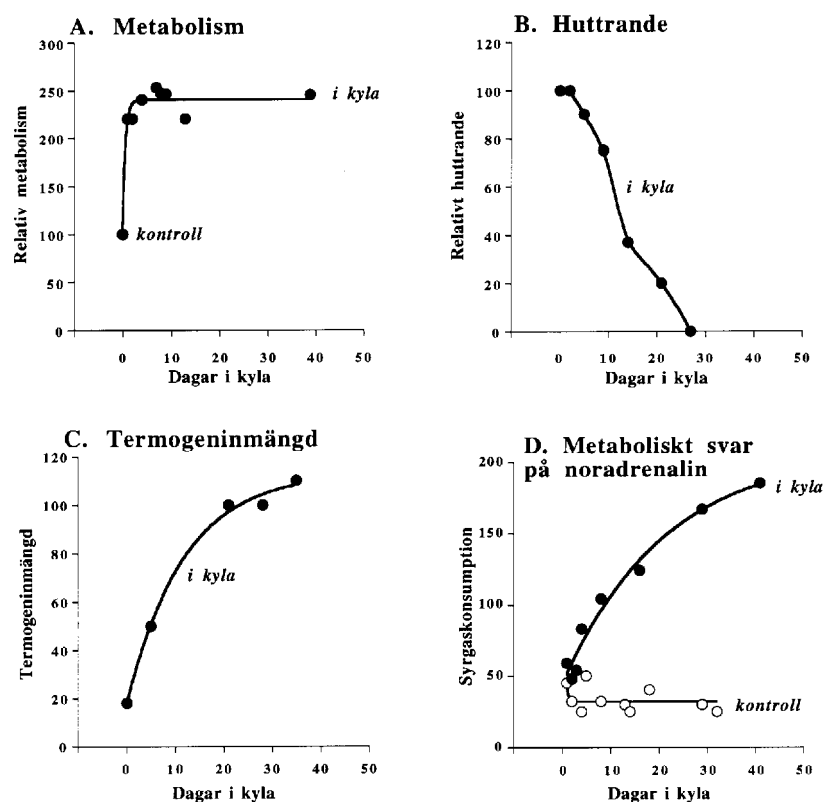
Figur 6. Utnyttjande av H^+ -gradienten som byggts upp över det mitokondriella membranet medelst substratoxidation. A: Vanliga mitokondrier använder energin i gradienten till att bilda ATP. B: Brunfettmitokondrier förlösar helt den upplagrade energin från H^+ -gradienten och energin avges därför som värme.

Hos brunfettmitokondrier har införts ett enda unikt steg, som underlättar värmeproduktionen (31). Den mitokondriella syrgasförbrukningen kan *frikopplas* från ATP-syntesen (figur 6B). Ett protein, unikt för just brun fettvävnad, har införts i det mitokondriella innermembranet, och detta protein kortsletter protonkretsen. Proteinet kallas termogenin eller frikopplingsproteinet (UCP). Det erbjuder de ur andningskedjan utpumpade H^+ en alternativ väg in i mitokondrierna igen. Andningskedjans hastighet blir då inte längre begränsad av tillgång på ADP, och ingen mekanism behöver skapas för att snabbt spjälka ATP. Förbränningen i andningskedjan kan ske vid maximal hastighet när termogeninet är aktivt. Energin som frigörs avges då direkt som värme.

Termogenin är, som sagt, ett unikt protein - det förekommer endast i brunfettmitokondrier. Det är emellertid släkt med ett antal i det mitokondriella innermembranet förekommande transportproteiner, t.ex. oxoglutarat-transportören och adeninnukleotidtranslokasen. Det har en molekylvikt på c:a 32 000 Da, dess sekvens är känd mellan olika djurarter, sekvensen är väl konserverad och regleringen av dess genuttryck är väl studerat. Det som fortfarande gäcker är den akuta kontrollen av termogeninets aktivitet där en av alla accepterad mekanism ännu saknas trots isolering av proteinet och rekonstitution av aktivitet i liposomer (31).

Reglering av den totala värmeproducerande kapaciteten

Det framgår av vad som sagts ovan, att det är den totala mängden aktivt termogenin som är bestämmande för den bruna fettvävnadens kapacitet för värmeproduktionen. Om man studerar vuxna djur av små däggdjursarter, finner man att mängden termogenin i alla brunfettdepåer är mycket låg när djuren lever vid den temperatur som betecknas den termoneutrala temperaturen (figur 1) (c:a 28 °C för t.ex. råttor). Om djuren flyttas till 5 °C ökar mängden termogenin successivt, och termogeninmängden når en plåta efter c:a 3 veckor vid den nya temperaturen. Ökningen i termogeninmängd avspeglas i en minskning av djurens huttring (figur 7) – då djurens förmåga att producera värme på ett bekvämt sätt ökar, behöver de i allt mindre utsträckning utnyttja muskelaktivitet. Den bruna fettvävnadens kapacitet för värmeproduktion kan uppskattas i det intakta djuret genom injektion av noradrenalin när djuret befinner sig vid termoneutral temperatur. Noradrenalininjektionen hämmar frisättningen av noradrenalin från de sympatiska nervändarna och utlöser därför värmeproduktion och ökad syrgasförbrukning. Den ökning av noradrenalinnsvar som



Figur 7. Effekter av köldadaptation i råttor. A: Ökning av metabolism hos råttor som exponerats för kyla. Observera att metabolismen är oförändrat hög under hela tiden i kyla. Resultat från Hart et al. (14). B: Minskning i huttringsaktivitet med tiden i kyla i samma djur som i figur 7A. Resultat från Hart et al. (14). C: Ökning av termogeninmängd i råttor som exponerats för kyla under samma betingelse som i figur 7A. Resultat från Sundin and Cannon (37). D: Ökningen i noradrenalinnsvar hos råttor som exponerats för kyla. Resultat från Depocas (12).

ses under de tre veckor då ett djur anpassas till kyla är den fysiologiska avspeglingen av den beskrivna ökningen i djurets termogeninmängd (figur 7).

Det är således termogeninmängden hos ett djur som är hastighetsbegränsande för den värmeproducerande kapaciteten, och mängden ökar tills den motsvarar djurets behov. Denna ökning sker inte i en för övrigt oförändrad fettvävnad. Under anpassningstiden ökar också såväl antal bruna fettceller som antalet mitokondrier mycket påtagligt, allt för att kunna hantera den korrekta mängden termogenin, som svarar mot köldintensiteten. Denna vävnadstillväxt

kallas rekrytering. Också tillväxten verkar vara helt styrd av noradrenalin; däremot kan det vara andra adrenerga receptorer som används i stället för β_3 -receptorerna. Celldelning styrs t.ex. i de omogna fettcellerna genom β_1 -receptorer (3), och medan β_3 -receptorerna är viktiga för differentieringsprocessen, verkar också α_1 -receptorerna vara synergistiska med β -receptorerna för optimal noradrenalineffekt (33).

Hos i naturen frilevande djur är den ovan beskrivna situationen den som återkommer varje höst när kylan kommer (och dagarna blir kortare). Den bruna fettvävnadens kapacitet ökar under hösten, d.v.s. vävnaden rekryteras, och minskar sedan under våren – vävnaden atrofieras. Detta kan t.ex. observeras som en ökning på hösten och en minskning på våren i djurets svar på injicerad noradrenalin och i djurets köldtolerans (21,34). Djurens förmåga att anpassa sig om och om igen till olika kalla omgivningar behålls livet ut, även om det kan misstänkas att svaret möjligen blir något mindre i hög ålder.

Brunfettvävnad hos nyfödda

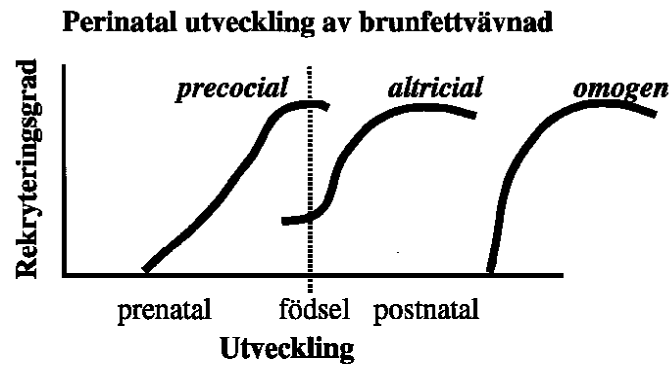
Alla undersökta däggdjur (ev. med undantag för tamsvin) har som nyfödda eller i perioden kring födelsen aktiv brunfettvävnad. I förhållande till det vuxna djuret är den nyfödda i en mycket utsatt situation. Den värmeproducerande kroppsmassan är liten i förhållande till den stora ytan genom vilken värme förloras. Den nyfödda är initialt blöt och saknar ofta isolering (päls). Därför är det inte förvånande att brunfettvävnad är mest aktiv i denna period.

Däggdjursungar kan delas upp i tre olika kategorier beroende på hur utvecklade de är vid födelsen (32). Dessa kategorier är 1) omogna 2) altriciala (bo-beroende) 3) precociala (brådmogna). Det visar sig att de nyföddas förmåga att försvara sin kroppstemperatur följer samma uppdelning.

De *omogna* djuren (t.ex. guldhamster) föds nakna, blinda, med många syskon. Under den första tiden (1-2 veckor) saknar de totalt möjlighet att reglera kroppstemperaturen endotermiskt. Djuren saknar också helt brun fettvävnad under denna period. Under den andra levnadsveckan börjar de nyfödda reagera på en köldstress med en förhöjd värmeproduktion, och samtidigt börjar den bruna fettvävnaden utvecklas och termogeninmängden ökar (figur 8).

De *altriciala* nyfödda (t.ex. råtta) liknar ganska mycket de omogna men har trots detta förmåga att omedelbart reagera på en köldstress med en förhöjd värmeproduktion. Denna förmåga tilltar under den första levnadsveckan. Dessa djur föds också med en viss mängd brunfettvävnad, men mängden vävnad – och mängden termogenin – ökar markant under första veckan (figur 8). Om djuren föds och stannar vid termoneutral temperatur (som är så hög som 36° för dessa nyfödda), ökar inte termogeninmängden efter födseln. Detta visar att hos dessa nyfödda liksom hos vuxna däggdjur regleras mängden aktiv brunfettvävnad av den köldsituation djuren befinner sig i; regleringen är inte ontogenetiskt styrd. Brunfettmängden styrs alltså också i den nyfödda situationen av noradrenalinfrisläppande som svar på kyla. Dessutom visar det igen att mängden termogenin avgör ett djurs värmeproducerande förmåga.

De *precociala* djuren (t.ex. marsvin, lamm) är välutvecklade vid födelsen, har ofta päls och öppna ögon och har få syskon. De reagerar på köldstress med en maximal ökning av värmeproduktion. Deras förmåga att producera extra värme avtar sedan alltefter det att djuren växer. Den bruna fettvävnadens termogeninmängd är också maximal vid födelsen, vilket återigen bekräftar kopplingen mellan dessa två egenskaper (figur 8). Den fråga som ännu inte lösts med hänsyn till djur i denna grupp är vad som i livmodern styr dessa djurs tillväxt av brun fettvävnad, då det där inte kan vara en köldstimulus av samma typ som hos de altriciala, de omogna och de vuxna djuren (5).



Figur 8. Brunfettvävnadens perinatala utveckling. Rekryteringsgraden avser den totala mängden termogenin som finns hos olika djur vid olika tider kring födseln. Modifierad från Nedergaard et al. (32).

Vad gäller den nyfödda *människan* är kunskapen mer begränsad. Fullgångna nyfödda har som sagt c:a 50-100 g brun fettvävnad (6) och vävnaden innehåller termogenin (2,25,27). Ytterst lite har dokumenterats om de nyföddas värmeproducerande förmåga och förmåga att svara på noradrenalin med en ökning i värmeproduktionen. Nyfödda har en högre hud-temperatur över den interskapulära bruna fettvävnaden (36), och i en unik studie visade Karlberg (19,20) att ett barn på dag 4 svarar något mer på noradrenalininfusion än samma barn på dag 1. Sammantaget förefaller det närmast som om den nyfödda människan tillhör kategorien altriciala djur, med en viss förmåga att höja värmeproduktionen omedelbart efter födelsen, och att denna förmåga ökar efter köldexponering.

Brun fettvävnad hos vuxna människor

Det är relevant att inledningsvis konstatera att vuxna smågnagare, som liksom spädbarn har haft aktiv brunfettvävnad som nyfödda men som sedan förlorar det, kan återbilda vävnaden under inverkan av lämplig stimulus. Detta kan ske varje höst under en hel livstid. Då människan är ett stort däggdjur som i förhållandevis ringa utsträckning behöver öka sin metabolism till följd av köldexponering (c:a 20 % vid 5 °C, jämfört med en råtta som höjer sin metabolism 200 %, trots att båda har en termoneutral zon på c:a 28 °C) måste man förvänta sig att den stimulus som behöver ges om en vuxen människa skulle kunna återbilda brun fettvävnad, måste vara kraftig. Det finns dock inga a priori anledningar att tro att människan inte skulle kunna rekrytera sin bruna fettvävnad.

För att underlätta analysen av huruvida en vuxen människa faktiskt har den typen av värmeproduktion, kan vissa kriterier uppställas som måste uppfyllas.

Tabell 1. Kriterier för brunfettmedierad "icke-huttrande" värmeproduktion:

1. Förekomst av brunfettvävnad
2. Förekomst av termogenin
3. Anpassning till kyla leder till
 - minskad huttring
 - ökat noradrenalinsvar

Det har sedan länge funnits rapporter om förekomst av brun fettvävnad hos vuxna i alla åldrar (15,16,24,28). Det har också rapporterats att mängden skulle vara större hos individer som möjligen kan vara köldexponerade (17). De flesta undersökningar är dock endast utförda på ljusmikroskopisk nivå och det är känt att också vita fettceller under vissa betingelser (t.ex. hög lipolys) kan uppvisa ett utseende med många små fett droppar som liknar dem i bruna fettceller. Dessa rapporter kan därför som bäst visa att det inte är uteslutet att brun fettvävnad förekommer hos vuxna

människor.

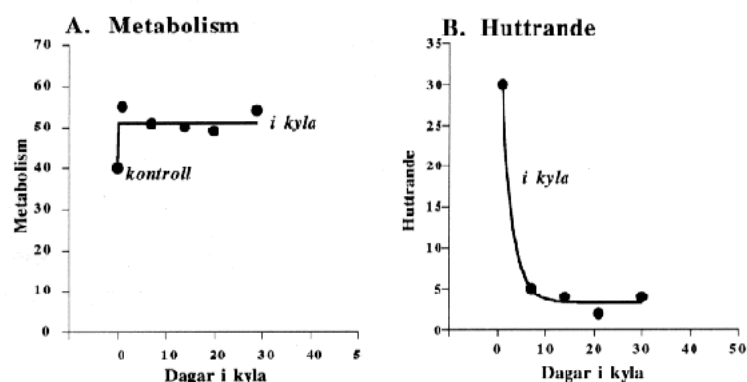
Termogenin finns dock, som sagts ovan, hos spädbarn. Det har också påvisats hos vuxna individer under vissa patologiska omständigheter. Det finns t.ex. rikligt i fettvävnad såväl hos patienter med feokromocytom där oerhört höga katekolaminhalter cirkulerar som hos patienter med hibernom där etiologin hittills är okänd (2,22,23,27,35). Även vid vissa andra tillstånd karakteriserade av förhöjd sympatisk aktivitet kan termogenin påvisas (13).

Sammantaget visar dessa rapporter att vuxna individer kan återbilda brun fettvävnad då noradrenalinstimulus är hög. De visar emellertid inte att vävnaden är aktiv. Ytterst få studier har publicerats som kan belysa detta. Det har visat sig att huttringsaktiviteten i akut kyla är lägre under vinterhalvåret än under sommaren men i frånvaro av mätningar av förhöjd syrgas-förbrukning kan detta ha andra förklaringar. Det finns dock en efter allt att döma väl utförd studie av köldanpassning hos vuxna människor (9,10). Efter daglig köldexponering om 8 timmar per dag, avtog huttringen efter ett par veckor, medan metabolismen förblev hög (figur 9). Detta liknar helt situationen för köldanpassade råttor, som utvecklar icke-huttrande värmeproduktion och brun fettvävnad under sådana omständigheter.

Man har också kunnat visa att köldanpassade vuxna människor hade ett förhöjt noradrenalin svar jämfört med kontrollindivider (18). Hos gnagare tas denna typ av resultat helt som intäkt för en aktiv brunfettvävnad.

Dessa två studier ger indikationer att vuxna människor som utsätts långvarigt för kyla och som inte i övrigt har en förhöjd sympatisk aktivitet kan återutveckla brun fettvävnad vilket kan bidra till kroppens värmeproduktion.

Det verkar således som om människan, som man bör förvänta sig, i detta avseende bara är ett stort däggdjur, att den bekväma formen av värmeproduktion i princip står oss till buds, men att det inte finns någon genväg att erhålla den än att faktiskt frysa.



Figur 9. Effekt av köldadaptation hos människa. A: Ökning av metabolism hos vuxna män som exponerats för kyla. Notera att, i likhet med vad som visas i figur 7A för råttor, är metabolismen oförändrat hög under hela tiden i kyla. Resultat från Davis (10). B: Minskning i huttringsaktivitet med tiden i kyla. Från samma försök som figur 9A.

Referenser

1. Arch JRS and Kaumann AJ. β_3 and atypical β -adrenoceptors. *Med Res Rev* 1993;13:663-729.
2. Bouillaud F, Villarroya F, Hentz E, Raimbault S, Cassard AM and Ricquier D. Detection of brown adipose tissue uncoupling protein mRNA in adult patients by a human genomic probe. *Clin Sci* 1988;75:21-27.
3. Bronnikov G, Houstek J and Nedergaard J. β -Adrenergic, cAMP-mediated stimulation of proliferation of brown fat cells in primary culture. Mediation via β_1 but not via β_3 receptors. *J Biol Chem* 1992;267:2006-2013.
4. Brück K. Die Bedeutung des braunen Fettgewebes für die Temperaturregelung des Neugeborenen und Kälteadaptierten Säugers. *Naturwissenschaften* 1967;54:156-162.

5. Cannon B, Connolly E, Obregon M-J and Nedergaard J. Perinatal activation of brown adipose tissue. *The Endocrine Control of the Fetus* (ed. by W. Kunzel and A. Jensen) 1988; Springer-Verlag, Berlin; pp 306-320.
6. Cannon B and Johansson BW. Nonshivering thermogenesis in the newborn. *Molecular Aspects of Medicine* 1980;3:119-223.
7. Cannon B, Nedergaard J, Lundberg JM, Hökfelt T, Terenius L and Goldstein M. 'Neuropeptide tyrosine' (NPY) is co-stored with noradrenaline in vascular but not in parenchymal sympathetic nerves of brown adipose tissue. *Exp Cell Res* 1986;164:546-550.
8. Cossins AR and Bowler K. *Temperature Biology of Animals*. 1987; Chapman and Hall, London.
9. Davis T. Nonshivering thermogenesis. *Fed Proc* 1963;22:777-782.
10. Davis TRA. Chamber cold acclimation in man. *J Appl Physiol* 1961;16:1011-1015.
11. Dawkins MJR and Hull D. The production of heat by fat. *Sci Am* 1965;213:62-67.
12. Depocas F. The calorogenic response of cold-acclimated white rats to infused noradrenaline. *Can J Biochem Physiol* 1960;38:107-114.
13. Garruti G and Ricquier D. Analysis of uncoupling protein and its mRNA in adipose tissue deposits of adult humans. *Int J Obesity* 1992;16:383-390.
14. Hart JS, Heroux O and Depocas F. Cold acclimation and the electromyogram of unanesthetized rats. *J Appl Physiol* 1956;9:404-408.
15. Heaton JM. The distribution of brown adipose tissue in the human. *J Anat* 1972;112:35-39.
16. Heaton JM. A study of brown adipose tissue in hypothermia. *J Pathol* 1973;110:105-108.
17. Huttunen P, Hirvonen J and Kinnula V. The occurrence of brown adipose tissue in outdoor workers. *Eur J Appl Physiol* 1981;46:339-345.
18. Joy RTJ. Responses of cold-acclimated men to infused norepinephrine. *J Appl Physiol* 1963;18:1209-1212.
19. Karlberg P, Moore RE and Oliver TK. Thermogenic and cardiovascular responses of the newborn baby to noradrenaline. *Acta Paediatr Scand* 1965;54:225-238.
20. Karlberg P, Moore RE and Oliver TKJ. The thermogenic response of the newborn infant to noradrenaline. *Acta Paediatr* 1962;51:284-292.
21. Klaus S, Heldmaier G and Ricquier D. Seasonal acclimation of bank voles and wood mice: nonshivering thermogenesis and thermogenic properties of brown adipose tissue mitochondria. *J Comp Physiol B* 1988;158:157-164.
22. Kortelainen M-L, Pelletier G, Ricquier D and Bukowiecki LJ. Immunohistochemical detection of human brown adipose tissue uncoupling protein in an autopsy series. *J Histochem Cytochem* 1993;41:759-764.
23. Krief S, Lönnqvist F, Raimbault S, Beaude B, Van Spronsen A, Arner P, Strosberg AD, Ricquier D and Emorine LJ. Tissue distribution of β_3 -adrenergic receptor mRNA in man. *J Clin Invest* 1993;91:344-349.
24. Lean MEJ. Brown adipose tissue in humans. *Proc Nutr Soc* 1989;48:243-256.
25. Lean MEJ and James WPT. Uncoupling protein in human brown adipose tissue mitochondria. Isolation and detection by specific antiserum. *FEBS Lett* 1983;163:235-240.
26. Lean MEJ, James WPT, Jennings G and Trayhurn P. Brown adipose tissue in patients with pheochromocytoma. *Int J Obes* 1986;10:219-227.
27. Lean MEJ, James WPT, Jennings G and Trayhurn P. Brown adipose tissue uncoupling protein content in human infants, children and adults. *Clin Sci* 1986;71:291-297.
28. Lever JD, Jung RT, Nnodim JO, Leslie PJ and Symons D. Demonstration of a catecholaminergic innervation in human perirenal brown adipose tissue at various ages in the adult. *Anat Rec* 1986;215:251-255.
29. Mohell N and Dicker A. The β -adrenergic radioligand (^3H)CGP-12177, generally classified as an antagonist, is a thermogenic agonist in brown adipose tissue. *Biochem J* 1989;261:401-405.
30. Nedergaard J and Cannon B. Att födas med värme. *Från ägg till individ (Naturvetenskapliga forskningsrådets årsbok 1992)* (ed. by B. Kullinger) 1992; Naturvetenskapliga forskningsrådet, Stockholm; pp
31. Nedergaard J and Cannon B. The uncoupling protein thermogenin and mitochondrial thermogenesis. *New Comprehensive Biochemistry vol. 23: Molecular Mechanisms in Bioenergetics* (ed. by L. Ernster) 1992; Elsevier, Amsterdam; pp 385-420.
32. Nedergaard J, Connolly E and Cannon B. Brown adipose tissue in the mammalian neonate. *Brown Adipose Tissue* (ed. by P. Trayhurn and D. G. Nicholls) 1986; Edward Arnold Ltd., London; pp 152-213.

33. Norman D, Mukherjee S, Symons D, Jung RT and Lever JD. Neuropeptides in interscapular and perirenal brown adipose tissue in the rat: a plurality of innervation. *J Neurocytol* 1988;17:305-311.
34. Rafael J, Vsiansky P and Heldmaier G. Seasonal adaptation of brown adipose tissue in the Djungarian hamster. *J Comp Physiol B* 1985;155:521-528.
35. Ricquier D, Nèchad M and Mory G. Ultrastructural and biochemical characterization of human brown adipose tissue in pheochromocytoma. *J Clin Endocrinol Metab* 1982;54:803-807.
36. Rylander E, Pribylova H and Lind J. A thermographic study of infants exposed to cold. *Acta Paediatr Scand* 1972;61:42-48.
37. Sundin U and Cannon B. GDP-binding to the brown fat mitochondria of developing and cold-adapted rats. *Comp Biochem Physiol* 1980;65B:463-471.
38. Thonberg H, Zhang S-J, Tvrdik P, Jacobsson A and Nedergaard J. Norepinephrine utilizes α_1 - and β -adrenoreceptors synergistically to maximally induce *c-fos* expression in brown adipocytes. *J Biol Chem* 1994;269:33179-33186.
39. Zhao J, Unelius L, Bengtsson T, Cannon B and Nedergaard J. Coexisting β -adrenoceptor subtypes: significance for thermogenic process in brown fat cells. *Am J Physiol* 1994;267:C969-C979.

Brunfettvävnad som värmealstrare hos människa

Barbara Cannon och Jan Nedergaard, *Arbete och Hälsa* 1996;5:54-67.

Människan, däggdjur som hon är, måste försvara sin kroppstemperatur när hon utsätts för kyla. Detta försvar styrs från hypothalamus och består av bl.a. okontrollerbar och obekväm skelettmuskelaktivitet d.v.s huttring. Spädbarn och mindre däggdjur använder istället en typ av värmealstring som kallas icke-huttrande (nonshivering) värmeproduktion. Denna värmeproduktion äger rum i den bruna fettvävnaden. Denna fettvävnad finns utspridd på ett antal ställen i kroppen. Den bruna färgen beror dels på den rikliga blodförsörjningen, dels på de många mitokondrierna i fettcellerna.

Brunfettcellerna är innerverade från det sympatiska nervsystemet. När kroppstemperaturen måste försvaras, frisätts noradrenalin från nervändarna. Noradrenalin binder till mottagarämnen, receptorer, på fettcelllytan och sätter därmed igång en förhöjd förbränning i cellerna. Däggdjur väljer alltid att i första hand använda den bekväma värmeproduktionen i den bruna fettvävnaden. Under spädbarnstiden räcker denna värmeproduktionskapacitet till för att möta den kyla man utsätts för. Emellertid visar det sig att kapaciteten avtar om inte signalerna från det sympatiska nervsystemet ständigt avges. Vi vet sedan länge att hos små däggdjur kan den återuppbyggas under hösten – genom att de utsätts för tilltagande kyla och mörker. Hos vuxna människor är det numera också accepterat att värmeproduktionskapaciteten kan återutvecklas – bara stimulus är tillräckligt stort.

Nyckelord: brunfettvävnad, noradrenalin, icke-huttrande värmeproduktion.

Heat production in brown adipose tissue in man

Barbara Cannon och Jan Nedergaard, *Arbete och Hälsa* 1996;5:54-67.

All mammals, including man, must defend their body temperature when exposed to cold. This defense is regulated from the hypothalamus and consists among other things of involuntary and uncomfortable skeletal muscle activity, i.e. shivering. Infants and small mammals prefer a type of heat production called nonshivering thermogenesis, which occurs in brown adipose tissue. This adipose tissue is found in several depots in the body. The brown colour is a consequence of both the dense vascularization and the high density of mitochondria in the adipocytes. Brown adipocytes are innervated from the sympathetic nervous system. When body temperature has to be defended, noradrenaline is released from the nerve terminals. It binds to receptors on the fat cell surface and thereby initiates an increased combustion in the cells. Mammals always elect to use this comfortable means of heat production in the first instance. During infancy, this thermogenic capacity is sufficient to counteract heat loss during cold exposure. However, the capacity declines when sympathetic nerve activity decreases with age. Small mammals can (re)recruit their brown adipose tissue when exposed

to increasing cold (and darkness). In adult man, it is now also accepted that brown adipose tissue can be rerecruited, provided that the stimulus is sufficiently large.

Keywords: brown adipose tissue, nonshivering thermogenesis, noradrenaline,

Diskussion

Hans Lundgren

Är β_3 -receptorer *helt* specifika för fettväv?

Svar β_3 -receptorer finns huvudsakligen i fettväv, men rapporter finns om viss förekomst i delar av hjärtat, ileum, gallblåsa m m. Vissa av dessa rapporter kan dock bero på medföljande fettvävnad vid dissektion.

β -blockerade läkemedel, har dessa någon effekt på β_3 -receptorn?

β_3 -receptorer utmärker sig bl a genom att ha låg affinitet för de traditionella β -blockerare. Höga koncentrationer av sådana läkemedel (t ex propranolol) hämmar dock.

Jerzy Leppert

Vilka andra neuropeptider påverkar värmeproduktionen?

NPY, CGRP och substans P finns i vävnaden. Inga av dessa verkar direkt påverka värmeproduktionen och deras roll är oklar. Peptidhormonerna glukagon och ACTH kan stimulera värmeproduktionen, men endast i suprafysiologiska koncentrationer.

Finns det genetiska störningar i termogeninframställning?

Det finns ett fåtal rapporterade polymorfismer i termogeninogenen, som är statistiskt kopplade till obesitas. Egentliga mutationer i proteinet är inte rapporterade.

Helge Brändström

Hur snart efter födelsen startar förbränningen hos barn?

Det finns egentligen inga studier som kan besvara dessa frågor. Av andra försök att döma bör förbränningen igångsättas så snart hypothalamus avläser en tendens till sänkning av kropps-temperatur. Det skulle betyda inom några minuter efter födelsen. Kapaciteten ökar sannolikt under någon vecka för att, beroende på omgivningstemperatur, så småningom avta.

Hur länge pågår förbränningen?

Förbränningsförmågan upprätthålls om det pågår en sympatisk stimulering. Till synes aktiv brunfettvävnad finns under 1-2 år, eller längre, beroende på boendetemperatur.

Överlevnadsvärdet?

Överlevnadsvärdet för däggdjursungar i allmänhet är nog högt, eftersom en sänkning av kärntemperatur medför en såpass allvarlig livsfara. Den dåliga överlevnad av prematura före användandet av kuvös berodde sannolikt i hög grad på hypotermi till följd av dåligt utvecklad brunfettvävnad. Hos oss idag i i-länderna är överlevnadsvärdet kanske

mindre uppenbart.

Är vår aktiva värmning av nyfödda (kuvös, värmelampor etc) av ondo?

Hos försöksdjur hämmas den postnatale utvecklingen av brunfettvävnad av höga omgivningstemperaturer. Man kan förmoda att detta också gäller hos människan - i så fall verkar åtgärderna åtminstone onödiga vad gäller friska nyfödda. Vi håller fast på att undersöka saken tillsammans med perinatale forskare i Stockholm.

Ingvar Holmér

En finsk studie tycks påvisa brun fettväv i ansiktet på utomhusarbetare. Kan man tänka sig en lokal anpassning i kroppen?

Den finska studien visade med all sannolikhet förekomst av brun fettvävnad i vissa depåer i kroppen hos utomhusarbetare. Om man extrapolerar från försöksdjur, så skulle vävnaden återbildas på de ställen i kroppen där den fanns hos den nyfödda (alltså inte i ansiktet) - där finns fortfarande vilande, precursorceller/stamceller, som, under inverkan av sympatisk stimulering börjar dela sig och utvecklas till mogna brunfettceller. Då detta styrs från hypotalamus, är en lokal anpassning kanske mindre sannolikt. Om brunfettvävnad återbildas till den grad att den har någon metabolisk betydelse är än så länge okänt.

Bengt W Johansson

Hur är termogenins kemiska struktur? Är den olika för olika djurarter? Äldre människor är mer känsliga för kyla än yngre. Kan detta förklaras av en minskad mängd termogenin?

Termogenins kemiska struktur är väl undersökt och dess aminosyresekvens är väl konserverad mellan alla däggdjursarter. Det sitter i det mitokondriella innermembranet och föreslås korsa membranet sex gånger.

I den mån vuxna människor har brun fettvävnad, vilket fortfarande är dåligt undersökt, är det sannolikt så att mängden termogenin minskar med ökande ålder. Åtminstone hos försöksdjur har man kunnat påvisa en lägre förmåga att återbilda aktiv brunfettvävnad med ökande ålder.

Hibernation – Naturens eget recept på överlevnad

Bengt W Johansson

De varmblodiga djuren, däggdjur och fåglar, kan vidmakthålla en förhållandevis konstant kroppstemperatur oberoende av den omgivande temperaturen. Detta medför naturligtvis åtskilliga fördelar i kampen för tillvaron men medför också stora påfrestningar under den kalla årstiden. Naturen visar prov på stor uppfinningsrikedom, när det gäller att bemöta dessa svårigheter. Flyttfåglarna drar söderut till varmare trakter. Människorna påsar på sig med varmare kläder. Det kanske originellaste sättet uppvisar vintersovarna, hibernatorerna, som under vintern när födan blir svårtillgänglig, sänker kroppstemperaturen och därigenom minskar energiutgifterna till ett minimum.

Hibernation

Vintersömn eller hibernation, som den vetenskapliga termen lyder, kommer från latinets hibernus, som betyder vinterlig. Hibernation innebär att kroppstemperaturen under den kalla årstiden sjunker till några grader över 0-punkten, men vintersovarna kan också spontant höja sin kroppstemperatur till omkring 35-37°C, även om yttertemperaturen förblir låg. Om man definierar vintersömn på detta sätt, kan man alltså inte räkna björn och grävling till vintersovarna. Björnens kropps-temperatur sjunker nämligen till omkring 30 °C och ungarna föds och dias under vintern. På grund av björnens betydligt högre kroppsvikt medför denna beskedliga sänkning av kroppstemperaturen en energibesparing av samma storleksordning som för de mindre, äkta hibernatorerna. Till vintersovarna hör bl a igelkott, murmeldjur, hamster, fladdermus samt vissa ekorrarter och även hos enstaka fågelarter har ett vintersömnsliknande tillstånd beskrivits. Detta gäller t ex för nattskärran och den amerikanska kolibrin (10).

Benägenheten för vintersömn bland dessa äkta vintersovare varierar dock i stor utsträckning. En fladdermus t ex övergår mycket lätt i vintersömntillstånd, medan en guldhamster måste utsättas för kyla och svält under lång tid för att påbörja vintersömn. Igelkotten och murmeldjuret intar en mellanställning och uppvisar en tydlig årsrytm. Under en lång förberedelsestid under sensommar och höst förbereder djuren sig på vintersömnen, som börjar i november och beroende på vinterns längd och svårighetsgrad varar till mars eller början av april.

Igelkotten

Den vanligaste vintersovaren i Sverige är igelkotten (figur 1). Det är ett mycket gammalt djur ur utvecklingssynpunkt och det uppträdde för första gången för omkring 30 miljoner år sedan. Den räknas till insektsätarna men fördenskull består igelkottens diet ingalunda enbart av insekter, utan även av snäckor, ormar, grodor och möss. Igelkotten har också i viss mån anpassat sig till människans matvanor och äter med förtjusning köttbullar och fisk och dricker därtill mjölk, något som den inte alls mår illa av. Igelkotten är ju en omtyckt och välkänd gäst i våra trädgårdar, något som bl a Anders Österling uppmärksammat i en av sina dikter.

"Och just när allt är som en målad fresk,

*orörligt skimrande på daggvåt botten,
framtassar tyst den lilla igelkotten
högsommarnattens trevna humoresk"*



Figur 1. Bild ur “Hjärtdoktors gastronomiska strövtåg” (förf. enl. ovan), Bergh och Berghs förlag. Illustration: Anita Christin Johansson

Igelkotten är känd i Sverige sedan lång tid tillbaka. Vårt äldsta fynd av igelkott stammar från cirka 4000 f Kr och den hittades i en stenåldersboplatz strax utanför Malmö. Igelkotten var känd även för de gamla etiopierna, att döma av avbildningar på gravar, som daterar sig till 2500 f Kr. Hos de gamla romarna var igelkottsskinnen mycket eftertraktade och man använde den taggiga huden som karda för sina yllekläder. Igelkottsskinn var således en viktig och eftertraktad handelsvara och det berättas att ingen vara har belagts med så många senatsbeslut som denna.

Omställningsprocesser vid hibernation

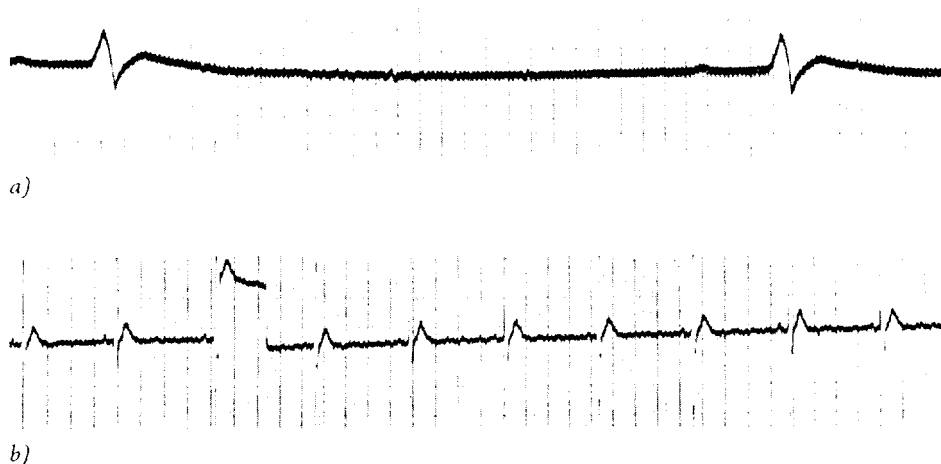
Hur gör då igelkotten och andra vintersovare när de påbörjar sin vintersömn? Detta måste förberedas under mycket lång tid (8). Liksom bockarna Bruse äter vintersovarna sig feta på sommaren och hösten och använder sedan dessa energiförråd under den långa fastan under vintersömnen. Även om kroppstemperaturen sjunker till ett par grader över 0-punkten, går likväl en hel del energi åt, bland annat därför att vintersovarna ofta vaknar till under vinterns lopp och då tillfälligt höjer kroppstemperaturen till 35-37 °C.

En förutsättning för vintersömn är således en låg temperatur hos omgivningen, men detta är inte tillräckligt. Det krävs också att alla organfunktioner har ställts om som en förberedelse till den kommande vintersömnsperioden och att alla fettförråd är fyllda (8, 10).

Själva vintersömnen inträder hos vissa djurslag inte plötsligt, utan djuret känner sig för om kroppen är tillräckligt förberedd. Detta tillgår så att kroppstemperaturen sänks först t ex till 30 °C och därefter höjs temperaturen igen. Om detta försök gick bra, sänks temperaturen något senare till 25 °C och senare till 20 °C. Om dessa försök också gick bra, sänks kroppstemperaturen slutgiltigt till den temperatur, som omgivningen har.

Under vintersömnen är ämnesomsättningen satt på sparlåga och alla processer är avsevärt förlångsammade på grund av den låga kroppstemperaturen. Syrgaskonsumtionen t ex är enbart 1/20 av den normala och andningsfrekvensen är kraftigt sänkt. Dessutom föreligger en säregen andningsrytm; igelkotten håller andan under en halvtimmas tid, drar därefter upp till 50 snabba andetag, för att sedan åter upphöra att andas under ytterligare en halvtimme eller längre.

Hjärtfrekvensen hos en icke vintersovande igelkott ligger omkring 180 slag/min, under det att den hos ett djupt vintersovande djur ligger omkring 10 slag/min (figur 2). Blodtrycket är dock



Figur 2. Elektrokardiogram från a) en hibernerande igelkott med en kroppstemperatur på 9 °C och b) från samma igelkott som just uppväckt ur hibernationen och har en kroppstemperatur på 32 °C. Hjärtfrekvensen har ökat från 20 till 132 slag/min. Redan i a) föreligger ojämnheter i baslinjen som härrör från begynnande muskelaktivitet, "shivering", och är tecken på att uppvaknings-proceduren redan påbörjats genom den mekaniska irritationen av nålelektroden, som stuckits in i huden. Lägg märke till avsaknaden av ST-segment och hur alla komponenterna R-R, P-R, QRS och Q-T intervall, är förlängda under hibernationen. Avledningarna motsvarar standardavledning II. Avståndet mellan två tjocka linjer är 0,1 sekund.

endast obetydligt sänkt, vilket naturligtvis är väsentligt med tanke på att djuret även under vintersömnen behöver cirkulera runt blodet till de olika vävnaderna på ett tillfredsställande sätt.

De förlångsammade livsprocesserna innebär på intet sätt att de nervösa kontrollmekanismerna skulle ha upphört (17). Tvärtom visar djuren under vintersömnen adekvata svar på olika stimuli. Om t ex den omgivande temperaturen sjunker mot eller under 0-punkten, ökar djurets ämnesomsättning tillräckligt för att hålla kroppstemperaturen på ett behörigt avstånd från

frysunkten. Om kroppstemperaturen nämligen går under 0 °C dör djuret. Om yttertemperaturen sjunker till alltför låga värden, kan ämnesomsättningen öka så mycket att djuret vaknar.

Under vintersömnen är djuret mycket motståndskraftigt mot syrebrist, som bl a är ett uttryck för den sänkta ämnesomsättningen. Om t ex en vintersovande igelkott får andas ren kvävgas, kan djuret klara av detta upp till 2 timmars tid utan att ta skada. Samma gäller för cyanväteexposition (2).

Vintersömnen avbryts hos alla vintersovare med vissa mellanrum, då temperaturen har stigit till samma nivå som hos icke vintersovande djur. Detta kan ske enligt olika mönster. Hamstern vaknar upp för att intaga föda, medan igelkotten inte äter eller dricker under dessa perioder av uppvaknande från vintersömnen. Djurets tarm är tom och uppvärmningsenergin hämtas framför allt från de avsevärda fettförråd som börjar upplagras redan i slutet av sommaren. Vintersovarna har inte bara det vanliga, vita fettet utan dessutom en särskild brun fettvävnad, som är placerad mellan skulderbladen, i axelhålorna och runt de stora blodkärlen i bröstkorgen. Det har visat sig att denna bruna fettväv är av utomordentligt stort värde för att snabbt kunna alstra värme vid uppvaknandet ur vintersömnen.

Uppläggningsen av fettförråd hos vintersovare beror på en inneboende årsrytm. Man har gjort ett försök med murmeldjur från Pennsylvania, USA, på norra halvklotet och funnit att deras fettförråd följde en årsrytm med ett minimum i april och ett maximum i september. Man tog årsungar och transporterade dem till Sidney i Australien på södra halvklotet. Det visade sig att inom 2 år hade djuret ändrat mönster för fettupplagringen, så att maximum nu var i april och minimum i september och således följde de omvända årstider, som finns på södra halvklotet jämfört med norra halvklotet.

Uppvaknande ur hibernation

De stimuli som driver djuren ur vintersömnen på vintern är okända. Man har antagit att en fylld urinblåsa skulle sätta igång uppvakningsprocessen, men andra förslag har också framkastats, t ex en förhöjd koncentration av ämnesomsättningsprodukter, som uppkommit i organismen.

Uppvaknandet ur vintersömnen är en beundransvärd kraftprestation; på ett par timmar höjer djuret sin kroppstemperatur från några grader över 0-punkten till omkring 35 °C. Uppvärmningen sker på ett mycket rationellt sätt. Blodcirkulationen omdirigeras så att i början huvudsakligen de främre delen av organismen tillföres blod - det är ju här som de viktigaste organen befinner sig: hjärna, hjärta och lungor - medan den bakre delen, bakom mellangärdet, får enbart en mindre del av det cirkulerande blodet (17). Detta betyder att temperaturen i djurets främre del under uppvärmningen ligger betydligt högre än i den bakre, något som mycket lätt kan konstateras med en hudtemperaturmätning.

Energiproduktionen under uppvaknandet från vintersömnen är i förhållande till djurets resurser enorm. Det sympatiska nervsystemet uppvisar maximal aktivitet. Hjärtarbetet resulterar i en stor värmeproduktion. Bidragande till uppvärmningen är den muskeldarrning (shivering) som förekommer i riklig omfattning och som är lätt att iakttaga på en uppvaknande igelkott. Om djuren tillförs curare, som är ett indianskt pilgift, som verkar genom att förlama skelettmuskulaturen, förlöper uppvärmningsprocessen betydligt långsammare. Så blir också fallet efter betablockad (10).

Kammarflimmer av olika genes

Hibernatorerna vaknar ibland upp under vintersömnen och höjer sin kroppstemperatur spontant från några grader över 0-punkten till omkring 35 °C. Det betyder att de upprepade gånger passerar det kritiska temperaturområdet på 15-20 °C där en non-hibernator, t ex människan, utvecklar ett cirkulationsstillestånd, oftast beroende på ett kammarflimmer.

Efter att vi i olika försök kunnat visa att hibernatorhjärtat är motståndskraftigt mot arytmier, rubbningar i hjärtrytmen, under uppvaknandet från hibernationen dök frågan upp om resistensen mot att inducera kammarflimmer även gällde andra sätt än hypotermi. I litteraturen har olika metoder beskrivits för att inducera kammarflimmer.

Följande användes:

1. Lokal applikation av aconitin på epikardiet.
2. Tillförsel av 0,55 molar CaCl_2 till isolerat hjärta som perfunderades med kaliumfri tyrodelösning.
3. Tillförsel av procain till isolerat hjärta perfunderat med tyrodelösning efter tidigare tillförsel av adrenalin.
4. Ligering av vänster, främre nedstigande koronarartär strax efter dess avgång.
5. Elektrisk stimulering i vulnerabel fas av hjärtcykeln (slutet av T-taggen i EKG).

Försöksresultaten kan sammanfattas med att hibernatorhjärtat är resistent mot kammar flimmer jämfört med marsvinets non-hibernatorhjärta. Samtliga ovan beskrivna metoder framkallade kammarflimmer på marsvin, men det var omöjligt att inducera kammarflimmer på igelkott med de fyra första metoderna, även om ventrikulära arytmier, i synnerhet efter aconitintillförsel, kunde uppträda (9). Enda möjligheten att framkalla kammarflimmer i hibernatorhjärta var genom elektrisk stimulering i vulnerabel fas (slutet av T-taggen i EKG), men då krävdes betydligt högre strömmängder än för marsvin och kammarflimmer kunde framkallas enbart i ungefär hälften av experimenten (3).

Förklaringsmöjligheter till kammarflimmerresistens

Det är säkerligen inte en enstaka faktor som utgör förklaringen till hibernatorhjärtats kammarflimmerresistens. På samma sätt som hibernationen antas utgöra en multipel adaptation, är det sannolikt flera olika faktorer som spelar in för att förklara hibernatorhjärtats resistens mot kammarflimmer.

Hibernatorer uppvisar en kort *QT-duration* på EKG (figur 2), vilket är anmärkningsvärt. Förvisso har även mus och råtta en kort QT-duration. Dessa båda djurslag är också mer resistenta mot kammarflimmer än andra non-hibernatorer. I detta sammanhang är det av intresse att förlängning av QT-tiden hos människa ofta är förenad med en ökad benägenhet för arytmier, inklusive kammarflimmer. Detta gäller inte bara för det primära, lång QT- syndromet, utan även för sekundära former där QT-förlängningen är sekundär till farmaka, elektrolytrubbning eller olika kardiovaskulära sjukdomstillstånd.

Man vet att *hjärtstorleken* kan vara av betydelse, så till vida att ett stort hjärta upp visar större benägenhet att utveckla kammarflimmer än ett litet. Detta utgör dock inte förklaringen till den aktuella skillnaden i kammarflimmerresistens mellan hibernatorer och non-hibernatorer. Igelkottshjärtat väger mer än marsvinshjärtat och är trots detta mer resistent mot kammarflimmer (12, 13).

Adrenerg innervation är en annan faktor där intressanta skillnader mellan hibernatorer och non-hibernatorer föreligger. Med användning av fluorescensmikroskopi har man kunnat visa att non-hibernatorer har en adrenerg innervation av retledningssystem, koronarkärl och myokard. Hibernatorer uppvisar däremot adrenerg innervation huvudsakligen av retledningssystem och koronarkärl, under det att myokardiet har en betydligt sparsammare adrenerg innervation (19). Med tanke på den sympatiska innervationens betydelse för uppkomsten av arytmier, kan detta utgöra en viktig förklaring till resistensen mot kammarflimmer. Experimentella fynd, där man kunnat visa att kammarflimmerbenägenheten hos non-hibernatorer minskar när det sympatiska nervsystemet blockeras på olika sätt styrker denna teori (18).

Det är i detta sammanhang av intresse att unga djur är mer resistenta mot kammarflimmer än adulta och den adrenerga innervationen hos kattungar liknar den som man ser hos hibernatorer (1, 18).

Fysikalisk-kemiska egenskaper kan vara av betydelse. Ökad halt av omättade fettsyror, kan vara orsak till hibernatorhjärtats förmåga att slå vid låga temperaturer, eftersom dessa har en lägre smältpunkt än mättade fettsyror. Non-hibernatorhjärtats oförmåga att kontrahera sig vid låga temperaturer skulle med andra ord bero på att lipiderna "stelnade". Vissa försök som vi utfört stödjer denna hypotes. Råttungar började strax efter avvänjningsperioden med en halvsyntetisk diet som innehöll 50 % fett, en grupp fick mättade fettsyror, kokosnötolja, medan en annan grupp fick omättade fettsyror, majsolja, under ett par månaders tid. När kroppstemperaturen sänktes slutade hjärtat att slå redan vid 12,9 °C i den grupp som fått mättade fettsyror, medan hjärtat i den grupp som fått omättade fett syror fortsatte att slå till 7,2 °C (6).

Det finns också hållpunkter för att viktiga *enzymer* kan uppvisa olika temperaturaktivitet. Vissa enzymer föredde t ex maximal aktivitet vid en högre temperatur hos non-hibernator än hos hibernator. Den aktivitetsminskning som normalt uppträder med sjunkande temperatur visade sig också vara mindre uttalad hos hibernator än non-hibernator, vilket skulle kunna peka på att metabolisk aktivitet kvarstår i högre utsträckning hos hibernatorer (11).

En möjlig förklaring kan vara att hos hibernatorer de enzymer som reglerar viktiga ämnes-omsättningsprocesser har en *kemisk struktur* som skiljer sig från non-hibernatorer. Denna hypotes stöddes av att igelkottens resistens mot huggormsgift kunde hänföras till en skillnad i den kemiska strukturen hos dess betamakroglobulin (22). Härigenom skulle man också kunna få en förklaring på att enzymerna är mindre känsliga för giftiga ämnen: hibernerande igelkottar överlevde utan men exponering för både en cyanväte- och en kolmonoxidatmosfär i 1,5-2 timmar. Man vet dessutom att små variationer i strukturen medför stora skillnader i luktupplevelsen. Detta gäller t ex för dekalinerna i grå ambra, som, beroende på den stereokemiska konfigurationen, får en lukt som varierar från våt jord till sjögräs,

tobak, sandelträ, mysk och avföring (20).

Alternativa ämnesomsättningsvägar är en annan möjlig förklaring, något som inte behöver utesluta möjligheten av en avvikande enzymstruktur. Hochachka (5) pekar på förekomsten av opindehydrogenaser, som är analoga med mjölksyre- eller laktatdehydrogenaser, och oxiderar glykolytiskt bildad NADH. Därvid bildas unika anaeroba slutprodukter, s k opiner. Förekomsten av sådana enzymer har man inte letat efter hos ryggradsdjur, något som skulle vara av intresse i detta sammanhang.

Det kan också nämnas att vid anaerobios, syrebrist, kan en annan ämnesomsättningsväg användas än sedvanlig nedbrytning av glykogen, glykolys, och den ger ett större utbyte av högenergetiskt ATP. Denna process har konstaterats hos ett antal ryggradslösa djur (23).

I detta sammanhang är det av intresse att glykogeninnehållet hos hibernatorhjärtat ökar under hibernationen och glykogen är basen för syrefri ämnesomsättning, anaerob metabolism (12).

Neurogen regulationsförmåga tycks vara bättre utvecklad vid låg temperatur hos hibernatorer än hos non-hibernatorer vid olika kroppstemperatur. Ett exempel härpå är uppvaknandet ur hibernationen.

I början av uppvaknandet begränsar hibernatorm blodcirkulationen till de just då viktigaste organen, nämligen hjärna, hjärta och lungor. Blodtillförseln till bakre delen av kroppen reduceras avsevärt. Den bruna fettvävnaden, som är lokaliserad huvudsakligen mellan skulderbladen och runt de stora kärlen i bröstkorgen, bidrar initialt aktivt till uppvärmningen. Den speciella cirkulationsanpassningen begränsar värmeproduktionen till de främre delarna. När den främre delen av kroppen värmts upp till en tillfredsställande nivå, öppnas blodtillförseln till den bakre delen och temperaturgradienten utjämnas (17, 21).

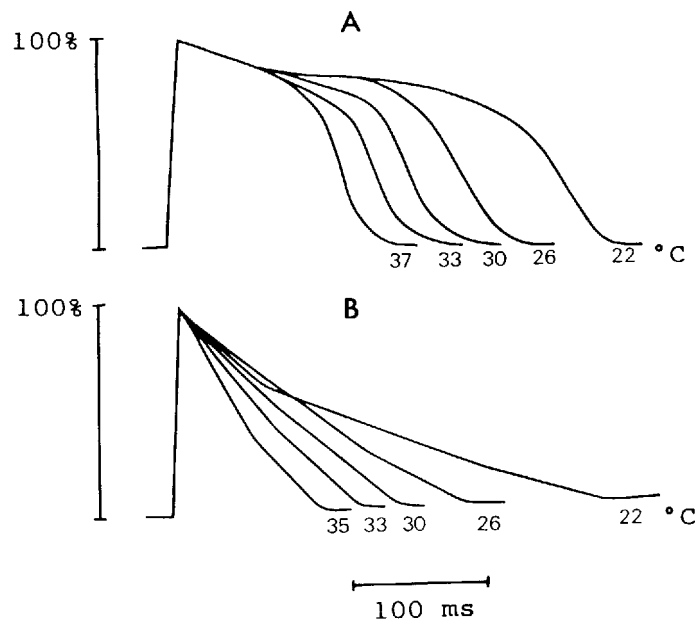
En liknande begränsning av blodtillflödet kan man också se hos dykande djur, som val, säl och and. Har denna dykreflex kanske en djupare evolutionsbakgrund än man oftast föreställer sig och kan den uppträda även i kliniska sammanhang? Jag tänker t ex på patienter med en akut hjärtinfarkt, som uppvisar ett chocktillstånd med blek, kallsvettig hud. Ofta uppvisar de också, även i ganska stora artärer, avsaknad av palpabla pulsationer. Kan detta vara ett kroppens försök att i en kritisk situation begränsa blodcirkulationen till de väsentligaste områdena - nämligen hjärna, hjärta och lungor? Likheten med cirkulations anpassningen hos hibernatorerna i uppvakningsfas är påfallande.

Hibernatorerna uppvisar också en förmåga att vid låg kroppstemperatur koncentrera blod-cirkulationen till hjärtat på bekostnad av många andra organ. I försök där vi med mikrosfärteknik bestämde den del av hjärtminutvolymen som fördelades på olika organ fann vi en ganska jämn fördelning hos non-hibernator. Hibernatorerna såg däremot till att en förhållandevis stor del av hjärtminutvolymen tillfördes myokardiet (21).

Det föreligger också ganska uttalade *elektrofysiologiska skillnader* mellan hibernator och non-hibernator. När man dels registrerar aktionspotentialen intracellulärt från papillar muskel, dels med en elektrod som täcker ett större antal celler i form av en monofasisk aktionspotential (MAP), får man överensstämmande resultat. Det visar sig att den korta QT-tiden i EKG hos hibernator beror på en förkortning av platåfasen i aktionspotentialen.

Vid sänkning av temperaturen förlängs aktionspotentialen hos både hibernator och non-hibernator. Hos non-hibernator beror detta huvudsakligen på en förlängning av platåfasen, fas 2, under vilken kalciumflödet över cellmembranen äger rum. Hos hibernator däremot, beror den på en förlängning av fas 3 (figur 3), den nedåtgående delen av aktionspotentialen, repolarisationsdelen (4).

Vi har också gått vidare och mätt den isometriska kraften hos papillarmuskel vid olika temperatur (14) samt jonflödet över cellmembranen med voltage clampteknik (15).



Figur 3. Schematisk teckning av skillnaden i aktionspotentialens repolariseringsförlopp vid en normal kroppstemperatur och vid olika nivåer av hypotermi.

Intracellulärt kalcium av stor betydelse

Alla dessa resultat sammantagna stämmer med hypotesen att hibernatorhjärtat har en högre intracellulär kalciumkoncentration än non-hibernatorhjärtat, men också att hibernatorer vid sänkt temperatur bättre kan ta hand om sitt intracellulära kalcium. Hos non-hibernator uppträder "calcium overload" vilket inte äger rum hos hibernatorer. Detta är av klinisk betydelse genom att myokardischemi, nedsatt blodtillförsel till hjärtmuskeln, är förenad med "calcium overload". Det var också intressant att notera att en "transient inward current" (TI) uppträder hos non-hibernator (råtta) vid temperatur under 20 °C, medan en hibernator (igelkott) inte uppvisade någon TI (15, 16). Detta har också klinisk anknytning ur synvinkeln att förekomst av TI anses kunna inducera efterdepolarisation och rubbningar i hjärtrytmen.

Avslutning

Våra resultat har således visat, att hibernatorhjärtat är resistent inte enbart mot hypotermiinducerat kammarflimmer, utan även mot kammarflimmer som induceras med andra metoder. Säkert spelar flera faktorer in för att förklara hibernatorhjärtats resistens mot kammarflimmer och mot låg temperatur, som t ex skillnader i adrenerg innervation, enzyms temperaturaktivitet och cellmembranens egenskaper. Hibernatormyokardiets förmåga att skydda sig mot "calcium overload" och arytmiframkallande jonströmmar (TI) är också viktiga faktorer.

Hibernatorhjärtat är av intresse genom att det kan bidra till att öka vår kunskap om basala biokemiska myokardmekanismer, men också genom att det utgör en modell för undersökning av hur olika läkemedel kan utöva sin funktion. Betydelsen av intracellulärt kalcium har framhållits för en mängd olika funktioner i alltmer ökande grad under senare år. Många läkemedel verkar genom effekter på sådana basala mekanismer.

Jämförande studier mellan hibernatorer och non-hibernatorer utgör en intressant modell för att belysa effekten av olika farmaka - det är förvånande hur litet vi egentligen vet om de mekanismer som ligger bakom många

läkemedelseffekter!

Arbetet har stötts av testamentariskt förordnande från K Nilsson, Malmö.

Referenser

1. Adolph EF. Responses to hypothermia in several species of infant mammals. *Am J Physiol* 1951; 166:75-91.
2. Björck G, Johansson B, Schmid H. Reactions of hedgehogs, hibernating and non-hibernating to the inhalation of oxygen, carbon dioxide and nitrogen. *Acta Physiol Scand*
3. Duker GD, Olsson S-O, Hecht NH, Senturia JB, Johansson BW. Ventricular fibrillation in hibernators and nonhibernators. *Cryobiology* 1983; 20:407-420.
4. Duker GD, Sjöquist P-O, Johansson BW. Monophasic action potentials during induced hypothermia in hedgehog and guinea-pig hearts. *Am J Physiol* 1987; 253:H1083-H1088.
5. Hochachka PW. In "Living without oxygen: closed and open systems in hypoxic tolerance". Harvard Univ press, London 1980.
6. Huttunen M, Johansson BW. The influence of the dietary fat on the lethal temperature in hypothermic rat. *Acta Physiol Scand* 1963; 59:7-11.
7. Ikomi-Kumm J, Monti M, Hanson A, Johansson BW. Microcalorimetric study on myocardial metabolism in a hibernator and two nonhibernators at 20°C and 37°C. *Cryobiology* 1994; 31:133-143.
8. Johansson B. Mammalian hibernation. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* vol 124, nov 1960.
9. Johansson BW. The effect of aconitine, adrenalin and procaine, and changes in the ionic concentration in the production of ventricular fibrillation in a hibernator (hedgehog) and a non-hibernator (guinea-pig) at different temperatures. *Cardiologia* 1963; 43:158-169.
10. Johansson BW. Heart and circulation in hibernators. In: Fischer KC, Dawe AR, Lyman CP, Schönbaum E, South FE. Mammalian Hibernation III. New York: Oliver & Boyd Ltd and American Elsevier 1967:200-218.
11. Johansson BW. Temperature dependence of cholinesterase and lactate dehydrogenase in the guinea-pig, hedgehog and codfish. *Acta Physiol Scand* 1969; 77:1-6.
12. Johansson BW, Bjernstad A, Eklund B, Ericsson H, Johansson BG, Nielsen KC, Olsson S-O, Owman CH, Pandolfi M, Senturia JB, von Studnitz W, Thorell J, Åkesson B. Seasonal variations in the physiology and biochemistry of the european hedgehog (*Erinaceus europaeus*) including comparisons with nonhibernators, guinea-pig and man. *Acta Physiol Scand* 1972; suppl 380.
13. Johansson BW. Cardiac responses in relation to the heart size. *Cryobiology* 1984; 21:627-636.
14. Liu B, Wohlfart B, Johansson BW. Effects of low temperature on contraction in papillary muscles from rabbit, rat and hedgehog. *Cryobiology* 1990; 20:407-420.
15. Liu B, Arlock P, Wohlfart B, Johansson BW. Temperature effects on the Na and Ca currents in rat and hedgehog ventricular muscle. *Cryobiology* 1991; 28:96-104.
16. Liu B. Thesis: Cardiac function and regulation of intracellular Ca²⁺ at low temperature in hibernating and non-hibernating mammals. University of Alberta, Department of Zoology, 1993.
17. Lyman CP, O'Brien RC. Circulatory changes in the thirteen-lined ground squirrel during the hibernating cycle. In: Mammalian Hibernation. Bull Mus Comp Zoo. Eds Lyman CP, Dawe AR. 1960; 124:353-372.
18. Nielsen KC, Owman C. Control of ventricular fibrillation during induced hypothermia in cats after differential depletion of cardiac catecholamine stores with prenylamine (Segontin). *Circulation Res* 1967; 21:45-48.
19. Nielsen KC, Owman C. Difference in cardiac adrenergic innervation between hibernators and non-hibernating mammals. *Acta Physiol Scand* 1968; suppl 316.
20. Ohloff G. In: Olfaction and taste VII (van der Starre H, ed), pp 3-11, 1980, IRL Press.
21. Sjöquist P-O, Duker G, Johansson BW. Effects of induced hypothermia on organ blood flow in a hibernator and a non-hibernator. *Cryobiology* 1986; 23:440-446.
22. de Witt C. The hedgehog's natural resistance to European viper venom. The role of betamacroglobulin inhibitors as antihemorrhagic factor. Ph D thesis, University of Lund, Sweden 1987.
23. Zebe E, Schuttler Vergleichende Untersuchungen zur umweltbedingten Anaerobiose. *Zool Beitr* 1986; 30:125-

Hibernation – naturens eget recept på överlevnad.

Bengt W Johansson, *Arbete och Hälsa* 1996:5:68-78.

Hibernatorerna, vintersovarna, klarar vinterns kyla och brist på föda genom att på hösten lagra fettförråd och på andra sätt förbereda sig för en sänkning av kroppstemperaturen till strax ovan 0-punkten. Härigenom minskar energiåtgången. Det betyder att hibernatorer utan svårighet passerar den kritiska kroppstemperaturen på 20°C, där non-hibernatorer utvecklar ett cirkulationsstillestånd, oftast i form av ett s k kammarflimmer (VF). Hibernatorhjärtats resistens mot VF beror på flera faktorer, bl a unik nervfördelning i hjärtat, olika fysikalisk-kemiska egenskaper med lägre stelningstemperatur för fetter, olika egenskaper hos enzymer som styr viktiga ämnesomsättningsprocesser samt ett bättre omhändertagande av cellens kalcium, varigenom en ogynnsamt hög koncentration av kalcium i cellen undviks. En sådan ökning av kalciumkoncentrationen ses vid ett flertal sjukdomstillstånd, t ex hjärtsvikt och hjärtinfarkt. Det har därför praktiskt kliniskt intresse att utreda hibernatorernas skyddsmekanismer.

Nyckelord: hibernation, hypotermi, kammarflimmer, kalcium.

Hibernation – nature's own receipt for survival.

Bengt W Johansson, *Arbete och Hälsa* 1996:5:68-78.

During hibernation animals decrease their body temperature down to a few degrees above 0 °C. This means that when entering into and arousing from hibernation their body temperature passes through the critical level of 20 °C, a temperature region where non-hibernating mammals develop circulatory arrest, usually ventricular fibrillation (VF). The hibernator heart is resistant to VF, not only induced by hypothermia, but also when induced by local application of aconitine on the epicardium, and other ways of inducing VF in non-hibernators. Several mechanisms may explain this resistance to VF of the hibernator heart. The factors of greatest importance seem to be the different adrenergic innervation pattern, the different physico-chemical properties with a lower melting point of the lipids in the hibernator, the different enzyme temperature activity curves in the hibernator and the different handling of intracellular calcium, which results in protection against calcium overload in the hibernator heart, when compared with the non-hibernator heart.

Keywords: Hibernation, hypothermia, ventricular fibrillation, Ca²⁺ -overload.

Diskussion

Ulf Bergh

Vad händer med muskelmassan under hibernation mot bakgrund av att inaktivitet leder till reduktion av muskelmassa?

Under hibernationen vaknar igelkotten upp ett flertal gånger och använder då muskulaturen i form av huttring (shivering). Hibernationen innebär således inte någon komplett inaktivitet.

Hans Lundgren

Hur undviker igelkotten och björnen utveckling av benskörhet?

Igelkotten är aktiv hela nonhiberationsperioden och vaknar upp ur vintersömnen ett flertal gånger och då är rörelseapparaten mycket aktiv.

Björnens kroppstemperatur går inte längre ner än till ca 30 °C, diar sina ungar i idet och är således inte en "äkta"

hibernator.

Helge Brändström

Hur väckbara är "hibernerande" björnar? Är det riktigt med de bataljmålningar där man sticker en stör ned i björnidet och ut rusar en nyväckt rytande björn?

Så kan mycket väl vara fallet. Björnen sänker sin kroppstemperatur till enbart 30 °C men sparar likväl energi på grund av sin mycket högre kroppsvikt än igelkotten. Björnen diar sina ungar under vistelsen i idet och har en helt annan medvetandegrad än t ex igelkotten med en kroppstemperatur strax ovan nollpunkten.

Per-Ola Granberg

Vid genomgång i litteraturen av individer som räddats från hypotermi <26 °C har jag funnit att drygt hälften av dessa har varit alkoholpåverkade. De som dör stupar i ventrikelflimmer inducerat av adrenerg stimulation. Kan alkohol hämma sympaticuspåslaget och förhindra flimret?

Möjligheten av denna mekanism kan inte uteslutas men säkerligen är det många fler faktorer som ligger bakom utvecklingen av kammarflimmer.

Jerzy Leppert

Vad händer med hibernatorer som väcks på ett onaturligt sätt? Har man mätt Mg^{2+} -halten hos igelkotten under hibernationen?

De är mycket känsliga för beröring. Uppvakningsprocessen börjar när t ex de lyfts upp. Några säkra skillnader i Mg^{2+} -halten hittades inte med de metoder som användes, det var före flamfotometrins dagar.

Accidentell hypotermi

Helge Brändström

Vetenskaplig utvärdering av kyla och dess effekter tog sin början i slutet av 1700-talet. Innan dess hade kyla använts i århundranden för att behandla diverse olika åkommor såsom feber, inflammationer och kramper. I många dokument, de flesta från militärhistorien, finns hypotermi beskrivet. Inte alltid i en förklarings ljus och dess behandling alltid kontroversiell. Baron DJ Larrey, Napoleons chefskirurg, införde snögnidning som terapi mot kylskador, en behandling som trots sin felaktighet stod sig långt in på 1900-talet. I Svenska arméns anvisningar för sjukvårdstjänsten 1932 står det att läsa: "för allmän nedkylning rekommenderas badning i iskallt vatten". Att den kuren inte var framgångsrik är det idag lätt att förstå men den säger något om hur kunskaperna om allmän nedkylning varit även i tämligen modern tid.

Accidentell hypotermi

Accidentell hypotermi definieras som en oplanerad sänkning av kroppstemperaturen under 35 °C. Redan när kroppstemperaturen går under 37 °C utsätts vi för kylstress. Det innebär att signaler går till temperaturregleringscentrum i hjärnan i syfte att kroppstemperaturen skall justeras uppåt. Detta sker medelst minskad värmeavgivning, ökad ämnesomsättning och huttring. Huttring kan höja värmeproduktionen 2-5 gånger. Huttringen är maximal vid 35 °C men avtar därefter allteftersom energiföråden töms och muskelcellerna blir allt mer högviskösa och tröga. När kroppstemperaturen går under 35 °C hotas termoregulationen. Försvarsmekanismerna utarmas och klarar ej längre att hålla temperaturen uppe. Fortsatt temperaturfall följer och vid 28 °C är regleringen i princip utslagen. Förutsatt att värme ej tillförs den nedkylda fortsätter kroppstemperaturen att sjunka. Vid 26 °C blir vi växelvarma och antar så småningom omgivningens temperatur.

Redan i temperaturintervallet 35-32 °C hotas vår hälsa och under 32 °C även livet. Hypotermi kräver därför korrigering av temperaturavvikelserna, en uppgift som kan visa sig vara mycket intrikat.

Epidemiologi

Antalet hypotermifall med dödlig utgång rör sig i Sverige om 20-40 per år. Det finns dock ett mörkertal. Ett antal "drunknade" med flytväst kan misstänkas ha dött i hypotermi. Likaledes kan ett antal äldre som hittats döda utomhus och som ej obducerats och där diagnosen antas vara cerebro eller kardiovaskulärinsult faktiskt ha dött av hypotermi. Hypotermi hos den civila befolkningen drabbar framförallt två grupper. Den största gruppen är alkoholpåverkade personer. Nödvändigtvis inte alkoholister även om dessa drabbas oftare. Det kan även vara tillfälligt berusade som är på väg hem från krogen och blivit liggande i en snödriva, somnat och hittats död dagen därpå. Den andra gruppen är fritidsutövare som drabbats av olyckor i utsatt miljö, skador, utmattning eller helt enkelt gått vilse. Ett tragiskt exempel på detta är Anaris-olyckan 1978 då åtta människor dog under snöstorm.

Predisponerande faktorer

Faktorer som kan predisponera för hypotermi är bland annat ålderdom, sjukdom och nyföddhet. Äldre människor har nedsatt muskelmassa och en sämre koordinationsförmåga. Båda dessa tillstånd ger en sänkt huttringsförmåga och således en försämrad möjlighet att höja kropps-temperaturen. Det finns ett antal sjukdomstillstånd däribland hjärnskador, ryggmärgs-skador och hudsjukdomar som leder till ökade värmeförluster och ökad risk för hypotermi. Slutligen, nyfödda barn har en stor hudyta i förhållande till kropps massa och ett sparsamt isolerande fettlager vilket sammantaget ger stora värmeförluster och risk för hypotermi.

Värmeproduktion och värmeförluster

Människokroppen producerar i vila 80-90 watt, ungefär vad en vanlig glödlampa åstadkommer. Vid tung fysisk ansträngning 10 dubblas effekten till motsvarande 800-900 watt. Värme förlorar vi huvudsakligen via huden när vind eller vattenströmmar för bort värme. Vi kan även förlora värme genom direkt ledning till kalla föremål eller vätska. Slutligen strålar vi även bort värme.

Svettning och avdunstning av vätska från huden ger också stora värmeförluster. När vi exponeras för kyla regleras hudens värmeförluster genom att ytliga blodkärl drar sig samman, vasokonstriktion. På detta sätt kan vi minska den genomblödda hudytan med upp till 50 procent. Huvudet har dock en dålig förmåga att reagera med vasokonstriktion vid kyla. Detta leder till stora värmeförluster från det väl genomblödda huvudet.

Om vi blir våta eller hamnar i kallt vatten ökar värmeförlusterna med upp till 25 gånger jämfört med i luft. Exposition för vind ökar även riskerna för hypotermi och förfrysning. Vinden för bort uppvärmd luft som omger oss och tvingar oss att hela tiden föra mer värme till huden för att undvika förfrysning. Detta ger en kyleffekt som många gånger underskrider den temperatur som uppmäts på en vanlig termometer.

Vindhastighet m/s	Temperatur						
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
Motsvarande kyleffekt på oskyddad hud under vindstilla							
lugnt	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
svag vind (1,5-3,5)	-4	-14	-20	-23	-26	-28	-33
måttlig vind (3,5-8)	-10	-21	-25	-32	-38	-45	-52
frisk vind (8-14)	-15	-25	-28	-36	-48	-56	-63
hård vind (14-21)	-18	-27	-33	-38	-51	-57	-65
halv storm (21-25)	-19	-28	-36	-43	-52	-60	-68
Risk: Obetydlig fara för kylskador	Ökande fara	Stor fara: snabb förfrysning, från några minuter ned till ett fåtal sekunder					

Vind/kylaeffekten bör stämma till eftertanke och försiktighet. Även fartvind vid exempelvis snöskoterkörning, skidåkning och liknande aktiviteter har samma effekt. Vi kan även förlora värme genom direkt ledning till kalla föremål eller till marken. Detta är viktigt att komma ihåg när vi tar hand om skadade personer som blivit fastklämda eller liggande utomhus i en kylig miljö.

Symtom

Tidiga och vaga symtom vid sjunkande kroppstemperatur är hunger, illamående, trötthet, tystnad. Hustring kommer tidigt, redan när kroppstemperaturen går under 37 °C och är maximal vid 35 °C. Den avtar därefter och försvinner vid cirka 33 °C. När kroppstemperaturen sjunker ytterligare följer apati, förvirring, hallucinationer och sjunkande medvetandegrad. Huden blir kall och blek. Pulsen blir svag och långsam, så småningom är den ej möjlig att känna. Andningen avtar och så småningom blir det svårt att avgöra om den finns eller ej. De flesta blir medvetslösa i intervallet 30-26 °C. Reflexer försvinner succesivt och vid 27 °C är pupillerna vida, reagerar ej för ljus, reflexer helt utslagna. Inga spontana rörelser i armar eller ben ses. Detta innebär sammantaget att den djupt hypoterme ger intryck av att vara död. Här får man inte dödförklara. Det finns talesätt som säger att ingen är död förrän man är varm och död, vilket innebär att kraftigt nedkylda skall värmas upp och först när man misslyckats med detta får man dödförklara den nedkylda.

Omhändertagande

När vi tar hand om en hypoterm person gäller i första hand varsamhet. Ovarsam behandling kan leda till att hjärtat drabbas av kammarflimmer vilket inte är förenligt med liv då pumpförmågan helt slås ut. Grundregeln för vårt handlande när vi tar hand om en kraftigt nedkyld person är att skydda från fortsatt nedkylning. Detta kan vara svårt på grund av meteorologiska omständigheter som snöstorm eller storm ute till havs. Det första man bör göra är att föra den nedkylda i skydd. Därefter tar man varsamt av våta kläder. Nästa uppgift blir att isolera från fortsatt nedkylning. Detta görs enklast med hjälp av torra filter som viras runt armar, ben, bål och huvud var för sig. Om den nedkylda är vid medvetande kan man nu tillföra varm sötad dryck, exempelvis choklad eller blåbärssaft. Om den nedkylda är medvetslös får man ej ge dryck. Om man har kunskap och utrustning för att ge varm vätska i form av dropp får man i det här läget ge 37-40 °C 5 % glukoslösning. Man skall försäkra sig om fri luftväg och om man har tillgång till syrgas bör man i detta skede tillföra 3-4 liter på näsgrinna eller 40-60 % på mask.

En gravt hypoterm patient kan, som vi beskrivit tidigare, förefalla död, utan kännbar puls eller kännbart blodtryck. Hjärtlung-räddning (HLR) skall icke påbörjas annat än vid bevitnat hjärtstopp. Eftersom vanliga tecknen för död ej gäller innebär det att man antingen ska ha sett mycket tydliga tecken på att en levande patient dött framför ens ögon eller att man har EKG som visar antingen asystoli eller kammarflimmer. I annat fall skall således HLR ej påbörjas. Detta med anledning av att risken med HLR hos den gravt hypoterme fortfarande levande patienten, är att man startar ett kammarflimmer och då dör patienten. Om beslut om HLR tas ska det ges med halv fart. Det är däremot tillåtet att ge mun mot mun andning om man uppfattar patientens egen andningsförmåga som otillräcklig. Även här ska man då ge med halv fart mot vad som är normalt i jämförelse med en normalt tempererad patient.

Under transport till sjukhus skall temperaturen i ambulans eller helikopter vara 20-25 °C. Den nedkylda skall ligga i chockläge.

Väl inne på sjukhus gäller fortfarande att skydda från fortsatt nedkylning, försäkra sig om fri luftväg och att tillföra syrgas och hålla patienten i chockläge.

Uppvärmning

Behandlingen av den hypoterme är uppvärmning. Inför uppvärmning måste man försäkra sig om fri venväg och fria luftvägar. Övervakningen skall vara ytterst noggrann under uppvärmning och ske på intensivvårdsavdelning. Vid kroppstemperatur 35-32 °C rekommenderas passiv uppvärmning vilket innebär torra isolerande filter i en varm omgivning, rumstemperatur på 25 °C, samt tillförsel av varm dryck och kalorier eller varma infusionslösningar. Detta är också en metod som rekommenderas i katastrofsituationer när resurserna för övervakning är starkt

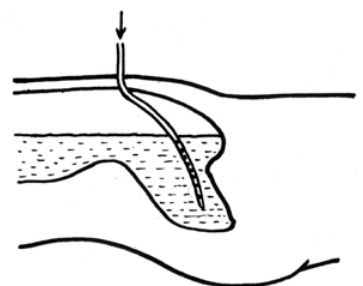
begränsade.

Vid temperatur under 32 °C krävs vanligen aktiv uppvärmning. De tre vanligaste metoderna är: badkarsuppvärmning, peritoneallavage och hjärtlungmaskin.

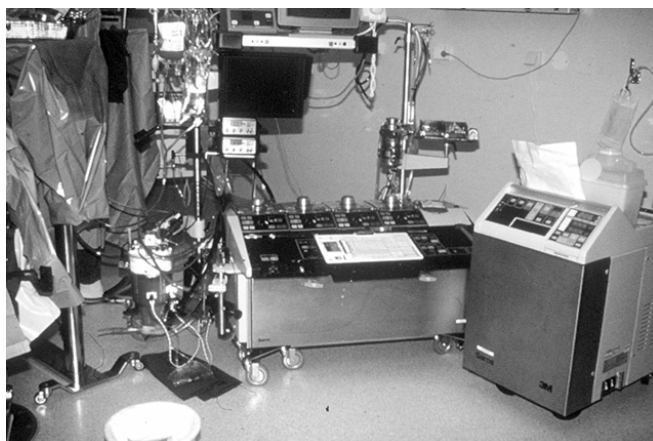


Badkarsuppvärmning innebär att den nedkylde sänks ned i 40 °C vatten, frånsett huvudet. Metoden förutsätter ett badkar där vattentemperaturen kan hållas konstant och en anordning där den nedkylde snabbt kan lyftas i och ur badkaret i händelse av behov av avancerad hjärtlung-räddning.

Peritoneallavage innebär att man via katetrar för in två liter 40-45 °C fysiologisk koksalt eller isoton dialysvätska i buken där den får kvarstanna i ca 20 minuter varefter den tappas ur och ersätts med ny varm vätska. På detta sätt höjs kroppskärnans temperatur med 1-3 °C per timme. Peritoneal-lavage är en enkel och säker metod. Utrustning och kunnighet finns på de flesta sjukhus.



Hjärtlungmaskin är en metod som bör övervägas vid svår hypotermi. Metoden innebär att den nedkylde via katetrar i artär och ven i lumske kopplas till en hjärtlungmaskin. Den nedkyldes blod värms via hjärtlungmaskin samtidigt som det syresätts. Hjärtlungmaskin finns idag endast vid de större sjukhusen i vårt land, vilket begränsar metodens tillgänglighet.



Referens

Hypotermi - kylskador. SoS-rapport 1996:3, Socialstyrelsen, 1996.

Accidentell hypotermi

Helge Brändström, Arbete och Hälsa 1996:5:79-84.

Accidentell hypotermi, nedkylning av kroppskärnan under 35 °C, är ett tillstånd som hotar hälsa och liv. En gravt nedkyld person kan förefalla död men kan efter uppvärmning återvända till ett normalt liv. En gravt hypoterm patient får ej dödförklaras med mindre än att man försökt värma upp densamme och misslyckats. Att rätt omhänderta en hypoterm förutsetter framförallt att man känner igen tillståndet och att man har kunskap om vikten av ett varsamt omhändertagande från olycksplats och in till sjukhus. Uppvärmningen kräver goda kunskaper om de förändringar som skett i kroppen under nedkylningen och hur dessa skall hanteras under uppvärmning. Det kräver intensivvårdsövervakning, utrustning och kunnande för uppvärmning. Socialstyrelsen ger i en nyligen utgiven rapport om hypotermi råd och anvisningar om hur den nedkylda skall tas omhand.

Nyckelord: kyla, hypotermi, prevention, behandling.

Accidental hypothermia

Helge Brändström, Arbete och Hälsa 1996:5:79-84.

Accidental hypothermia (core temperature below 35 °C) is a cold injury, eventually, leading to death. A severely hypothermic person may appear dead, but can ofte be rewarmed and resuscitated to a normal life. A hypothermic person shall not be declared dead, unless rewarming has been attempted without success. Adequate treatment comprises the recognition the conditions of the victim, handling of problems encountered with care and transportation and knowledge of the affected physiological processes. A new guideline document provides ample and detailed information on the development and treatment of cold injuries.

Keywords: hypothermia, cold injury, prevention, treatment.

Diskussion

Claes Lassvik

Inom svenska flygvapnet finns en rekommendation att en nedkyld individ ska återuppvärmas genom att sänka bålén i varmt vatten men att man bör avvakta med uppvärmning av armar och ben. Gäller detta fortfarande? Vilken kunskap finns på svenska sjukhus beträffande behandling av hypotermi?

Optimalt bör hela patienten inklusive armar och ben sänkas ned i 40-42 °C vatten (exkl huvudet).

Tyvärr finns i dag ganska dålig kunskap om hypotermibehandling vid svenska sjukhus, vilket ovannämnda utredning av Socialstyrelsen avser att rätta till (se också referens ovan).

Lokala kylskador

Per-Ola Granberg

Människan är en tropisk varelse men till skillnad från de flesta djur saknar vi skyddande hårbeklädnad. Människans adaptation till en kall omgivning har framför allt varit en intellektuell företelse. Kylskador - såväl lokala som allmän nedkylning är i stort sett resultatet av hennes oförmåga att skydda sig från sin omgivning.

Svåra kylskador kan i de flesta fall förhindras och inträffar sällan under normala, civila förhållanden. Å andra sidan är sådana skador vanliga under krigs- och katastrofsituationer.

Indelning

Att använda prefixet KYL vid benämningen av dessa skador är adekvat eftersom de kan uppstå såväl vid plusgrader som minusgrader. De lokala kylskadorna som många gånger föregår en allmän nedkylning förekommer i två typer - förfrysningar och kyl-fukt-immobilisationsskador.

Förfrysningsskador

Denna form av lokal skada är den vanligast förekommande i vårt klimat. Den uppträder när den lokala temperaturen understiger vävnadens fryspunkt och det bildas iskristaller. Normalt fryser human vävnad vid - 2 °C men underkylning är inte ovanlig om huden är torr. Fuktig hud leder lättare till förfrysning därför att extern iskristallisation förhindrar underkylning.

Den mänskliga kroppsconfigurationen är minst sagt ofysiologisk när det gäller skydd mot lokala förfrysningar. Extremiteterna utgör 30 % av kroppsvikten och inte mindre än 50 % av kroppsytan - ett dåligt samband vad gäller värmehushållning. I perifera strukturer som händer, fötter, näsa och öron kan blodflödet variera högst avsevärt. Detta åstadkoms via reglerbara förbindelser mellan artärer och vener s.k. arteriovenösa shuntar. Vid normal rumstemperatur känns ofta fingertopparna varmare än t.ex. läpparna. Under sådana förhållanden behövs bara en tiondel av blodflödet för nutrition och syrsättning - resten ger värme och möjliggör därmed fingerfärdighet. För att skydda kroppen från oönskade värmeförluster vid kylaexposition stryps dessa shuntar via det sympatiska nervsystemet. Fenomenet uppträder tidigt långt innan någon sänkning av den centrala kroppskärnans temperatur kan registreras. För att förhindra uppkomsten av kylskador i de perifera delarna av extremiteterna uppträder efter en stund en intermittent kärlvidgning ungefär var 5 -10 minut. De arterio-venösa shuntarna öppnas och ger den hotade kroppsdelen ett skyddande värmetillskott. Företeelsen som kallas för "hunting-fenomenet"(5) upplevs som en lätt stickande smärta. Det avtar med sjunkande kroppstemperatur och är mer uttalat hos kylaacklimatiserade personer som t.ex. naturfolk som lever i arktisk miljö.

Patofysiologi

I motsats till djupfrysning av levande vävnad som sperma, hornhinna, endokrina körtlar m.m. där iskristallisationen sker såväl inuti som utanför cellen så försiggår omvandlingen till is vid en förfrysningsskada endast i vätskerummet utanför cellväggen (8). Processen är värmeavgivande vilket medför att temperaturen i det drabbade kroppsområdet

förblir vid vävnadens fryspunkt ända till förfrysningen är fullständig (12).

När det extracellulära vattnet omformats till is ökar saltkoncentrationen i detta rum och genom osmos sugts vatten från cellen. Om denna "urvattning" blir uttalad omvandlas äggvite- och fettstrukturer i cell och cellvägg liksom cellens pH - allt förändringar som är oförenliga med cellens överlevnad. Resistensen mot förfrysning varierar i olika vävnader. Huden är mer tålig än t.ex. muskler och nerver - troligtvis beroende på ett lägre vatteninnehåll.

Indirekta cirkulatoriska faktorer spelar också en roll vid uppkomsten av en förfrysningsskada. Den startar redan före isbildningen äger rum genom den via sympaticusnerverna inducerade kärlsammandragningen. Vid kontraktionen sker ett vätskeutträde från de fina artärerna perifert, blodets viskositet ökar, de röda blodkropparna bakar ihop sig (sludging) och flödes hastigheten sänks. Förloppet har liknats med det man ser vid en KFI-skada (se senare). Nyare forsknings-resultat har emellertid visat att förfrysningen förorsakar skador på mikrokärlens innersta lager (intiman) innan någon förändring av andra vävnadsceller i huden kan iakttas (3). Den cirkulatoriska (rheologiska) etiologien till en förfrysningsskada skulle med andra ord också vara ett kryobiologiskt fenomen.

Bidragande orsaker

Uppkomsten av en förfrysningsskada är beroende på omgivningens temperatur och expositions-tidens längd. Erfarenheter från polarexpeditioner har lärt oss att man vid temperaturer under -60 °C redan inom en minut förfrysar hud. Men eftersom det är värmeförlusten i den exponerade kroppsdel som avgör om en skada skall uppstå eller ej spelar flera andra faktorer roll i sammanhanget. En temperatur känns "kallare" när det blåser vilket under senare år kommit gemene man till kännedom genom kyla-vind-index tabeller. Men det är inte bara vinden som blåser som gör luften kallare. Varje form av vind som sveper runt kroppen har samma effekt t.ex. vid utförsåkning på skidor tolkning på skidor efter fordon och förflyttning i öppna motorfordon. En hastighet på 36 km/tim. motsvarande 10 m/sek vid 0 °C temperatur är ekvivalent med -15 °C. Dock bör anmärkas att exponerad hud förfrysar inte vid höga hastigheter så länge lufttemperaturen ligger över fryspunkten.

Våra kläder stegrar värmeförlusterna eftersom vatten leder bort värmen 25 gånger snabbare än luft. Rökning och snusning ökar risken för perifer kylskada då nikotinet snabbt förorsakar en perifer kärlsammandragning. En tidigare genomgången perifer kylskada medför också en ökad risk för ett recidiv. Den gamla skadan har stört den fina nervstyrningen av de små kärlen så att även den minsta kylaexposition ger en patologisk kärlsammandragning inom det affekterade området.

En speciell form av förfrysningar uppstår då man t.ex. med bar hand tar i ett kallt metallföremål. Genom ledning uppstår snabbt en nedisning av vävnaderna. De flesta människor är medvetna om denna risk men inser inte densamma när man handskas med underkylda vätskor. Bensin vid minus 30 °C förfrysar human vävnad nästan omedelbart eftersom värmeförlusterna via ledning och dunstning samverkar. Sådana snabba förfrysningsskador åstadkommer såväl intra- som extracellulär iskristallisation som förstör cellmembranen på mekanisk väg (2). Liknande skador förekommer även vid handhavandet av flytande gaser som t.ex. propan (1).

Klinisk bild

Förfrysningsskador indelas lämpligen i ytliga och djupa skador. Vid den ytliga formen drabbas överhuden och den närmast liggande underhuden. En stingande smärta är ofta det enda symptomet. I rykande snöstorm kan emellertid denna varningssignal inte uppfattas. Det förfrysade området blir känslolöst och gulvitt till färgen. Den ytliga skadan är oftast förskjutbar mot underlaget. Vid den djupa skadan däremot blir huden vitmarmorad och hård och det förfrusna partiet fixerat mot underlag och omgivning.

Behandling

En lokal kylskada av förfrysningstyp skall omgående omhändertagas för att om möjligt förhindra att en yttlig

skada övergår i en djup. Det förfrusna området tinas genom passiv värmeöverföring från varmare kroppsdel t.ex. handen mot den förfrusna näsvingen. Den förfrysade är själv oftast under kylstress med perifer kärlsammmandragning varför en kamrat är en bättre terapeut. Det skadade området får inte masseras - vävnaden är fylld med iskristaller som då mekaniskt ytterligare förvärrar situationen. Uppvärmningen får heller inte äga rum framför en eld eller annan strålningskälla. Sådan strålningsvärme når inte särskilt djupt i vävnaden och då hudområdet är känslolöst är risken stor att man adderar en brännskada.

Förfrysningar i fötterna debuterar ofta med smärtor i tårna. Sensationen försvinner emellertid när den lokala kroppsdelens temperatur sjunker under +8 °C eftersom smärtnerverna då slutar att fungera (10). Paradoxen blir att det sista man känner är att man ingenting känner! Ute på fältet tinas en sådan skada genom passiv uppvärmning i en kamrats axelhåla. Under extrema förhållanden när man är tvungen att förflytta sig till fots för att klara livhanken skall en sådan skada inte tinas utan man går på den förfrusna, känslolösa foten. En återförfrysning som annars är högst sannolik medför nämligen en än allvarligare skada (9).

Den bästa tiningen sker i rikligt med varmt vatten av 40-42 °C temperatur, en temperatur som handryggen finner nätt och jämnt tolerabel (9). Tiningen skall fortsätta till känsel och genomblödning återkommit. Den tinade kroppsdelens antar då en burgunderblå färgton beroende på venös stas i mikrokärlen. Den snabba uppvärmningen sätter igång en uttalad inflammatorisk reaktion med kraftiga smärtor varför den drabbade kroppsdelens lägges i dränerande högläge och smärtstillande farmaka ges. Det är viktigt att veta att värmning i varmt vatten ej får göras på en tinad kylskada. Det varma vattnet är endast tillåtet då det finns iskristaller i vävnaden! Rent empiriskt har man funnit att den bästa behandlingsmetoden för kylskador är just tining i varmt vatten. Detta faktum talar för att den viktigaste etiologiska orsaken till en förfrysningsskada är den extracellulära iskristallbildningen med den sekundära intracellulära dehydreringen. Trots frånvaron av cirkulation tål den förfrysade kroppsdelens förhöjd temperatur och därmed ökande hypoxi bättre än fortsatt cellurvattning.

Utomhus är det viktigt att inte bara behandla den lokala skadan utan att ta sig an hela individen då den lokala skadan ofta är första tecknet på en smygande allmännedkylning. Förstärk klädedräkten, ge varm och närande dryck och tvinga den förfrusne till värmeökande egen muskelaktivitet.

Om tining med passiv värmeöverföring av t.ex. en fot inte givit resultat efter 20 - 30 minuter är skadan med all säkerhet djup och patienten bör då om möjligt föras till närmaste sjukhus. Tar en sådan transport flera timmar i anspråk bör man i stället söka sig till närmaste boning och där tina skadan i varmt vatten vilket skulle ha varit behandlingen på sjukhuset. Skadan är nämligen en produkt av tiden och den låga temperaturen varför man inte bör dröja med upptinandet. Efter utförd varmvattenbehandling lägges offret till sängs med foten i högläge varefter transport i ambulans ordnas till närmaste sjukhus.

På grund av den kapillära skadan uppträder efter 6-12 timmar blåsbildning i huden. Vid ytliga skador är blåsinnehållet klart men om skadan går djupare ner i underhuden blir innehållet ofta blodfärgat. Man bör om möjligt hålla blåsorna hela - dom skyddar mot infektion. Ge stelkramps-profyllax och bakterieodla från det drabbade hudområdet men tillför endast antibiotika om tecken till mer uttalad infektion tillstöter. Man sköter skadorna öppet under sterila lakan och applicerar lucker gasvävnad mellan tår och fingrar. Tidigt behandlas den skadade extremiteten med varma bad - helst i s.k. whirl-pool (9). Patienten uppmanas till aktiva rörelser i det varma vattnet som aktivt renar såren, rensar skadan från bakterier, stimulerar cirkulationen och snabbare markerar amputationsgränsen. Många läkare ställer sig frågande till en sådan behandling då man ju lärt sig att inte göra ett torrt gangrän (brand) till ett vått sådant. Det är emellertid ytterst viktigt att förstå skillnaden. En djup kylskada förorsakas inte av nedsatt cirkulation utan skadan "kommer utifrån".

Den fortsatta sjukhusbehandlingen skall vara konservativ. "Frostbite in January - amputation in July" and "Hurry up and wait - before You ablate!" är uttryck för återhållsamhet och bör vara envar kirurg för för tidig amputation. Det rör sig om många månaders läkningstid och patienten behöver psykiskt stöd och förklaring varför ingenting görs. För tidiga amputationer leder oftast till infektion, onödig vävnadsförlust och fördröjd läkning (11). Behandling med heparin och rheomacrodex är fortfarande kontroversiell liksom tidiga sympatektomier vare det rör sig om

kirurgiska sådana eller medicinska genom intrarteriell administration av kärlvidgande medel.

Kyla - Fukt - Immobilisationsskador (KFI - skador)

Denna typ av kylskador som nästan enbart drabbar ben och fötter förekommer sällan under normala förhållanden under fredstid men är desto vanligare vid krig och katastrofsituationer. Långvarig exposition till kyla och väta kombinerad med immobilisation medförande venös stas utgör de primära etiologiska faktorerna. Brist på dryck och föda, stress och tillstötande sjukdom eller skada bidrar till uppkomsten. Skyttegravsfot, livbåtsfot och skyddsrumsfot är typiska exempel på KFI - skador.

Patofysiologi

Patofysiologin bakom denna form av kylskada, som sker ovan vävnadens fryspunkt är fortfarande inte helt klarlagd. Adrenerga nerver i samspel med kylan själv förorsakar en långvarig kärlkontraktion perifert med syrgasbrist i vävnaden som följd. Vid djurförsök har man funnit att endotelet i kapillärer och mikrovener skadas medan de minsta artärerna är intakta (3).

Den **kliniska bilden** är lömsk inte minst beroende på den långa "inkubationstiden" - dagar upp till en dryg vecka. Ju högre vatten-fukttemperatur desto längre expositionstid erfordras. Den drabbade upplever bara ett par kalla, fuktiga, svullna och delvis känslolösa fötter som känns tunga som trästockar. När skadan "tinat" d.v.s. när ishämien är till ända och cirkulationen återvänder blir emellertid situationen en helt annan. Svåra skärande, stickande smärtor uppträder som stör sömn och vila. Smärtlindring erfordrar oftast starka analgetika.

Behandlingen

Behandlingen på fältet bygger på mosatser. Den drabbade extremiteten skall hållas kall i högläge medan kroppen i övrigt skall värmas. Tillför rikligt med vätska och näring. På sjukhus fortsättes denna behandling. Skadeområdes kyles lätt ner med hjälp av fläkt (4). Precis som förhållandet är vid en förfrysningsskada skall den fortsatta behandlingen vara konservativ. Dock tillstöter oftare komplikationer vid KFI-skadan i form av allmän blodförgiftning (sepsis) och/eller spontan koagulation i blodbanan (DIC) som erfordrar tidigare kirurgisk intervention - mången gång ledande till giljotinamputation.

Vid såväl förfrysningsskador som KFI-skador uppträder **sequelen** (följdtillstånd) i efterförloppet. Posttraumatisk överkänslighet mot kyla är ytterst vanlig. Den adrenerga innervationen har kommit i obalans och minsta kylaexposition resulterar i mycket kraftig kärlkon- traktion med smärtor och blekhet. Ökad svettning, hudfissurer och broskdestruktioner i småleder är andra manifestationer av sådana sequelen. Besvären kan hålla i i årtal men brukar så småningom försvinna.

Referenser

1. Artursson G. The tragedy San Juaurico - the most severe LPG disaster in history. *Burns* 1987; 13: 87-102.
2. Dinep M. Cold injury: A review of current theories and their application to treatment. *Medicine* 1975; 39 :8-10.
3. Endrich B, Hammersen F, Messmer K. Microvascular ultrastructure in non-freezing cold injuries. *Res Exp Med* 1990; 190: 476-74.
4. Hamlet MP. Human cold injuries. In: Pandolf KB, Sawka MN, Gonzales RR, eds. *Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes* Indianapolis: Benchmark, 1988: 435-66.
5. Lewis T. Observation upon the reaction of vessels of the human skin to cold. *Heart* 1930; 15: 177-208.
6. Mazella L, Jesudas RR, Manson PN, Meyers EAM, Bulkley GB. Morpological characterizat on of acute injury to

vascular endothelium of skin after frostbite. *Plastic and Reconstructive Surgery* 1989; 83: 67-75.

7. Mazur P. Causes of injury in the frozen and thawed cells. *Federation Proceedings* 1965; 24 (suppl.14-15):3.

8. Meryman HT. Tissue freezing and local cold injury, *Phys.Reviews* 1957; 37:233-51.

9. Mills WJ. Frostbite. *Alaska Med* 1983; 25:33-38.

10. Vanggard L. Physiological reactions to wet cold. *Aviation Space Environ Med* 1975; 10: 235-41.

11. Ward M. Frostbite. *Brit.Med J* 1974; 1:67-70.

12. Vogel JE, Dellon AL. Frostbite injuries of the hand. *Clin Plast Surg* 1989; 16:265-76.

Lokala kylskador

Per-Ola Granberg, *Arbete och Hälsa* 1996:5:85-90.

Kylskador kan uppträda vid såväl minus- som plusgrader. Vid förfrysning - vår vanligaste kylskada - uppstår nedisning av vävnaderna. Man skiljer på två typer. En yttlig form som endast drabbar hud och underhud och en djupare där iskristallbildningen även engagerar djupare liggande vävnader. Skadan debuterar som en stingande smärta samtidigt som huden blir vaxvit och känslolös. En förfrysning skall omgående behandlas med passiv värmeöverföring för att förhindra att den blir djup. Bäst behandlar man skadan genom tining i 40-42-gradigt vatten. Kylskador vid plusgrader benämns KFI-skador och uppträder i samband med krigs- och katastrofsituationer. Förutom lång exposition till kyla spelar fukt och immobilisation en roll liksom brist på vatten och föda samt stress. Nästan enbart fötter och underben drabbas. Den långa expositionstiden liksom frånvaron av smärta innan uppvärmningen gör skadetyper lömsk. Behandlingsprincipen går ut på att i högläge hålla foten torr och sval men kroppen varm.

Nyckelord: förfrysningar, KFI-skador, patofysiologi, klinisk bild, behandling

Local cold injuries

Per-Ola Granberg, *Arbete och Hälsa* 1996:5:85-90.

Local cold injuries constitute two clinically different entities: Freezing cold injuries (FCI) and Non-freezing cold injuries (NFCI). FCI is subdivided into superficial and deep frost-bites. The superficial injury is limited to the skin and immediately subcutaneous tissues. A stinging, prickling pain and a waxy-white, numb skin are often the first symptoms. Treat the frostbite with passive transmission of heat at once in order to prevent a deep injury. The most effective treatment is thawing in warm water at 40°-42 °C. NFCI are common during war and catastrophes and almost exclusively affect legs and feet. Except prolonged exposure to cold and wet, immobilisation, dehydration, inadequate food and stress are important contributory factors. NFCI is insidious as the symptoms are vague. The principle of treatment is to keep the elevated feet dry and cool but warm the body.

Keywords: Freezing cold injury, non-freezing cold injury, patophysiology, clinical picture, treatment.

Diskussion

Jerzy Leppert

Hur klarar diabetiker kylan?

Diabetikerna klarar kylan sämre än normalmänniskan. Tidig arterioscleros i perifera kärl torde förklara fenomenet.

Torstein Sjövoid

Vid OS i Lillehammer var temperaturen vid utförsåkning -15 °C medan snitthastigheten låg på ca 110 km/tim. Vad motsvarar detta i windchill factor och gör den tid som åkarna utätts för detta att risken för allvarliga frysskador är försumbar?

110 km/tim = 25m/sek

Denna hastighet vid -15 °C motsvarar -42 °C i lugnt väder. Risken att förfrysa blottad hud är i ett sådant läge stor även om tiden bara rör sig om ett par minuter.

Bengt W Johansson

Hur behandla kylskador hos individer som står på betablockad? Med Ca-blockerare? Med isoprenalin? Isoprenalin häver betablockaden men om kroppen är nerkyld ökar rimligen risken för allvarliga rubbningar i hjärtrytm.

Min enda erfarenhet är att patienter med oselektiva betablockerare fryser lättare om händer och fötter och bör varnas för alltför avancerad kylaexposition. Angående frågan om Ca-blockerare eller isoprenalin saknar jag kunskap.

Hans Lundgren

Ökar beta-blockerare, selektiva och icke selektiva, risken för kylskador och är den dosberoende?

Båda formerna av blockare ökar känsligheten för kyla i extremiteterna och man bör som jag sade varna för kraftigare kylaexposition vid sådan medikation.

Människans tålighet för extrem kyla - fysiska och fysiologiska begränsningar

Ingvar Holmér

Människans möjligheter att vistas och arbeta i kallt klimat bestäms i huvudsak av ändamålsenliga och rationella val av skyddsklädsel, arbetsmetod, arbetsorganisation och annan utrustning. En medveten och genomtänkt strategi för bevarandet av en god värmebalans med hänsynstagande till de komplikationer som skyddskläder, handskar, snöhinder mm dessutom skapar, begränsar såväl den fysiologiska belastningen som det psykiska obehaget av kylan. Mycket oförutsett kan emellertid hända vid utomhusarbete, inte minst genom snabba väderomslag och olyckstillbud.

Om tillgängliga resurser inte medger nödvändiga anpassningar till existerande eller nya förhållanden kan den fysiologiska anpassningen och den mentala påverkan leda individen till gränsen för vad som klaras av. Vardagslivet och arbetslivet erbjuder många exempel på besvärliga förhållanden i kall miljö. Möjligheterna att hantera sådana situationer bestäms av individuella förutsättningar och tillgång till ändamålsenliga skydd och handlingsrutiner. I denna strategi blandas erfarenhet och kunskap, den förra ofta med inslag av tro och magi. Mycket av det vi lärt av våra förfäder är sunt och användbart, men måste ändå tolkas och anpassas till den verklighet som finns idag. Denna presentation ger några exempel på extrema belastningar av kyla och de faktorer som bestämmer och begränsar anpassningen till dessa.

Med exempel ur verkligheten belyses den ändamålsenliga anpassning som sker av viktiga fysiologiska funktioner i kroppen vid exposition för extrem kyla, dels den betydelse som erfarenhet och beteende har för kalibrering och finstämning av denna anpassning. Även om de beskrivna exemplen är unika och annorlunda illustrerar de utmärkt den yttersta kapacitet som kan utvecklas i syftet att förbättra tåligheten för kyla. Förutsättningarna för överlevnad, hälsa, arbetsförmåga och välbefinnande bestäms av kroppens energihushållning och balansen mellan värmeproduktion och värmeavgivning.

Kort om människans värmereglering

Människans värmeproduktion står i direkt proportion till muskelarbetets intensitet och bestäms ytterst av individens maximala energiomsättningsförmåga och uthållighet definierad som långtidsarbetsförmåga i procent av maximal kapacitet. Båda funktionerna är starkt träningsbara och varierar med en faktor 3-4 mellan tränade och otränade. Vid sömn och vila är värmeutvecklingen 50-60 W/m². Vid tungt arbete kan den uppgå till 400-800 W/m².

Värmeavgivningen har en fysiologisk och en fysisk del. Den fysiologiska delen avser distributionen av värme inom kroppen - från kroppskärnan till hudytan och påverkas främst av genomblödning och vävnadernas komposition (ex vis underhudsfett). En viktig fysiologisk komponent utgör värmeavgivning genom svettavdunstning. Svettning och genomblödning står under direkt autonom kontroll av nervsystemet. Samtliga funktioner är anpassningsbara om än i olika tidsskala.

Den fysiska värmeavgivningen sker från hudytan genom konvektion (strömning), strålning, ledning och avdunstning. Borttransporten av värme och vattenånga från kroppsytan bestäms dels av omgivande klimaktfaktorer (lufttemperatur, medelstrålningstemperatur, vind, vattenångtryck), dels av klädselns egenskaper (isolationsförmåga och ångmotstånd). Val och anpassning av klädseln efter förutsättningarna medger en medveten kontroll av värmebalansen inom vida gränser.

Ett bra kombination av beteende och klädval begränsar behovet av autonom (fysiologisk) anpassning. Belastningen på kroppen begränsas och marginalen att tåla extremare betingelser utökas.

Som framgått av ovan mycket korta beskrivning av människans värmereglering, bestäms anpassning och tålighet för kyla av en kombination av

- strategiskt beteende (innefattande främst aktivitet och klädsel)
- fysiologisk kapacitet (främst kroppskonstitution, cirkulationsreglering, arbetskapacitet).

Som redan nämnts är alla dessa faktorer påverkbara genom inläring resp. upprepad träning (exposition).

Vilken kapacitet kan utvecklas och vilken kyla kan uthärdas?

Exemplen i det följande kan ge svar på denna fråga. Exemplet illustrerar framför allt expositioner med syftet att vidmakthålla arbets- och funktionsförmåga. Det faller utom ramen för denna översikt att också diskutera komfort och överlevnadsaspekter.

Pentland expeditionen

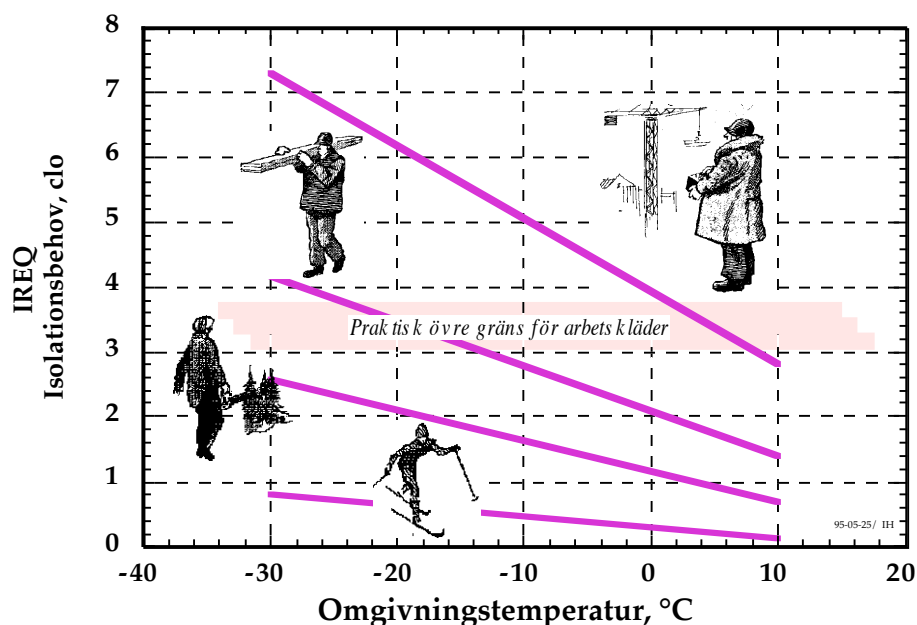
År 1992-93 genomfördes den första överkorsningen på skidor över Antarktis utan någon form av understöd. Ranulph Fiennes och Mike Stroud drog all utrustning och proviant i varsin pulka, inledningsvis vägande mer än 300 kg per man. Under turens 95 dagar och 2170 km utsattes de två för lufttemperaturer ner mot -56°C tidvis med starka vindar. Vindkyletemperaturen låg ner mot

-90°C vid flera tillfällen. Under turen gjorde Stroud vetenskapliga mätningar, varför underlag finns för en värmebalansanalys (2, 14). Med givna värden på värmeproduktion och klädsel kan lägsta temperatur för värmebalans beräknas (3, 9). Några resultat sammanfattas i tabell 1.

Tabell 1. Värmebalans under arbete och vila vid överkorsningen av Antarktis. "clo" är ett mått på isolationsförmågan hos ett komplett beklädnadssystem ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{C/W}$).

	arbete	vila
skattad värmeproduktion	300-500 W/m^2	50 W/m^2
skattad isolation	1-1,5 clo	8-10 clo
beräknad lägsta temperatur	-40 till -50°C	-20 till -30°C

Den höga och jämna värmeproduktionen medgav en förvånansvärt lätt klädsel även vid mycket låga temperaturer. Isolationsbehovet i kyla kan beräknas med hjälp av ISO/TR 11079 (figur 1). Det framgår att isolationsbehovet varierar utomordentligt starkt med aktiviteten vid låg temperatur. Skillnaden mellan tungt arbete och stillastående uppgår vid -20°C till mer än 5 clo. I praktiken finns det knappast någon ändamålsenlig arbetsklädsel som erbjuder mer än 3-4 clo (figur 1). Vid låg aktivitet i temperaturer under 0°C måste vistelsen tidsbegränsas.



Figur 1. Isolationsbehov hos klädsel i clo-värde vid olika aktivitetsnivåer (efter ISO/TR 11079)

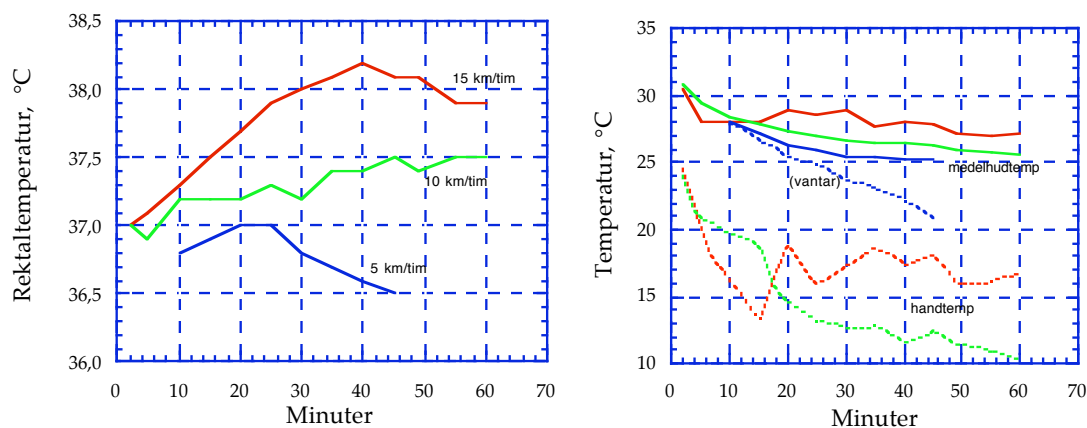
Fiennes konstaterade under expeditionen att värmebalansen måste väljas så att svettning undveks (2). Därför klädde han sig "något kall" med vissa svårigheter att klara värmebalansen i händer och fötter. Denna delikata balansgång gäller vid all aktivitet i kyla där man vill undvika svettabsorption i klädseln med åtföljande nedsättning av isolationsförmågan - en effekt som kan bidra till riskabel avkylning vid perioder med sänkt aktivitet eller vila utan tillgång till extern värmetillförsel.

En hög värmeeffektutveckling (stor aerob kapacitet) och uthållighet parad med en aktiv reglering av klädseln möjliggjorde långa förflyttningar även i mycket extrem kyla. Stora problem erbjöd pauserna som kunde bli bitande kalla redan efter ett par minuter (jfr figur 1 ovan).

Figur 2 visar resultat från försök i klimatkammare vid -10°C (Holmér, opublicerade data). En person arbetade med en värmeproduktion på 250, 400 och 670 W/m^2 . Klädseln utgjordes av ett tunnt underställ med långa ärmor och ben, sockor och skor (cirka 0,7 clo). Vid 670 W/m^2 var svettningen 6,1 g/min och kroppstemperaturen steg till $38,0^{\circ}\text{C}$. Central värmebalans upprätthölls vid 400 W/m^2 med ringa svettning. Dock blev de oskyddade händerna mycket kalla (ner mot 10°C) och medelhudtemperaturen sjönk till cirka 26°C (högra figuren). Vid lätt arbete (250 W/m^2) sjönk kroppstemperaturen kraftigt efter cirka 25 minuters arbete, liksom medelhudtemperaturen. Händerna bevarades dock relativt varma (över 20°C) eftersom personen bar vantar. Totalvärme-balansen kunde emellertid inte upprätthållas utan personen var tvungen att avbryta efter 45 minuter (figur 2). Exemplet visar på behovet av att upprätthålla såväl central som perifer värmebalans. Med vantar på vid 400 och 670 W/m^2 hade sannolikt även en god perifer värmebalans upprätthållits.

Världens kallaste jobb

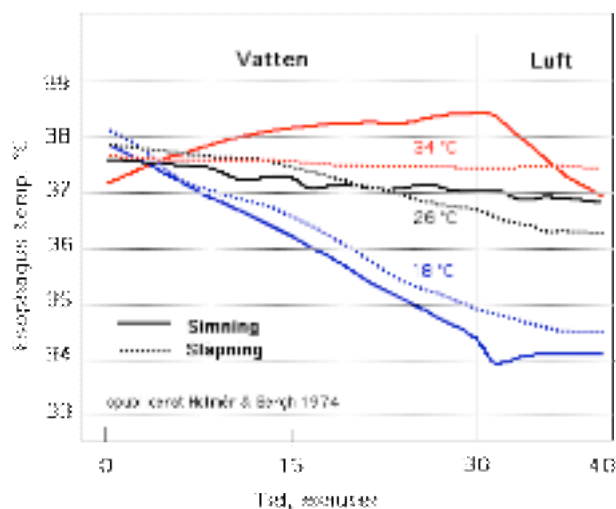
Sedan urminnes tider har koreanska kvinnor dykt i havet efter pärlor. Detta "världens kallaste jobb" har blivit föremål för stort vetenskapligt intresse och flera undersökningar har gjorts (1, 8, 11, 12, 13, 15). Varje dykning varar cirka 30 sekunder och upprepas 20-60 gånger per timme i tre pass per dag (färre på vintern). Vattnets temperatur varierar mellan $7-20^{\circ}\text{C}$ beroende på årstid. Längre användes ingen annan utrustning än en bomullsdräkt och glasögon (cyklop). Under senare år har modern dykutrustning börjat användas, exempelvis vådräkt.



Figur 2. Värmebalans och temperaturer hos en person vid arbete i -10 °C.

Kylaexpositionen som kvinnorna utsätts för, kan illustreras med ett exempel på hur kropps-temperaturen hos en person påverkades i vatten vid tre olika temperaturer (7) (figur 3).

Vatten leder bort värme från kroppen 25 gånger snabbare än luft. Det är därför inte överraskande att en naken person avkyls fort även vid vanliga badtemperaturer (18-25 °C). Avkylningen i riktigt kallt vatten går fortare vid simning än om man ligger stilla (till och med om vattnet strömmar kring kroppen, "släpning"). Anledningen till detta är dels att kropps rörelserna ökar vattenturbulensen kring kroppen, dels att muskelarbetet leder ut stora mängder varmt blod i extremiteterna, som lätt kyls av (10).

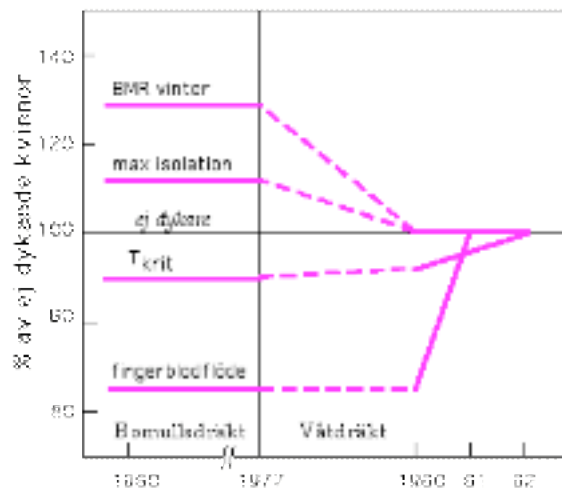


Figur 3. Effekt på kroppstemperatur av lätt simning och "släpning" i strömmande vatten vid tre olika temperaturer (18, 26 och 34 °C).

Hur klarar då dessa kvinnor långa arbetspass i vatten vid 7 °C? Svaret står att finna i en rad morfologiska och fysiologiska faktorer. Figur 4 illustrerar schematiskt de anpassningar som skett i samband med dykning under olika villkor. Fram till slutet på 70-talet uppvisade kvinnorna en rad signifikanta anpassningar till sitt arbete i kallt vatten. Egenvärmeproduktionen (BMR) i vila var 30 % högre på vintern än hos jämförbara, ej dykande, kvinnor. Kroppsvävnadernas isolations-förmåga (främst hudskiktet) var högre, vilket visade sig i en sänkning av den kroppstemperatur vid vilken "huttring" startar samt i en kraftig strypning av cirkulationen till händer och fingrar (figur 4). Sammantaget ger detta kvinnorna den extra kyltålighet, som krävs för att utföra arbetet på vintern. Att

just kvinnor dyker i dessa kalla vatten beror också på att kvinnor har ett tjockare, isolerande lager av underhudsfett. Längre söderut i Asien liksom i Grekland dyker även och oftast män.

När vådräkt börjar användas ersätter den behovet av fysiologisk anpassning eftersom dräkten kraftigt minskar avkylningen. De fysiologiska stimuli som gradvis framtvingat de tidigare anpassningarna uteblir eller är för svaga. Den tekniska lösningen har minskat belastningen och ersatt behovet av fysiologisk anpassning.



Figur 4. Schematisk illustration till den fysiologiska anpassning som skett hos koreanska pärlldykerskor under "modern" tid. Från att ha uppvisat en kraftig fysiologisk anpassning till kylavistelsen reagerar kvinnorna idag inte annorlunda än sin icke-dykande medsystrar. Orsaken står att finna i användningen av vådräkt.

Konsekvenser för en vanlig kylaarbetare

Människans tålighet för extrem kyla uppvisar utomordentligt stor spännvidd och variationsförmåga. Merparten av detta har rationella och begripliga förklaringar. Den individuella tåligheten betingas av samspelet mellan

- kunskap, omdöme och erfarenhet
- fysiska och fysiologiska förutsättningar

med stor variation i den inbördes betydelsen av varje faktor.

Med kunskap om de beteendemässiga och fysiologiska anpassningar som "står till buds" är det möjligt att med god tillförlitlighet bedöma de expositioner och belastningar som kan komma att förknippas med arbete under extremt kalla betingelser (4, 5, 6). Dessa bedömningar ska tjäna som grund för översiktliga, strategiska beslut om planering, organisation och genomförande av arbetet. Bedömningarna gäller på gruppnivå och kan inte i dagsläget användas för en säker riskbedömning med avseende på enskilda individers förutsättningar att klara sig.

Med utgångspunkten att förhållandena ska vara acceptabla för upprepad exposition i yrkesmässig verksamhet ställs kravet högt på att den fysiologiska belastningen ("värmeobalansen") måste vara liten. Tabell 2 kan tjäna som underlag för en grov skattning av acceptabla betingelser för kontinuerligt arbete (förutsatt att ändamålsenlig skyddsklädsel tillhandahålls).

Tabell 2. Rekommendationer avseende förutsättningarna för arbete i kyla. Modifierad efter (4).

över 0 °C	Stillastående och mycket lätt arbete måste tidsbegränsas på grund av a) otillräcklig skyddsklädsel på marknaden
-----------	--

	b) svårigheter med värmebalansen i händer och fötter
0 till -20 °C	obegränsad arbetstid vid måttligt tungt och tungt arbete. Vissa problem med kalla händer vid lättare arbetsmoment och uttalat handarbete
-20 till -30 °C	vissa problem vid måttligt tungt arbete. Svårt med händer och fötter
-30 till -40 °C	40 min (måttlig) och 90 min (hög arbetsintensitet)
-40 till -55 °C	30 min (måttlig) och 45 min (hög)
under -55 °C	högst 20 min (måttlig) och högst 30 min (hög)

Dessutom gäller vid temperaturer under -20 °C att särskilt tänka på skydd av luftvägarna och ansiktet (vindkyla). Andningsskydd för värme- och fuktåtervinning finns på marknaden. De skyddar mot alltför kraftig avkylning av lungorna och förbättrar i någon mån kroppens totalvärmebalans. Händer och fötter är som nämnts särskilt utsatta vid låg aktivitet och kräver extra skydd. Vid krav på fint handarbete kan en kombination av tunn innerhandske och tjock ytterhandske/vante användas. Vid hantering av kalla ytor av metall eller vätskor måste händerna skyddas särskilt.

Ovanstående tabell kan endast ge grova riktlinjer för bedömning av olämpliga klimat-förhållanden. En säkrare bedömning kan göras med tillgång till mer detaljerad information om förutsättningarna. Men till syvende och sist är det den enskilde individen som bäst avgör om förutsättningarna finns för att genomföra arbetet med god värmebalans under rådande omständigheter. Individen måste ha den frihetsgrad som möjliggör lämpliga anpassningar för att upprätthålla värmebalansen. Annars blir arbetet ineffektivt och risken för ohälsa och olycksfall stor.

Referenser

1. Anon. Korean Sea Women. State University of New York at Buffalo, 1964:1-78.
2. Fiennes R. *Mind over matters*. Sinclair-Stevenson, London, 1993.
3. Holmér I. Assessment of cold stress in terms of required clothing insulation -IREQ. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1988; 3: 159-166.
4. Holmér I. Work in the cold. Review of methods for assessment of cold stress. *Int Arch Occup Environ Health* 1993; 65: 147-155.
5. Holmér I. Cold stress: Part 11 - The scientific basis (knowledge base) for the guide. *Int J Ind Erg* 1994; 14: 1-9.
6. Holmér I. Cold stress: Part I - guidelines for the practitioner. *Int J Ind Erg* 1994; 14: 1-10.
7. Holmér I, Bergh U. Thermal physiology of man in the aquatic environment. In Cena K, Clark JA (Eds). *Bioengineering, thermal physiology and comfort*. Elsevier, Amsterdam, 1981; 145-156.
8. Hong SK. Pattern of cold adaptation in women divers of Korea (ama). *Fed Proc* 1973; 32: 1614-1622.
9. ISO/TR-11079. Evaluation of cold environments - Determination of required clothing insulation (IREQ). International Standards Organisation, Geneva, 1993.
10. Keatinge WR. *Survival in Cold Water*. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 1969.
11. Park YS, Rahn H, Lee IS, Lee SI, Kang DH, Hong SY, Hong SK. Patterns of wet suit diving in Korean women breath-hold divers. *Undersea Biomedical Research* 1983; 10: 203-214.
12. Park YS, Rennie DW, Lee IS, Park YD, Paik KS, Kang DH, Suh DJ, Lee SH, Hong SY, Hong SK. Time course of deacclimatization to cold water immersion in Korean women divers. *J Appl Physiol* 1983; 54, 6: 1708-1716.
13. Rennie DW. Tissue heat transfer in water: lessons from the Korean divers. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20: S177-S184.
14. Stroud M. *Shadows of wasteland*. Jonathan Cape, London, 1993.
15. Yeon DS, Park YS, Choi JK, Kim JS, Lee IS, Kang DH, Lee SH, Hong SY, Rennie DW, Hong SK. Changes in thermal insulation during underwater exercise in Korean female wet-suit divers. *J Appl Physiol* 1987; 62: 1014-1019.

Människans tålighet för extrem kyla - fysiska och fysiologiska begränsningar

Ingvar Holmér, Arbete och Hälsa 1996:5:91-97.

Människans möjlighet att klara sig och arbeta i kallt klimat bestäms förutom av klimatets olika faktorer också av tillgången till ändamålsenlig utrustning och ett rationellt beteende i handhavandet av såväl denna som situationen i övrigt. Misslyckas denna anpassning uppkommer en termisk belastning med fysiska och fysiologiska konsekvenser för kroppen. Fysisk arbetsförmåga, cirkulationsreglering och kroppssammansättning är viktiga bestämmande faktorer för den akuta tåligheten. Perifer vasonkonstriktion förstärks i samband med upprepad exposition (acklimatisering) och ökar vävnadens isolerande förmåga. Med rätta förutsättningar kan extrema temperaturer på -50 °C eller lägre klaras.

Nyckelord: kylatålighet, kylbelastning, värmebalans, arbetsförmåga, acklimatisering.

Human tolerance to cold - physical and physiological limitations

Ingvar Holmér, Arbete och Hälsa 1996:5:91-97.

Human tolerance to cold is determined by the interaction of climatic factors, behaviour and equipment. The outcome of this process determines the resulting physical and physiological load on the body. The immediate capacity to cope depends a.o. on physical work capacity, cardiovascular capacity and body composition. With repeated exposures (acclimatisation) peripheral vasoconstriction is enhanced and tissue insulation increases. With adequate behaviour, equipment and physical capacity exposures at -50 °C or even lower may be tolerated.

Keywords: cold tolerance, cold stress, heat balance, work capacity, acclimatisation.

Diskussion

Jerzy Leppert

Finns det några tecken på förändring av katecholaminer hos pärlsdykerskor i Korea?

Tyvärr finns inga sådana rapporter. Eftersom den extrema kylaexpositionen upphörde ca 1980, så kommer man nog inte att finna någon specifik reaktion.

Bengt W Johansson

Finns det några årstidsvariationer i handtemperatur? Det fanns en klar sådan i foten hos patienter med åderförmörkelse i benen trots intensiv både direkt och indirekt uppvärmning före mätningen.

Före 1980 uppvisade dykerskorna en extrem vasokonstriktion (och låg temperatur) i händerna på vintern i jämförelse med vanliga kvinnor. Denna reaktion försvann också efter cirka 1980.

Kyla och fysisk prestationsförmåga

Ulf Bergh

Människan sägs vara homeoterm. Detta tolkas ofta som att kroppstemperaturen är oberoende av omgivningens temperatur, vilket emellertid inte är en heltäckande beskrivning. Kroppens temperatur kan inte hållas konstant utan tekniska hjälpmedel i alla de klimat som finns på vår jord. Dessutom är det bara det inre av bålarna och huvudet, den s k kroppskärnan, som i de flesta situationer är oberoende av omgivningens temperatur. Resten av kroppen kan variera åtskilligt utan att detta betraktas som onormalt. De största skillnaderna i temperatur mellan olika kroppsdelar uppstår då människan tvingas att spara värme, d v s då kombinationen av klimat, klädsel och aktivitet är sådan att värmen inte räcker för att hålla hela kroppen varm. Det kan alltså vara så att kroppens inre behåller sin temperatur konstant samtidigt som hud och muskler avkyls ganska mycket. Vid ännu kraftigare avkylning kommer även den djupa kroppstemperaturen att sänkas.

Biologiska processer påverkas som regel av temperaturen genom att processerna går snabbare vid högre temperatur. Det borde betyda att hög temperatur skulle vara fördelaktigt då det gäller maximala prestationer, t ex inom idrotten, och att låg temperatur verkar negativt på prestationsförmågan.

Avsikten med detta avsnitt är inte att diskutera människans möjligheter att upprätthålla en adekvat kroppstemperatur i kyla utan främsta syftet är att redogöra för hur fysisk prestationsförmåga och därtill relaterade faktorer påverkas då sänkt kroppstemperatur redan är ett faktum.

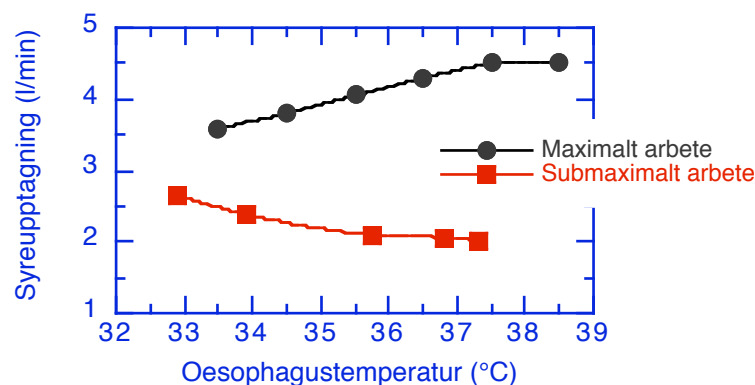
Fysisk prestationsförmåga

Den fysiska prestationsförmågan påverkas av en rad faktorer t ex energiomsättning, muskelstyrka och koordination. Energiomsättningen kan vara både aerob, d v s den kräver syre, och anaerob. Den aeroba energiomsättningen är väsentligast vid aktiviteter som varar längre än någon minut medan den anaeroba har sin största betydelse vid kortvariga, intensiva aktiviteter.

Energiomsättningens storlek har betydelse för prestationsförmågan på flera sätt bl a genom att en låg energiåtgång för givet arbete minskar belastningen på individen och att en stor förmåga att producera energi gör det möjligt att utföra mycket arbete, t ex i form av att förflytta sig långt och fort. Eftersom den aeroba energiomsättningen är beroende av syre kan den mätas genom bestämning av kroppens syreupptagning.

Aeroba processer

Då kroppen är kall förbrukas mer syre än normalt vid en given aktivitet (1,6,8) d v s energi-omsättningen är förhöjd, främst som en effekt av huttring (muskelkontraktioner)(figur 1). Denna förhöjning är störst då både huden och kroppskärnan, det inre av bålarna och huvudet, har sänkt temperatur, vilket innebär att en given arbetsuppgift blir mer belastande då kroppen är kall. Vid en given grad av hypotermi är förhöjning av syreupptaget störst i vila och under lätt arbete och minst



Figur 1. Syreupptagning under submaximalt och maximalt arbete vid olika nivåer av djup kroppstemperatur.

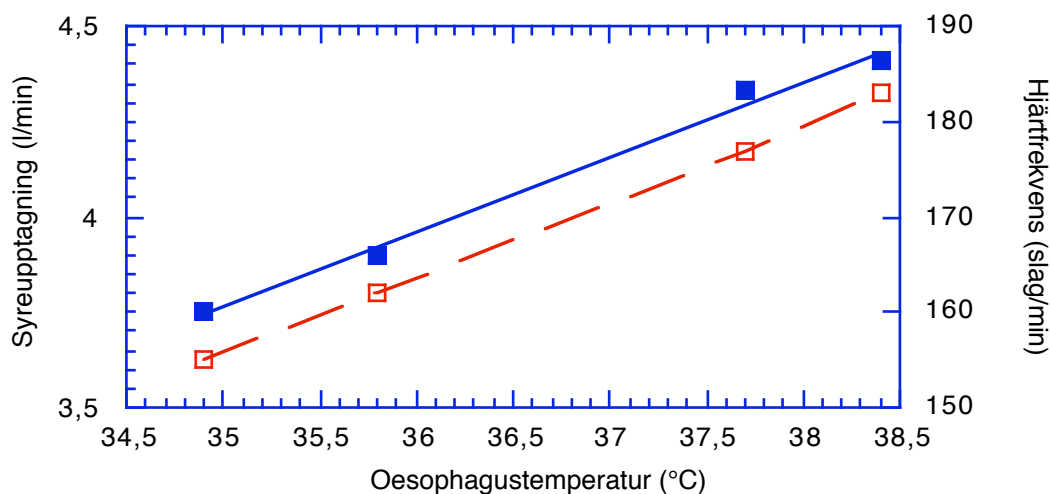
då arbetet är tungt. Detta kan delvis förklaras av att ju tyngre arbete desto större del av den muskelmassa som deltar i huttringen engageras för att utföra arbetsuppgiften. Det har dock visat sig att muskler som i vila är aktiva vid huttring minskar sin aktivitet vid arbete även om de normalt inte engageras vid det aktuella arbetet (7). Det kan tyda på att det i centrala nervsystemet sker en hämning av de impulser som aktiverar de muskler som huttrar samtidigt som arbetande muskler aktiveras. Kroppens maximala förmåga att omsätta syre är reducerad vid hypotermi (2,6,9). Storleksordningen är ca 5 % per grad sänkt kroppstemperatur.

Hjärtat kan inte slå lika fort vid hypotermi (figur 2). Det gäller både då kroppen befinner sig i vertikalt (2) och horisontellt (6,9) läge. Resultatet blir sannolikt att hjärtat inte förmår pumpa ut lika mycket blod som vid normal kroppstemperatur eftersom det inte finns skäl att antaga att hjärtat skulle kunna öka sin maximala slagvolym så mycket att det kompenserar den sänkta hjärtfrekvensen. Det stämmer också med observationen att blodflödet till arbetande muskler är lägre vid låg än vid normal muskeltemperatur (3). Visserligen tenderar syreinnehållet i varje liter artärblod att vara högre, men detsamma gäller även venblodet, så varje liter blod lämnar ifrån sig i stort lika mycket syre till vävnaderna. Nettoresultatet blir därmed att musklerna får tillgång till mindre syre vid hypotermi än vid normal kroppstemperatur.

Effekten av denna sänkning av den aeroba kapaciteten adderas till den nyss nämnda förhöjningen av energikostnaden för givet arbete. En följd blir att skillnaden mellan arbetets krav och individens kapacitet minskar då arbetet blir relativt sett tyngre och man blir fortare utmattad (figur 1).

Anaeroba processer

Vid aktiviteter som varar kortare tid än 2 minuter domineras energiomsättningen av anaeroba processer. Även i dessa situationer är den fysiska prestationsförmågan nedsatt då musklerna är kalla, ju kallare desto större är försämringen. I dessa fall beror nedsättningen troligen inte på att den aeroba energiomsättningen är reducerad eftersom det visat sig att syreupptagningen under så kortvariga arbeten är lika stor vid låg som vid normal kroppstemperatur. Detta kan tyckas stå i strid med att det i föregående stycke står att syreupptagningsförmågan reduceras vid hypotermi.



Figur 2. Syreupptagning (fylld symbol) och hjärtfrekvens (ofylld symbol) under maximalt arbete i relation till den djupa kroppstemperaturen.

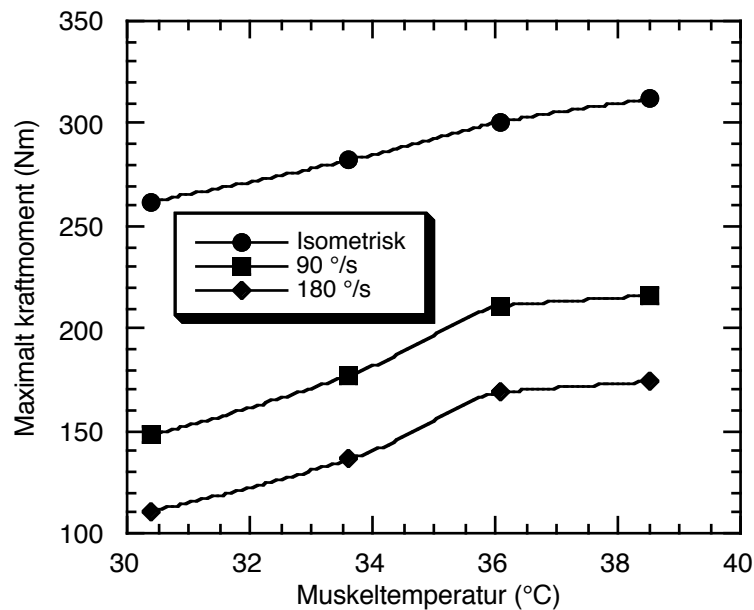
Förklaringen är dock att vid kortvariga arbeten hinner syreupptagningen inte uppnå maximal nivå. En troligare förklaring till nedsättningen av arbetsförmågan är de förhöjda laktatnivåer som observerats vid låg muskeltemperatur. Dessa tyder på att mjölksyra ansamlas snabbare i musklerna vid låg temperatur, vilket kan orsakas av ett lägre muskelblodflöde (3).

Även vid mycket kortvariga arbeten, ca 10 sekunder eller kortare, av typen hopp och sprint har det visat sig att prestationsförmågan är nedsatt om musklerna är kalla. Denna nedsättning är ca 2-4 % per grad. Orsaken är sannolikt den reduktion av muskelstyrkan som observerats då muskeln är nedkyld (1, 5). Denna effekt är större då muskeln arbetar under förkortning än vid isometriska kontraktioner (1) (figur 3).

Det finns dock en situation då musklerna presterar bättre vid låg än vid hög temperatur och det är när det gäller att behålla en kraftig isometrisk kontraktion så länge som möjligt (4). Förklaringen kan vara att omsättningen av adenosintrifosfat (ATP) vid en given muskelspänning är lägre i en kall muskel än i en varm (4). Det ATP som finns i muskeln, och det som kan bildas från kreatinfosfat, räcker därmed längre, något som kan vara avgörande eftersom denna typ av arbete skapar ett så högt tryck i muskeln att blodflödet och därmed syrgastillförseln stoppas.

Nerv-muskelfunktionen

Nervledningshastigheten är proportionell mot temperaturen (10) d v s lägre temperatur ger långsammare nervledning. Då nervernas temperatur är 8-10 °C avstannar impulserna. Låg vävnadstemperatur innebär därmed försämrad koordination både vad gäller grovmotorik och finmotorik (11). Det är inte nödvändigt att hela kroppen är kall för att koordination och muskelstyrka skall drabbas. Det avgörande är temperaturen hos den kroppsdel som är engagerad i arbetet. Den försämrade koordinationen kan leda till svårigheter att förflytta sig till fots och på skidor. Om nedkylningen drabbar händerna försvåras, eventuellt omöjliggörs, en ändamålsenlig användning av utrustning. Konsekvenserna av detta kan sträcka sig allt från en mycket måttlig funktionsnedsättning till att rent livshotande situationer uppstår.



Figur 3. Muskelstyrkan, uttryckt som utvecklat kraftmoment, vid olika muskeltemperaturer och rörelsehastigheter.

I detta sammanhang bör man komma ihåg att det är mycket svårt att hålla händer och fötter varma om övriga delar av kroppen är för kalla t ex på grund av otillräcklig klädsel.

Några andra effekter av kyla

Människan är beroende av klädsel för att upprätthålla kroppens temperatur i kyla. Klädseln i sig skapar dock en del problem. Ett är att de bromsar kroppsrörelserna, vilket i sin tur leder till ökade energikostnader för givna aktiviteter och ej sällan minskat rörelseomfång. Kläderna bromsar också avdunstningen av svett, vilket gör att kroppen måste producera mer svett för en given avdunstning. Det ökar risken att kroppen får underskott på vatten. Det andra problemet är att kläderna kommer att innehålla fukt och vid vilopauser då kroppens värmeproduktionen är låg kan avdunstningen av fukten leda till att kroppen blir för kall. Det är således viktigt att snabbt ta på förstärkningsplagg vid raster.

En annan effekt av kyla är att en del personer besväras av andningssvårigheter, särskilt vid tungt arbete som fordrar stora andningsvolymmer. För dessa personer kan kyla, även i fall då kroppstemperaturen är förhöjd, leda till reduktion av den fysiska prestationsförmågan.

Slutsatser

Om kylan leder till sänkt temperatur i någon del av kroppen som har betydelse för den fysiska prestationsförmågan kommer denna att reduceras. Storleken på försämringen ökar med sjunkande temperatur.

Referenser

1. Bergh U, Ekblom B. Influence of muscle temperature on muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand* 1979;107:33-37.
2. Bergh U, Ekblom B. Physical performance and peak aerobic power at different body temperatures. *J Appl Physiol*.

- 1979;46:885-889.
3. Blomstrand E. Muscle metabolism during intensive exercise influence of subnormal muscle temperature. *Acta Physiol Scand*;1985 Suppl. 547.
 4. Edwards RTH, Harris RC, Hultman E, Kaijser L, Koh D, Nordesjö L-O. Effect of temperature on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contractions, sustained to fatigue, of the quadriceps muscle in man. *J Physiol* 1972;220:335-352.
 5. Giesbrecht GG, Bristow GK. Decrement in manual arm performance during whole body cooling. *Aviat Space Environ Med* 1992;63:1077-1081.
 6. Holmér I, Bergh U. Metabolic and thermal response to swimming in water of varying temperature. *J Appl Physiol* 1974;37:702-705.
 7. Hong S, Nadel E.R. Thermogenetic control during exercise in a cold environment. *J Appl Physiol* 1979;47: 1084-1089.
 8. Kaijser L. Limiting factors for aerobic muscle performance. The influence of varying oxygen pressure and temperature. *Acta Physiol Scand*;1970 Suppl. 346.
 9. Nadel ER, Holmér I, Bergh U, Åstrand P-O, Stolwijk JAJ. Energy exchange of swimming man. *J Appl Physiol* 1974;36:365-471.
 10. Vanggaard L. Physiological reactions to wet-cold. *Aviat Space Environ Med* 1975;46:33-36.
 11. Wu M, White MD, Jonston CE, Bristow GK, Giesbrecht G.G. Contribution of peripheral and central cooling to the decrement in arm performance. *Sixth Int. Conference on Environmental Ergonomics*, Montebello, Canada, 25-30 September 1994:266-267.

Kyla och fysisk prestationsförmåga

Ulf Bergh, Arbete och Hälsa 1996:5:98-103.

Nedkylning påverkar en rad faktorer av betydelse för fysisk arbetsförmåga. Syreupptagningsförmågan reduceras samtidigt som energikostnaden för ett givet arbete ökar. Muskelblodflödet minskar och ansamlingen av mjölksyra i arbetande muskler sker snabbare. Muskelstyrkan minskar också. Nervledningen går långsammare vid lägre kroppstemperatur, vilket försämrar koordinationen såväl vid grovmotoriska som finmotoriska rörelser. Sammantaget betyder det att den fysiska prestationsförmågan påverkas negativt vid nedkylning. Omfattningen av denna nedsättning är i allmänhet relaterad till nedkylningens storlek, d v s ju lägre kroppstemperatur desto sämre prestationsförmåga. Perifera kroppsdelar, t ex händer och fötter, kyla fortare än kroppens centrala delar. Det gör att arbetsuppgifter som fordrar god handfunktion är de som först drabbas av nedsatt funktion om klimatet är kallt.

Nyckelord: nedkylning, arbetsförmåga, muskelstyrka, syreupptagning, koordination.

Cold and physical performance

Ulf Bergh, Arbete och Hälsa 1996:5:98-103.

Body cooling reduces aerobic capacity and increases the energy needed to produce a given amount of work. Muscle blood flow is reduced and the accumulation of lactate becomes faster. Muscle strength is also reduced at low muscle temperature. The velocity of nerve impulses is lower at reduced body temperature, which has a negative influence on co-ordination in gross motor tasks as well as in fine motor tasks. All these changes contribute to reduce physical performance. The order or magnitude of the performance decrease is proportional to the reduction in body temperature. Peripheral parts of the body e. g. hands and feet cool faster than more central parts. This makes tasks involving hands especially sensitive to cold climate.

Keywords: body cooling, performance, muscle strength, oxygen uptake, co-ordination.

Diskussion

Bengt W Johansson

Fanns det några individer som avsevärt skiljde sig från de övriga, så att det fanns anledning förmoda att de använde sig av alternativa metaboliska vägar, t ex de som beskrivits vid anaerobics?

Vi har inte studerat detta specifikt. Dock finns naturligtvis viss spridning då man korrelerar fysiologiska förändringar mot kroppstemperaturer. Del av denna spridning är av metodologisk natur. Alla studerade försökspersoner visade dock förändringar vid nedkylning.

Kyla och mental prestation

Ann Enander

Krav på att kunna arbeta och prestera i kyla är en realitet för många yrkesgrupper. Det kan gälla vardaglig vistelse året om i kyl- och frysrum för livsmedelsarbetare, exponering för vinterkyla hos grupper som arbetar utomhus, eller extrema betingelser hos militär- och forskningspersonal i polarområden. Uppgifterna de kan behöva utföra kan variera från praktiska manuella arbeten till problemlösning, situationsbedömningar och beslut. Påverkar kyla förmågan att klara sådana uppgifter? Ökar riskerna när vi tvingas arbeta i kall miljö? Vi talar om att "hålla huvudet kallt" när vi menar att fatta lugna och sakliga beslut - ligger det någon verklighet bakom talesättet?

I jämförelse med kunskaper om medicinska och fysiologiska effekter av kyla vet vi idag betydligt mindre om effekter på mentala och känslomässiga funktioner. Den kunskap vi har är hämtad från tre skilda områden, var och en med fördelar och begränsningar. *Laboratoriestudier* i klimatkammare möjliggör studium av väldefinierade funktioner under kontrollerade betingelser. Försöken genomförs dock till stor del med friska unga män, ofta värnpliktiga eller studenter, uppgifterna är ofta specialkonstruerade och exponeringen kortvarig. Man måste därför vara försiktig när man generaliserar resultaten till vardaglig arbetsmiljö. *Fältstudier* av grupper som lever i eller exponeras yrkesmässigt för kalla miljöer ger möjlighet att studera verkliga uppgifter och inte minst hur människor anpassar sitt beteende i relation till miljön. Effekter av kyla i sig kan dock vara svåra att särskilja från andra miljö- och organisationsfaktorer. Studier av *militär- och forskningspersonal* stationerade i Polarområden under längre perioder utgör den tredje kunskapskällan. Här kan man tycka sig finna grupper som verkligen utsätts för svår kyla. Studier av dessa grupper kan ge information om till exempel anpassningsprocesser och individuella skillnader. Det rör sig dock om utvalda grupper som utsätts för kyla i kombination med flera andra stressfaktorer såsom social isolering, störning av dygnsrytm, osv. Utifrån studier av militär personal i Antarktis har man exempelvis dragit slutsatsen att: "den mest påtagliga källan till stress är den sociala, snarare än den fysiska, omgivningen" (18).

I denna översikt sammanfattar jag några huvudresultat hämtade från dessa olika forsknings-områden för att belysa vad kyla kan innebära - på gott och ont - för prestation och beteende.

Risk och säkerhet i kyla

Redan på 20-talet konstaterades ett samband mellan låga omgivningstemperaturer och ett ökat antal olycksfall i gruvarbeten (17). Olycks- och skadestatistik är dock svåra mått, inte minst eftersom olyckor ändå är förhållandevis ovanliga. Utifrån resonemanget att för varje allvarlig skada förekommer ett större antal mindre tillbud och oförsiktiga beteenden genomförde Ramsey (20) en omfattande studie av riskbeteenden under olika klimatförhållanden. Resultaten visade på ett U-format samband där frekvensen riskbeteenden ökade vartefter klimatförhållandena avvek från normalområdet (ca 18-23 °C). Ju varmare respektive kallare omgivning, desto fler riskbeteenden registrerades.

Utifrån forskningsresultat har vi börjat kunna skönja ett mönster av effekter av kyla på olika funktioner som kan bidra till att förklara Ramseys resultat. Kyla tycks kunna påverka prestation huvudsakligen på tre olika sätt: genom direkta effekter på motoriska och framförallt manuella funktioner, genom mer indirekta effekter på centrala mentala funktioner, samt psykologiskt via upplevelser och anpassningar.

Manuella funktioner i kyla

Ingen handske har ännu utformats som förmår både hålla bäraren varm om händerna och tillåta fina rörelser och bibehållen känslighet i fingrarna. Utifrån vår vardagskunskap känner vi alla väl till svårigheterna som uppstår när man skall utföra uppgifter med nedkylda händer. Forskar-intresset har främst inriktats på att studera *hur* den manuella förmågan påverkas i kyla - försämras den gradvis, eller kan man identifiera kritiska gränser? Frågan har betydelse inte minst för möjligheten att sätta gränsvärden för säkerhet i arbete.

Det är framförallt hand- och fingertemperaturen som är avgörande för den manuella förmågan, även om nedkylning av hela kroppen och i synnerhet frossbrytningar kan bidra till en försämrad prestation (13). I en klassisk studie visade Clark (2) att förmågan att utföra finmotoriska rörelser bibehölls relativt väl vid handtemperaturer ned till ca 16 °C, men att förmågan försämrades avsevärt vid temperaturer under 13 °C. Clark använde en uppgift där personer fick knyta knutar på ett rep. En kritisk gräns mellan ca 16 och 13 °C har senare påvisats för flera liknande uppgifter som kräver god rörlighet i händerna. Uppgifter som ställer krav på god precision och finmotorik försämras vid högre fingertemperaturer, över 20 °C. En gräns för känslighet i fingertopparna har uppmätts inom området 15-10 °C.

Handtemperaturer under 20-15 °C är inte ovanliga i kalla arbetsmiljöer (11) och ligger klart över gränsen för påtagligt obehag eller smärta (14). Prestationsförsämringarna tycks dessutom vara något större vid långsam nedkylning, en betingelse som också är vanlig inom arbetsmiljön. Det finns därför anledning att tro att många som är yrkesmässigt exponerade för kyla arbetar med nedsatt prestationsförmåga, utan att nödvändigtvis uppleva större obehag.

Komplexa mentala funktioner

Studier av dykare har sedan länge indikerat att vissa mentala funktioner kan vara känsliga för kyla, åtminstone vid exponering för kallt vatten (1, 5). Resultaten har uppmärksamats eftersom förmågan att bibehålla tanke- och bedömningsförmåga har stor betydelse för dykarens säkerhet. Studier i vatten är dock förknippade med vissa problem. Fram till för ett tiotal år sedan rönnte eventuella effekter vid nedkylning i luft mycket lite intresse. I tidiga översiktsartiklar avfärdades effekter av kyla på komplexa funktioner annat än i samband med påtaglig fysiologisk påverkan och hypotermi (8). Andra effekter tillskrevs manuell snarare än mental påverkan - dvs svårigheter i att hålla i pennan snarare än i att tänka. Senare studier har dock påvisat att dessa slutsatser kan ha varit förhastade, bland annat tack vare att modern teknik har gjort det möjligt för forskare att utveckla mer känsliga testnings- och analysmetoder.

Studier av komplexa mentala funktioner måste oftast genomföras i kontrollerad laboratorie-miljö. Det kan ibland vara svårt att se vilken relevans experimentellt påvisade små förändringar i prestation på väldefinierade uppgifter kan ha för verkliga situationer i fältmiljö. Vad har det för betydelse om reaktionsförmågan försämras med några procent? Läger man samman "pusslet" av effekter som kan iakttas i laboratoriet, i en miljö där försökspersonen i regel anstränger sig att prestera optimalt, kan man dock dra vissa slutsatser om hur förmågan att genomföra komplexa uppgifter i verkligheten kan förändras. Förändringen kan ta sig uttryck i faktiskt försämrad prestation, i ökad osäkerhet och risk, eller i en ökad "ansträngningskostnad" för att individen skall bibehålla sin prestation.

När det gäller kyla och komplexa mentala funktioner har forskarna bara börjat lägga pusslet. Några av de effekter man funnit är följande:

Brister i uppmärksamhet (19). I samband med nedkylning finns en tendens till att personer missar signaler som de har i uppgift att svara på. Effekten kan uppträda även tidigt under exponering och har förklarats med att kyla kan "distrahera" uppmärksamheten.

Negativa effekter på inläring och minne (4). Nedkylda personer har svårare att *memorera* saker som de sedan skall upprepa vid normal temperatur. Däremot tycks förmågan att *komma ihåg* det man lärt sig vid normal temperatur påverkas mindre av nedkylning.

Ökat antal fel på komplexa uppgifter som innebär val mellan olika alternativ under tidspress (6, 7, 10, 21). De fel som begås tenderar att vara *snabba fel* (låg reaktionstid). Resultaten från oberoende studier från laboratorier i Sverige, Kanada och Skottland uppvisar i detta fall påfallande likartade mönster.

Sammantaget uppvisar resultaten ett mönster där försämrad prestation i kyla kan förväntas särskilt på uppgifter som kräver uppmärksamhet, god minneskapacitet, samt snabba korrekta bedömningar i situationer där betänketiden är begränsad. Krävs dessutom motorisk precision och manuell färdighet förstärks de negativa effekterna. Inom militär tillämpning kan vi identifiera många uppgifter av den karaktären, liksom även hos andra yrkesgrupper.

Riskmedvetenhet och vana

Man hör ibland argumentet att även om vissa grupper är utsatta för svåra fysiska miljöer i arbetet så är det inte så farligt - de blir vana och lär sig hantera problemen. Finns det fog för ett sådant resonemang när det gäller effekter av kyla?

Frågan om huruvida man kan vänja sig eller *acklimatiseras* till kyla har länge varit en "het potatis" inom forskningsdebatten. Studier av exempelvis Nordsjöfiskare och vissa andra grupper som arbetar med händerna mycket i kallt vatten tyder på att dessa kan bibehålla en något högre handtemperatur vid nedkylning. Andra studier har dock inte kunnat påvisa någon sådan effekt (För en diskussion av acklimatisering till kyla se t ex 14, 16,).

Det finns dock klara indikationer att de som är vana vid kyla upplever mindre obehag än ovana personer vid motsvarande hudtemperaturer. I en studie jämfördes reaktioner inför handnedkylning hos en grupp vana styckare och en grupp kontorspersonal (12). Grupperna skilde sig inte vad gäller nedkylningsgrad och handtemperatur, d v s gruppen vana styckare uppvisade inga tecken på fysiologisk acklimatisering. Denna grupp uppgav däremot betydligt svagare upplevelser av kyla och mindre smärta än kontorsgruppen. Effekten var särskilt markant vid en rumstemperatur på +10 °C, vilket är den normala arbetsbetingelsen för styckarna.

En sådan tillvänjning kan å ena sidan betraktas som något positivt, eftersom vana medför att man "slipper" obehagskänslor. Å andra sidan, om man betraktar köldupplevelse och smärta som *varningssignaler* så tycks vana medföra att man blir mindre känslig för sådana signaler. Detta kan i sin tur innebära ett riskmoment. Liknande tankegångar har även diskuterats vad gäller vistelse i kallt vatten (15), där upplevd kyla visar sig vara en dålig och därmed potentiellt riskfylld prediktor för uthållighet. Det är alltså inte säkert att individens upplevelser är ett tillförlitligt mått på hur påverkad han eller hon är av kylan.

Kan det då inte ändå vara så att de som har vana kan arbeta effektivare och säkrare även om de blir lika kalla som alla andra? Vissa studier har påvisat sådana positiva effekter av vana och träning i kyla (3). Det tycks dock inte vara oväsentligt hur man bedriver träningen. De få studier som genomförts tyder på att man *först* bör öva in grundläggande manuella färdigheter i optimala betingelser, dvs vid normal rumstemperatur. När man väl lärt sig grunderna och handlaget kan vidare träning i kyla underlätta utveckling och inläring av strategier för att motverka köldens effekter (9). När det gäller mer komplexa mentala uppgifter är mycket lite känt om betydelsen av vana. En studie (21) visade dock att en försämrad mental prestation kvarstod under tre upprepade exponeringar i kyla, där försökspersonerna inte visade några tecken på förbättring.

Individuella skillnader

De flesta av oss känner väl till att vissa i bekantskapskretsen är "frusna" av sig, andra tycks alltid vara varma. Forskningsresultat bekräftar att skillnader mellan olika individer kan vara stora, även inom en till synes homogen grupp "friska unga män" (12). Stora skillnader har uppmätts även hos yrkesmässigt exponerade. Skillnaden i handtemperatur mellan två köldexponerade arbetskamrater kan mycket väl uppgå till 10-15 °C eller mer. Vissa

individer har en mycket god förmåga att klara kyla. Islänningen Gudlaugur Fridthorsson som lyckades överleva i 6 timmar i +4-gradigt vatten efter en förlisning i Atlanten i mars månad är ett numera klassiskt exempel på god anpassning.

Den stora variationen mellan individer innebär att det kan vara svårt att generalisera eller fastställa säkerhetsgränser som gäller "alla". Det innebär även att olika uppfattningar om klimatförhållanden kan ha en bakgrund i faktiska skillnader i reaktioner.

Kyla och känslor

Ord och uttryck med anknytning till temperatur förekommer flitigt för att beskriva känslor och stämningar: kall, kallhamrad, kallhjärtad, kylig, sval eller varm, varmhjärtad, hetlevrad, osv. Sambandet mellan olika känslolägen och upplevelse av kyla är än så länge ett närmast utforskat område. Det förefaller dock som om starka positiva eller negativa känslor kan i någon mån blockera upplevelse av kyla, åtminstone under en kort tid. Vid intervjuer med överlevande från förlisningen av passagerarfärjan *Estonia* kommenterar flera just att de inte upplevt någon känsla av kyla i samband med att de hoppat från det sjunkande fartyget ned i det ca 10-gradiga vattnet (Wallenius, opublicerad studie).

Slutsatser

De effekter av kyla på prestation som här diskuterats får tyvärr huvudsakligen ses som "av ondo":

- försämrad manuell rörlighet och precision

- försvårad inlärning

- brister i uppmärksamhet

- fler snabba bedömningsfel

- upplevelse av kyla och smärta "opålitliga" varningssignaler

I andra vågskålen kan läggas de positiva erfarenheter och upplevelser som den kalla miljön kan innebära, och som i hög grad motiverat människor till att finna skydds- och anpassningsstrategier för att kunna vistas och verka i kyla.

Referenser

1. Baddeley AD, Cuccaro WJ, Egstrom GH, Weltman G, Willis MA. Cognitive efficiency of divers working in cold water. *Hum Factors* 1975;17:446-54.
2. Clark RE. The limiting hand skin temperature for unaffected manual performance in the cold. *J Appl Psychol* 1961;45:193-4.
3. Clark RE, Jones CE. Manual performance during cold exposure as a function of practice level and the thermal conditions of training. *J Appl Psychol* 1962;46:276-80.
4. Coleshaw SRK, Van Someren RNM, Wolff AH, Davis HM, Keatinge WR. Impaired memory registration and speed of reasoning caused by low body temperature. *J Appl Physiol* 1983;55:27-31.
5. Davis FM, Baddeley AD, Hancock TR. Diver performance: the effect of cold. *Undersea Biomed Res* 1975;2:195-213.
6. Ellis HD. The effects of cold on the performance of serial choice reaction time and various discrete tasks. *Hum Factors* 1982;24:589-98.
7. Ellis HD, Wilcock SE, Zaman SA. Cold and performance: The effects of information load, analgesics and the rate of cooling. *Aviat Space Environ Med* 1985;56:233-7.
8. Enander A. Performance and sensory aspects of work in cold environments: a review. *Ergonomics* 1984;27:365-78.

9. Enander A. *Sensory reactions and performance in moderate cold: Effects of practice conditions on manual performance in moderate cold.* Arbete och Hälsa 1986; 32:1-17.
10. Enander A. Effects of moderate cold on performance of psychomotor and cognitive tasks. *Ergonomics* 1987;30:1431-45.
11. Enander A, Ljungberg AS, Holmer I. Effects of work in cold stores on man. *Scand J Work Env Health* 1979;5:195-204.
12. Enander A, Sköldström B, Holmer I. Reactions to hand cooling in workers occupationally exposed to cold. *Scand J Work Env Health* 1980;6:58-65.
13. Gaydos HF. Effect on complex manual performance of cooling the body while maintaining the hands at normal temperatures. *J Appl Physiol* 1958;12:373-6.
14. Hellström B. *Local effects of acclimatization to cold in man.* Oslo: Universitetsforlaget, 1965.
15. Hoffman RG, Pozos RS. Experimental hypothermia and cold perception. *Aviat Space Environ Med* 1989;60:964-9.
16. Leblanc J. *Man in the cold.* Springfield, Illinois: Charles C Thomas, 1975.
17. Osborne EE, Vernon HM, Muscio B. *Two contributions to the study of accident causation.* London: British Industrial Fatigue Research Board, 1922. Report no. 19.
18. Palinkas LA. *Group adaptation and individual adjustment in Antarctica: a summary of recent research.* San Diego, California: Naval Health Research Center, 1987. Report no./NHRC-87-24.
19. Poulton EC, Hitchings NB, Brooke RB. Effect of cold and rain upon the vigilance of lookouts. *Ergonomics* 1965;8:163-8.
20. Ramsey JD, Burford CL, Beshir MY, Jensen RC. Effects of the workplace thermal conditions on safe work behavior. *J Safety Res* 1983;14:105-14.
21. Thomas JR, Ahlers ST, House JF, Schrot J. Repeated exposure to moderate cold impairs matching-to-sample performance. *Aviat Space Environ Med* 1989;60:1063-7.
22. Vaughan WS Jr. Distraction effect of cold water on performance of higher order tasks. *Undersea Biomed Res* 1977;4:103-16.

Kyla och mental prestation

Ann Enander, Arbete och Hälsa 1996;5:104-109.

Kyla kan påverka prestationen huvudsakligen på tre olika sätt. Direkta effekter på manuell prestation är välkända och kan relateras till handtemperatur. Senare forskning har påvisat en negativ inverkan av kyla även på centrala mentala funktioner såsom uppmärksamhet, inläring och förmåga till komplexa korrekta bedömningar. Köldexponering kan även påverka prestationen via psykologiska effekter och anpassningar. Vana vid kyla kan bidra till förbättrad prestation, men även medföra att köldupplevelser delvis mister sin funktion som varningssignaler. Sammantaget kan dessa effekter ha implikationer i termer av säkerhet och prestationsförmåga. Man bör dock notera den stora individuella variationen, samt betydelsen av motivation och andra psykologiska faktorer.

Nyckelord: aklimatisering, kyla, mental prestation, manuell prestation, motivation, upplevelse.

Cold and mental performance

Ann Enander, Arbete och Hälsa 1996;5:104-109.

Exposure to cold can affect performance primarily in three different ways. Direct effects of manual dexterity are well-documented and can be related to hand temperature. More recent research has demonstrated effects also on more complex mental functions such as vigilance, learning and making rapid correct decisions. Cold can also affect performance via psychological mechanisms and adaptations. Habituation to cold may improve performance but can also reduce cold sensation and awareness. Taken together these effects have implications in terms of safety and performance. The wide individual should however be noted, as also the importance of motivation and other

psychological factors.

Keywords: aklimatisation, cold, cold sensation, manual dexterity, mental performance, motivation.

Diskussion

Hans Lundgren

Finns könsskillnader mellan män och kvinnor avseende riskbeteenden vid måttlig temperatursänkning inom "komfortzonen"?

När det gäller beteende och prestation har studierna övervägande genomförts med manliga försöks- och studiepersoner, ofta inom militära tillämpningsområden. Det finns därför idag knappast något underlag för att göra könsjämförelser, annat än avseende rent termofysiologiska reaktionsmönster där det ju finns vissa differenser.

Bengt W Johansson

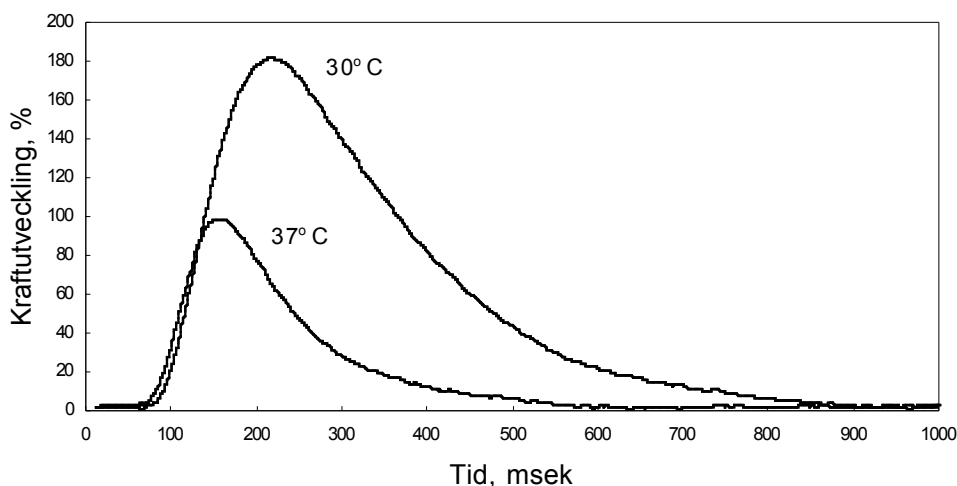
Hos vissa hibernatorer har man kunnat konstatera en adaptation till låg yttertemperatur i form av påverkan på funktionen hos perifera nerver. Kan en liknande mekanism finnas hos t ex nordsjöfiskarna?

De effekter man funnit hos nordsjöfiskare och vissa andra grupper som arbetar med händerna i stark kyla tar sig uttryck i mindre uttalad vasokonstriktion och snabbare initiering av vasodilatation. Många studier av lokal aklimatisering har dock uppvisat negativa resultat, och det råder fortfarande oklarhet om hur ev effekter kan förklaras och även under vilka betingelser de uppstår.

Effekt av kyla på excitations-kontraktionsmekanismen i hjärtmuskulatur

Björn Wohlfart

Effekt av en lindrig kyla på kraftutveckling i hjärtmuskulatur visas i figur 1. Registreringen är från en human förmakspreparation som dissekerats fri och monterats i ett organbad. Som framgår ökar kraftutvecklingen av kyla. Dessutom förlängs kontraktionen. För att förklara denna effekt av kyla ges först en kort översikt över kontraktionsprocessen i hjärtmuskelceller.



Figur 1. Myogram från humant förmak vid två olika temperaturer.

Översikt över excitations-/kontraktionskopplingen

Kraftutvecklingen i hjärtmuskelceller åstadkoms av de kontraktila proteinerna aktin och myosin. I samband med aktiveringen uppstår tvärbryggor mellan de tjocka (myosin) och de tunna filamenten (aktin). Dessa tvärbryggor **(1)** fäster, **(2)** vrider och **(3)** lossar så att kraft och/eller muskel-förkortning uppstår. De två proteinslagen glider förbi varandra vid muskelkontraktionen i enlighet med den s k "sliding filament-mekanismen".

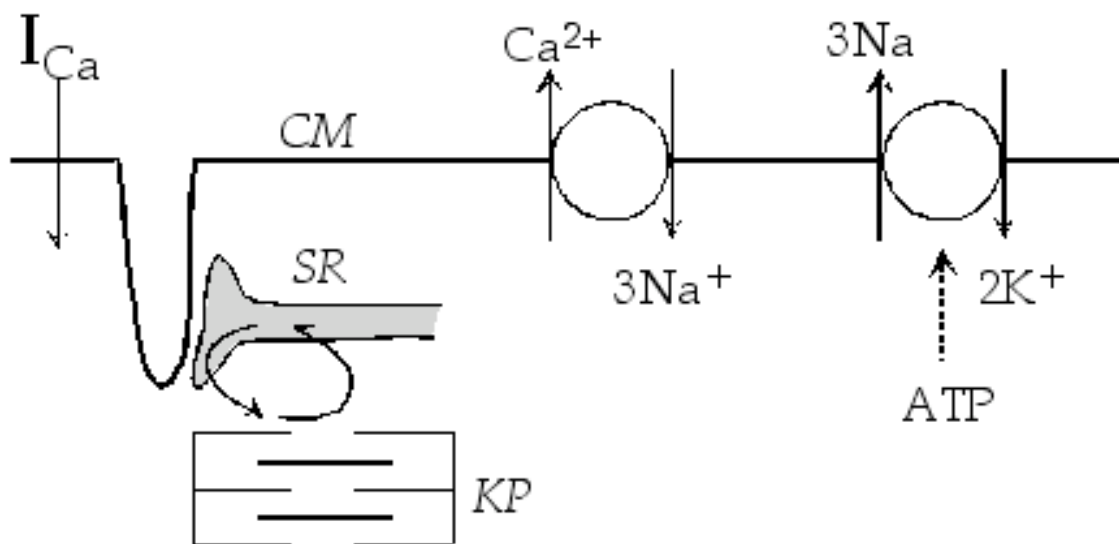
Kontraktionen regleras av kalciumjoner. Kalcium finns lagrat i det sarkoplasmatiska retiklet och frisättes till cytosolen vid aktiveringen (se figur 2). Därmed stiger koncentrationen av kalcium i cytosolen. Mängden kalcium som frisättes avgör kontraktionens storlek. Kalcium binder sig till ett regulatoriskt protein (troponin), som i sin tur är kopplat till tropomyosin (ett annat regulatoriskt protein). I viloläget ligger tropomyosin och döljer bindningsplatsen för tvärbryggan på aktinmolekylen. Då kalcium binds till troponin upphör hämningen av interaktionen mellan aktin och myosin och tvärbryggecykeln startar. Tvärbryggecykeln fordrar energi och denna tas från den kemiskt energirika föreningen ATP.

När hjärtmuskelcellen aktiveras elektriskt sker ett inflöde av kalcium (figur 2). Detta inflöde har två syften **(1)**

Dels aktiveras de kontraktila proteinerna och (2) dels stimuleras frisättning av mer kalcium från det sarkoplasmatiska retiklet s k kalciuminducerad kalciumfrisättning (6). Kopplingen mellan excitation och kontraktion förmedlas således av kalciumjoner.

Muskeln slappas av när kalciumkoncentrationen i cytosolen åter sjunker. Det sker ett aktivt återupptag av kalcium till det sarkoplasmatiska retiklet och samtidigt sker ett utflöde av kalcium över cellmembranet. Utflödet över cellmembranet är kopplat till en intransport av natriumjoner. Normalt är den intracellulära koncentrationen av natrium låg (ca 15 mmol/l) jämfört med den extracellulära koncentrationen (ca 150 mmol/l). Natrium strävar därför rent fysikaliskt att komma in i cellen. Energin i denna gradient för natriumjoner utnyttjas för uttransporten av kalcium.

Natrium-kalium-pumpen har som funktion att upprätthålla gradienterna för natrium och kalium över cellmembranet. Natrium pumpas ut ur cellen i utbyte mot att kalium pumpas in. Denna process är energikrävande. Man kan säga att energin för utpumpning av kalcium egentligen är resultatet av natrium-kaliumpumpens arbete. Detta förhållande är av betydelse för diskussionen om effekterna av kyla.



Figur 2. Skiss över kontraktionskopplingen i hjärtmuskulatur. Cellmembran (CM), sarkoplasmatiskt retikulum (SR) och kontraktila proteiner (KP) skissas. Kalcium finns lagrat i SR och frisätts ut i cytosolen vid aktivering.

Effekt av kyla på natriumströmmen

Vid cellens aktivering sker en potentialsvängning över cellmembranet (en aktionspotential). I vila är cellen polariserad och har på insidan en potential på omkring -80 mV jämfört med utsidan. Initialt vid aktiveringen sker ett kraftigt inflöde av natriumjoner, varvid cellens insida blir positiv (+20 mV). Kyla minskar natriumströmmen genom att förlångsamma dess aktivering. Dessutom förlångsammars natrium-kalium-pumpen vid kyla. Resultatet blir att gradienterna för natrium och kalium över cellmembranet blir mindre uttalade. Den intracellulära potentialen hos cellerna mellan kontraktionerna blir därför mindre negativ (cellen depolariseras). Vid uttalad depolarisering uteblir natriumströmmen helt. Hämmningen av natriumströmmen beror dels på att det blir en mindre drivkraft för natrium in i cellen (mer natrium intracellulärt) och dels på att depolariseringen leder till att natriumkanaler inaktiveras. Hämmning av natriumströmmen leder i sin tur till att aktions-potentialens initiala stigfas blir mindre brant. Detta får konsekvenser för hur snabbt den elektriska aktiveringen sker. Kyla förlångsamar propagationen av

aktionspotentialer från cell till cell. Detta är en mekanism som kan leda till hjärtarytmier, antingen då temperaturen sänks eller då den höjs igen och propagationshastigheten åter ökar.

Effekt av kyla på aktionspotentialen

En förlångsamning av olika jonströmmar vid kyla leder till en förlängning av aktionspotentialen (8). Som nämnts ovan fås en depolarisering av kyla (mindre negativ vilopotential). Aktionspotentialens initiala stighastighet blir också mindre eftersom natriumströmmen hämmas. Platåfasen blir däremot förlängd. Under platåfasen sker ett inflöde av kalcium in i cellen. Detta inflöde förlångsammas då kalciumkanalerna inaktiveras långsammare efter det att de aktiverats. Repolarisationen sker också långsammare. Normalt orsakas repolarisationen av att kaliumkanaler successivt aktiveras under aktionspotentialen. Detta beror på att kaliumströmmar är utåtriktade och strävar efter att göra cellens insida mer negativ. Aktiveringen av kaliumströmmen förlångsammas vid lägre temperatur.

Aktionspotentialernas tidsduration ändras då intervallen mellan kontraktionerna varieras. Dessa cykellängdsberoende förändringar av aktionspotentialen blir mer uttalade vid lägre temperaturer (1) och detta anses kunna predisponera för arytmier.

Effekt av kyla på kontraktionen

Tvärbryggorna mellan aktin och myosin omsätts långsammare vid kyla. Detta visar sig som att den maximala förkortningshastigheten vid noll yttre lod (V_0) minskar vid kyla (5). Q_{10} för V_0 har bestämts till 4,6 av de Tombe och ter Keurs (3). Därmed tar kraftutvecklingen längre tid. Även relaxationen fördröjs p.g.a. en långsammare bryggomsättning (4). Hela kontraktionsförloppet blir därmed förlängt. Tiden till maximal kraftutveckling ökar 5-10 gånger då temperaturen sänks från 35° C till 10° C (10). Den maximala kraftutvecklingen blir däremot större. Detta beror troligtvis på ett större inflöde av kalcium i cellen vid kyla (2), eftersom inaktivering av kalciumkanalerna delvis hämmas. Dock minskar storleken av den maximala kalciumströmmen vid kyla (9). Kalcium återpumpas mindre intensivt tillbaka in i det sarkoplasmatiske retiklet vid kyla. Dessutom är natrium-kalciumutbytet över cellmembranet delvis hämmat då kyla bromsar natrium-kalium-pumpen.

Kyla och kalciumöverbelastning

Ett ökat kalciuminflöde p.g.a. förlångsamad inaktivering av kalciumströmmen och en hämmad uttransport av kalcium över cellmembranet leder till en större cellulär ackumulering av kalcium vid kyla. Av denna anledning är den maximala kraftutvecklingen större vid kyla. Det finns också risk för kalciumöverbelastning. Om man betänker att den fria koncentrationen av kalcium i cytosolen mellan kontraktioner är i storleksordningen 0,1 $\mu\text{mol/l}$ och att den extracellulära kalcium-koncentrationen är omkring 2000 $\mu\text{mol/l}$ inser man att gradienten för kalcium är stor. Normalt sett klarar cellen av att pumpa ut kalcium mot denna stora gradient. Men vid kyla hämmas natrium-kalium-pumpen och sekundärt utflödet av kalcium via natrium-kalciumutbytet. Ett överskott av kalcium i cellerna kan leda till en stimulering av kalciumfrisättning från det sarkoplasmatiske retiklet (kalciuminducerad kalciumfrisättning). Detta är sannolikt mekanismen bakom de efterkontraktioner man kan se vid kyla (11). Efterkontraktionerna är associerade med en inåtgående jonström. Mekanismen bakom strömmen kan härröra sig från natrium-kalciumutbytet (9). Om den inåtgående strömmen blir för stor har man spekulerat i att detta kan verka arytmogent genom att nya aktionspotentialer initieras.

Effekten av kyla på marsvinshjärta respektive igelkottshjärta

Igelkottshjärtat är mera resistent mot kyla än vad marsvinshjärtat är (14). En temperatursänkning till omkring 15 °C leder till att marsvinshjärtat ej går att stimulera elektriskt till kontraktion. Igelkottshjärtat kan däremot aktiveras ned till en temperatur nära noll grader. Dessutom får man i marsvinshjärtat efterkontraktioner vid kyla. Sådana efterkontraktioner ses inte i igelkottshjärtat. En temperatursänkning till 25 °C påverkar ej särskilt mycket kontraktionsamplituden i igelkottshjärtat (14). Denna speciesskillnad skulle kunna förklaras av olika temperaturoptima för de enzymer som är av betydelse för excitations-kontraktions-mekanismen. Johansson (7) rapporterade en skillnad i temperaturoptima mellan marsvin och igelkott för enzymerna laktatdehydrogenas och kolinesteras. Kalciumöverbelastning tycks således ej ske då igelkottshjärtat utsätts för kyla. Denna speciesskillnad förefaller vara ändamålsenlig då igelkotten ju får en låg kroppstemperatur under hibernation.

Elektrisk och mekanisk alternans av kyla

Ibland inträffar det att vartannat hjärtslag är starkare och vartannat är svagare. Detta fenomen benämns mekanisk alternans. Det finns också en elektrisk alternans där varannan aktionspotential är av längre och varannan av kortare duration. Mekanismerna bakom alternans är sannolikt flera (12). En form av alternans kan man lätt skapa i laboratoriet genom att sänka temperaturen från 37 °C till 27 °C samt halvera kalciumkoncentrationen i perfusionslösningen (15). Denna form av alternans kan tolkas som en störning av ett homeostatiskt system som strävar att hålla den maximala kontraktionskraften i en serie hjärtslag konstant. Systemet antas fungera på följande sätt. Om en kontraktion blir liten leder detta till att kalciumintaget ökar. F.f.a. kommer det att påverka de efterföljande kontraktionerna och tendera att öka deras storlek. Omvänt om kontraktionen är för stor (högt intracellulär kalcium) kommer detta att leda till att kalciumintaget minskar. Som nämnts ovan kommer en del kalcium att pumpas tillbaka in i det sarkoplasmatiske retiklet efter en frisättning (recirkulation) medan en annan del lämnar cellen (via natrium-kalciumutbytet). Recirkulationen verkar dämpande och stabiliserande i det homeostatiska systemet. Om nämligen en kontraktion är stor kommer denna att tendera att efterföljas av ytterligare en stor kontraktion (recirkulation är större efter en stor kontraktion). Omvändningen gäller även. Låg temperatur minskar emellertid recirkulationens storlek (13). Det förefaller därför sannolikt att alternans som uppstår vid kyla beror (åtminstone delvis) på en minskad storlek på recirkulationen av kalcium. Alternans är säkert också en bidragande orsak till hypotermi-inducerade hjärtarytmier. Dessa studier har stötts av Medicinska forskningsrådet, Hjärtlungfonden samt Crafoordska stiftelsen.

Referenser

1. Björnstad H, Tande PM, Lathrop DA, Refsum H. Effects of temperature on cycle length dependent changes and restitution of action potential duration in guinea pig ventricular muscle. *Cardiovascular Research* 1993;27:946-950.
2. Björnstad H, Tande PM, Refsum H. Mechanism for hypothermia-induced increase in contractile force studied by mechanical restitution and post-rest contractions in guinea-pig papillary muscle. *Acta Physiol Scand* 1993;148:253-264.
3. deTombe PP, ter Keurs HEDJ. Force and velocity of sarcomere shortening in trabeculae from rat heart. Effects of temperature. *Circulation Research* 1990;66:1239-1254.
4. Dobrunz LE, Berman MR. Effect of temperature on Ca^{2+} -dependent and mechanical modulators of relaxation in mammalian myocardium. *J Mol Cell Cardiol* 1994; 26:243-250.
5. Edman KAP, Mattiazzi A, Nilsson E. The influence of temperature on the force-velocity relationship in rabbit papillary muscle. *Acta Physiol Scand* 1974;90:750-756.

6. Fabiato A. Simulated calcium current can both cause calcium loading in and trigger calcium release from the sarcoplasmic reticulum of a skinned canine cardiac Purkinje cell. *J Gen Physiol* 1985;85:292-320.
7. Johansson BW. Temperature dependence of cholinesterase and lactate dehydrogenase in the guinea-pig, hedgehog and codfish. *Acta Physiol Scand* 1969;77:1-6.
8. Kiyosue T, Arita M, Muramatsu H, Spindler AJ, Noble D. Ionic mechanisms of action potential prolongation at low temperature in guinea-pig ventricular myocytes. *J Physiol* 1993; 468: 85-106.
9. Liu B, Arlock P, Wohlfart B, Johansson BW. Temperature effects on the Na and Ca currents in rat and hedgehog ventricular muscle. *Cryobiology* 1991;28:96-104.
10. Liu B, Wohlfart B, Johansson BW. Effects of low temperature on contraction in papillary muscles from rabbit, rat, and hedgehog. *Cryobiology* 1990;27:539-546.
11. Mulder BJM, de Tombe PP, ter Keurs HEDJ. Spontaneous and propagated contractions in rat cardiac trabeculae. *J Gen Physiol* 1989;93:943-961.
12. Saitoh H, Bailey JC, Surawicz B. Action potential duration alternans in dog Purkinje and ventricular muscle fibres. Further evidence in support of two different mechanisms. *Circulation* 1989;80:1421-1431.
13. Spencer CI, Mörner SEJN, Noble MIM, Seed WA. Influences of stimulation frequency and temperature on interval-force relationships in guinea-pig muscles. *Acta Physiol Scand* 1994;150:11-20.
14. Svensson OLO, Wohlfart B, Johansson BW. Hypothermic effects on action potential and force production of hedgehog and guinea pig papillary muscles. *Cryobiology* 1988;25:445-450.
15. Wohlfart B. Analysis of mechanical alternans in rabbit papillary muscle. *Acta Physiol Scand* 1982;115:405-414.

Effekt av kyla på excitations-kontraktions-mekanismen i hjärtmuskulatur

Björn Wohlfart, Arbete och Hälsa 1996;5:110-116.

Effekter av kyla har studerats på isolerade hjärtmuskelpreparat. Kyla förlångsamar kontraktionen och ger en högre maximal kraftutveckling. Den större kraftutvecklingen kan förklaras av ett större cellulärt förråd med aktivatorkalcium. Vid kyla förlängs aktionspotentialen, då de jonströmmar som bygger upp aktionspotentialen förlångsammars. Vid mer extrem kyla uppstår efterkontraktioner, sannolikt på grund av kalciumöverbelastning. Efterkontraktioner ses dock ej i igelkottshjärtat. Vid kyla ses ibland alternans, dvs varannan kontraktion är stor och varannan liten. Alternans kan förklaras som en störning i ett regleringsystem för kalcium som strävar efter att hålla kontraktionerna likstora.

Nyckelord: hypotermi, kyla, hjärtmuskel, excitation-kontraktionskoppling, elektrofysiologi, aktionspotential, kalcium, jonströmmar.

Effects of cold on the excitation contraction mechanism in cardiac muscle.

Björn Wohlfart, Arbete och Hälsa 1996;5:110-116.

The effects of cold was studied in isolated cardiac preparations. During cold the contraction is prolonged and maximal force production is increased. The increased force production can be explained by an increased cellular amount of activator calcium. During cold the action potential is prolonged, since the ion currents behind the action potential are slowed. At more extreme cold after contractions occur, probably because of calcium overload. However, no after contractions are seen in the hedgehog heart. During cold, alternans are sometimes recorded, i. e. every second contraction is large and every other contraction is small. Alternans can be explained as a disturbance of a homeostatic system which aims at keeping every contraction at the same size.

Keywords: hypothermia, cold, cardiac muscle, excitation-contraction coupling, electrophysiology, action potential, calcium, ion currents.

Diskussion

Mario Monti

"Ökad kontraktionskraft" sekundär till kylan - möjligtvis om man menar kraft/slag, men det vore förbluffande om man menar kraft/minut, eftersom låg temperatur leder till en minskad metabolism och produktion av adenosintrifosfat.

Kyla leder till en minskad omsättningshastighet av tvärbryggor och därmed konsumeras mindre ATP.

Förkortningshastigheten vid ett givet lod minskas däremot av kyla medan kraftutvecklingen i en isometrisk kontraktion såsom nämnts ökar. Tvärbryggor omsätts inte så snabbt vid en isometrisk kontraktion. Kyla leder således till en minskad mekanisk effektutveckling.

Jerzy Leppert

Hur påverkas mediet av nedkylningen och i så fall vad har det för betydelse för utgången av hjärtmuskelkontraktilitet?

Vår perfusionslösning innehåller i huvudsak vatten och elektrolyter. Lösningen bubblas med 95 % syrgas och 5 % CO₂. När temperaturen sänks ändras pH lite och man får en mer alkalisk lösning. Detta har vi inte försökt kompensera för.

Bengt W Johansson

Dina humanresultat hänför sig till förmaksmuskulatur. Rimligen bör human papillarmuskel skilja sig från förmaken. Uppträder efterkontraktioner och i så fall vid vilken lägre temperaturnivå?

Vi har inte studerat human kammarmuskulatur. Men jag förutsätter att efterkontraktioner uppträder vid en tillräcklig grad av hypotermi. Dock förefaller förmaken vara mindre känsliga för kyla än kamrarna. Vid nedkylning av hjärtat i samband med operation kan man se att förmaken fortsätter att slå efter det att kamrarna slutat kontrahera sig.

Claes Lassvik

Hur stor temperaturskillnad behövs för att man skall se påverkan på aktionspotentialen m m?

Min erfarenhet är att aktionspotentialen är mycket känslig för små temperaturförändringar. Sänkning av temperaturen några tiondels grader räcker för att aktionspotentialen skall bli förlängd.

Claes Lassvik

I humant hjärta har man uppmätt en sänkning på i medeltal 0,2 °C i vänster förmak vid inhalation av kall luft. Kan detta tänkas ha betydelse för effektutvecklingen i hjärtat?

Jag tror att en sådan liten temperaturskillnad kan påverka det elektrofysiologiska men knappast det mekaniska i någon större utsträckning.

Kylans effekter på vasoaktiva faktorer hos kvinnor med och utan Raynauds fenomen

Jerzy Leppert

Maurice Raynaud, en fransk läkare, disputerade 1862 på en avhandling under rubriken "L'asphyxie locale et de la gangrène symétrique extrémités". I sitt arbete beskrev han ett sjukdomstillstånd i vilket blodflödet i extremiteterna förändrades dramatiskt under påverkan av kyla och/eller starka sinnesrörelser. Han påpekade att denna sjukdom förekom hos för övrigt väsentligen friska individer. Dvs sådana utan tecken på ocklusiva kärlsjukdomar (25). Fyrtio år senare påpekade Hutchinson att det Raynaud beskrev var inget enhetligt sjukdomstillstånd, utan snarare ett fenomen med olika tänkbara bakomliggande orsaker (12). Den moderna klassifikation av Raynauds fenomen bygger på förekomsten av bakomliggande orsaker eller avsaknaden av sådana. I det förstnämnda fallet används benämning sekundär Raynauds fenomen och i det andra primär Raynauds fenomen (27).

Prevalens

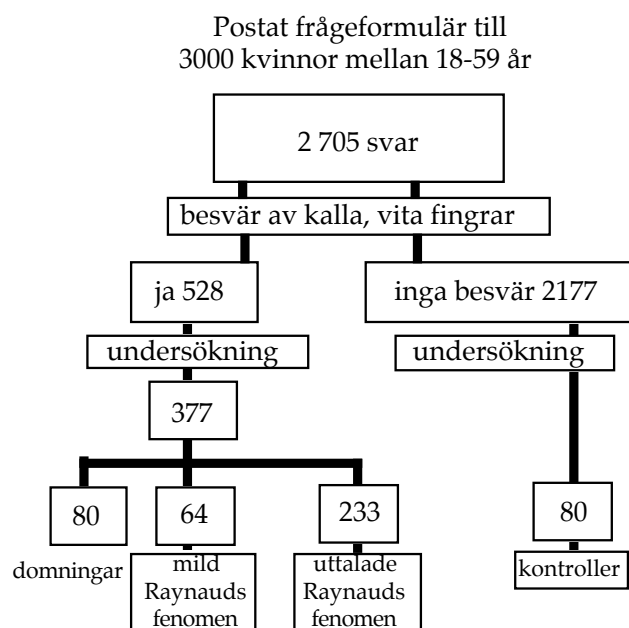
Förekomsten av Raynauds fenomen varierar mellan 4 % och 20 %, beroende på vilka populationer som undersökts (11,19). I en epidemiologisk undersökning omfattande 3000 kvinnor i åldrarna 18-59 i Västerås, fann man att prevalensen av Raynauds fenomen var 15 % (16) (figur 1). Det finns ett starkt samband mellan omgivningstemperaturen och Raynaud fenomenets förekomst. De personer som bor på sydliga breddgrader, där expositionen för kyla är låg, klagar sällan på besvär och därför är prevalens siffrorna från dessa områden lägre än från nordliga breddgrader.

Symptomatologi

De klassiska symtomen är färgändring av huden vid köldexposition. Hudens färg ändras initialt till kritvit med klar demarkationslinje, därefter blå-cyanotisk och mot slutet av attacken uppkommer röd färg p.g.a. kompensatorisk hyperemi. Mest drabbade är de perifert belägna kärlen i extremitet-erna (händer, fötter), nästipp och örsnibbar. Omfattning av besvären är varierande beroende på sjukdomens svårighetsgrad och utvecklingsstadiet.

Etiologi

Raynauds fenomen förekommer hos kvinnor ca fem gånger oftare än hos män (10). Det finns även belägg för att sjukdomen kan vara genetiskt betingad, då vi fann att hela 42 % bland kvinnor med Raynauds fenomen hade en eller flera anhöriga som led av liknande besvär (16).

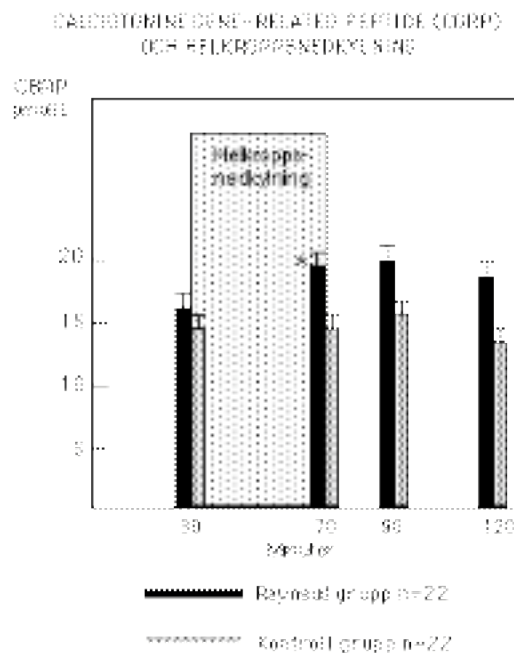


Figur 1. Prevalens av besvär med kalla vita fingrar bland kvinnor i åldrar 18 - 59 år i Västerås (ref 6).

Etiologin av Raynauds fenomen är okänd. Olika tänkbara orsaker diskuteras, såsom ökad vasokonstriktortonus, lågt blodtryck och ökad blodviskositet (7). Lewis påstod att ett fel lokaliserat till kärlväggen kan vara grundorsaken till Raynauds fenomen (18).

Neuropeptider och det sympatiska nervsystemet - mekanismerna bakom vasospasm

Hos såväl det sympatiska som det parasympatiska nervsystemet har man visat förekomst av vasoaktiva neuropeptider som ko-existerar och frisätts tillsammans med traditionella transmittersubstanter som t ex noradrenalin - neuropeptid Y. I det sensoriska nervsystemet finns ett antal mycket aktiva neuropeptider, s k takykininer och calcitonine gene-related peptide (CGRP). Bunker et al. rapporterade att hudbiopsier tagna hos patienter med Raynauds fenomen hade signifikant lägre antal specifika CGRP-neuroner i jämförelse med hudbiopsier tagna hos friska försökspersoner (5,6). För att kunna undersöka inverkan av kylan på den vasodilaterande neuropeptiden CGRP, har vi mätt dess mängd före och efter helkroppsnedkylning hos patienter med Raynauds fenomen och hos friska kontroller (22). Vi fann att 40 minuters helkroppsnedkylning orsakade signifikant stegring av CGRP enbart hos patienter med Raynauds fenomen. En förklaring till detta kan vara, att patienter med Raynauds fenomen saknar förmåga att binda cirkulerande CGRP p.g.a. avsaknad av specifika CGRP-receptorer vilket bör bekräfta Bunkers fynd.



Figur 2. Förändringar i cirkulerande calcitonine gene related peptide (CGRP) efter 40 minuters helkroppsnedkylning hos kvinnor med eller utan Raynaud's fenomen.

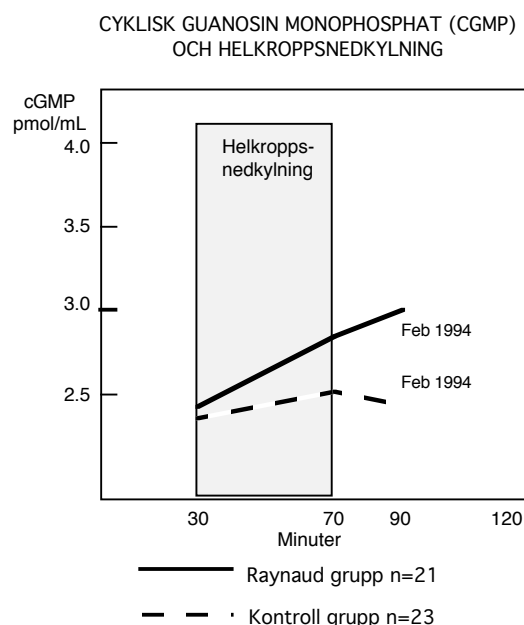
Endothelets roll vid vasospasm

Endothelet spelar en väsentlig roll för reglering av blodflödet i hela kroppen genom påverkan på kärlväggstonus. Detta sker i samverkan mellan endothelet, fysikalisk påverkan från blodflödet, shear-stress, och stimulering av olika vasoaktiva substanser. Endothelet producerar en samling av peptider som går under benämning endothelin-1, endothelin-2, endothelin-3, vars roll är att modulera kärltonus, påverka cellproliferation och stimulera tillverkning av olika hormoner (17). Endothelin-1 är den mest potenta vasokonstringerande bland alla kända substanser (20). Zamorra et al. observerade stegring av endothelin-1 hos patienter med Raynauds fenomen i samband med nedkylningsförsök av underarmarna (28). Även andra forskargrupper har genomfört liknande försök med varierande resultat beroende på svårigheter att bestämma endothelin-1 i venöst blod (9).

Endothelet och kväveoxid

Sista årens forskning har visat att endothelet tillverkar ett vasodilaterande ämne som av dess upptäckare kallades Endothelial Derived Relaxing Factor (8). Denna potenta vasodilaterande substans identifierades 1988 som kväveoxid (24).

Endothelet har en basal produktion av kväveoxid. Den teori, som är förhärskande i dag, hävdar att fysikaliska krafter från blodflödet (s k shear-stress) minskar/ökar kväveoxidproduktionen. Vid kyla eller stark sinnesrörelse drar sig blodkärlen samman, vilket ökar shear stress och leder via så kallade mekanoreceptorer till kalciumflöde in i cellerna, vilket i sin tur stimulerar kväveoxidfram-ställningen. Kväveoxid diffunderar ut till den glatta muskulaturen och ger via bildning av cykliskt guanosin monophosphat (cGMP) kärlvidgning. Detta i sin tur minskar blodflödets fysikaliska



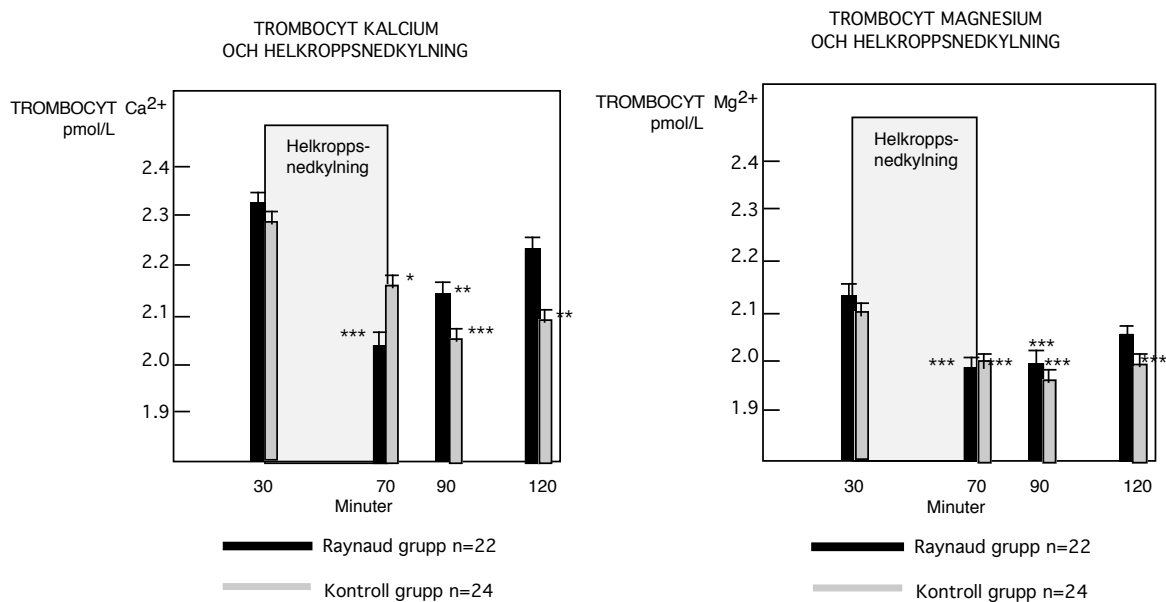
Figur 3. Förändringar i cirkulerande cyklisk guanosine monofosfat (cGMP) efter 40 minuters helkroppsnedkylning hos kvinnor med eller utan Raynaud's fenomen (13).

påverkan på endothelet med minskad kväveoxidproduktion och följande vasokonstriktion o s v (21).

I en nyligen publicerad studie undersökte vi cyklisk GMP hos kvinnor med och utan Raynauds fenomen före och efter 40 minuters helkroppsnedkylning (13). Det visade sig att kvinnor med Raynauds fenomen saknade förmågan att öka mängden av cyklisk GMP vid helkroppsnedkylningen (figur 3). I samma försök svarade friska kvinnor på köldprovokation med en signifikant stegring av cGMP-nivåerna, vilket förmodas kunna hindra vasospasm orsakad av kylan.

Kalciums och magnesiums roll i vasospastiskt tillstånd

Aktivering av intracellulärt kalcium i glatta muskelceller spelar en avgörande roll för uppkomsten av kärlsammandragning (1). Sedan flera år tillbaka har man använt kalciumkanalblockerare som standardläkemedel vid Raynauds fenomen (23,26). Genom att konkurrera ut kalcium i den glatta muskelcellen, förhindrar magnesium kontraktion (vasospasm), därför benämner man magnesium-jonen som naturens egen kalciumantagonist (2,3). Vi fann i en undersökning från 1990 att helkroppsnedkylning orsakade signifikant sänkning av serummagnesium hos kvinnor med primär Raynauds fenomen (15). I senare studier kunde vi visa att magnesiumkoncentrationen i erythrocyter var signifikant lägre under vintermånaderna hos kvinnor med Raynauds fenomen än hos friska kontroller (14). I en nyligen genomförd studie undersökte vi påverkan av 40 minuters helkroppsnedkylning på kalcium och magnesium i trombocyterna. Trombocyterna anses mest efterlikna glattmuskelcellen och används ofta som en modell vid denna typ av experiment, där man intresserar sig för mekanismen bakom vasospasm. Vi fann att både kalcium och magnesium i trombocyter sjönk signifikant både hos friska och hos patienter med Raynauds fenomen vid nedkylning, men hos kvinnor med Raynauds fenomen var återgången till de normala nivåerna betydligt snabbare än hos kontroller (Figur 4,5).



Figur 4 och 5. Förändringar i trombocytkalcium (vänster) och trombocytmagnesium efter 40 minuters helkroppsnedkylning hos kvinnor med eller utan Raynaud's fenomen.

Konklusion

Studien av kvinnor med Raynauds fenomen vars utlösande faktor är kylan gav oss nya perspektiv på mekanismen bakom vasospasm. Det är klart att det rör sig om en mångfacetterade process, där både nervsystemet, endothelet och elektrolytförändringar samspelar. Det återstår att fullfölja våra studier för att hitta närmare samband mellan sympatiska nervsystemet, den endotheliala funktionen och även ändringar i elektrolyterna.

Referenser

1. Adelstein RS, Sellers IR. Effects of calcium on vascular smooth muscle contraction. *Am J Cardiol* 1987;59:4B-10B.
2. Altura BM, Altura BT. New perspectives on role of magnesium in the pathophysiology of the cardiovascular system. *Magnesium* 1985;4:245-271
3. Altura BM, Altura BT. Magnesium ions and contraction of vascular smooth muscles: relationship to some vascular diseases. *Fed Prec* 1981; 40: 2672-2679.
4. Brotzu G, Carboni MG, Falchi S, Montisci R. Altered regulator of presynaptic adrenergic nerve: a new pathophysiological hypothesis in Raynaud's disease. *Microvascular Research* 1984;27:110-113.
5. Bunker C.B., Terenghi G., Springall D.R., Polak JM, Dowd PM. Deficiency of calcitonin gene-related peptide in Raynaud's phenomenon. *Lancet* 1990; 336: 1530-33.
6. Bunker C.B., Reavley C, O'Shaughnessy, Dowd PM. Calcitonin gene-related peptide in treatment of severe peripheral vascular insufficiency in Raynaud's phenomenon. *Lancet* 1993; 342: 80-82
7. Cleophas TJM, Niemeyer MG. Raynaud's syndrome, an enigma after 130 years. *Angiology* 1993;44:196-209.
8. Furchgott RF, Zawadzki JV. The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle cells by acetylcholine. *Nature* 1980;288:373-76.
9. Fyhrquist F, Saijomaa O, Metsärinne K, Tikkanen I, Rosenlöf K, Tikkanen T. Raised plasma endothelin-1 concentration following cold pressor test. *Bio-chem and biophysical res comm* 1990;169:217-221
10. Gifford RW, Hines EA. Raynaud's disease among women and girls. *Circulation* 1957; 16:1012-21.

11. Heslop J, Coggon D, Acheson ED. The prevalence of intermittent digital ischaemia (Raynaud's phenomenon) in a general practice. *J R Coll Gen Pract* 1983;33:85-89.
12. Hutchinson J. Raynaud's phenomenon. *Med Press* 1901;72:403-405.
13. Leppert J, Ringqvist Å, Ahlner J, Myrdal U, Sörensen S, Ringqvist I. Cold exposure increases cyclic guanosine monophosphate in healthy women but not in women with Raynaud's phenomenon. *J Int Med* 1995;237:493-498.
14. Leppert J, Åberg H, Levin K, Ringqvist I, Jonason T. The concentration of magnesium in erythrocytes in female patients with primary Raynaud's phenomenon; fluctuation with the time of year. *Angiology* 1994;45:283-288.
15. Leppert J, Åberg H, Levin K, Ringqvist I. Reduction of serum magnesium levels after exposure to cold in women with primary Raynaud's phenomenon. *J Int Med* 1990; 228:235-239.
16. Leppert J, Åberg H, Ringqvist I, Sörensen S. Raynaud's phenomenon in a female population: Prevalence and association with other conditions. *Angiology* 1987;38:871-77.
17. Levin ER. Endothelins. *N Eng J Med* 1995;333:356-363.
18. Lewis T. Experiments relating to the peripheral mechanism involved in the spasmodic arrest of the circulation in the fingers, a variety of Raynaud's disease. *Heart* 1929;15:7-101.
19. Maricq HR, Weinrich MC, Keil JE, LeRoy CE. Prevalence of Raynaud's phenomenon in the general population. *J Chron Dis* 1986;39:423-427.
20. Masaki T, Yanagisawa M, Goto K, Kimura S. Role of endothelin in mechanism of local blood pressure. *J Hypert* 1990;8:s107-s112.
21. Moncada S, Higgs A. The L-arginine - nitric oxide pathway. *N Engl J Med* 1993;329:2002-12.
22. Myrdal U, Leppert J, Edvinsson L, Ekman R, Hedner T, Nilsson H, Ringqvist I. Magnesium sulphate infusion decreases circulating calcitonin gene-related peptide (CGRP) in women with primary Raynaud's phenomenon. *Clin Phys* 1994;14:539-546.
23. Nilsson H, Jonason T, Leppert J, Ringqvist I. The effect of the calcium-entry blocker nifedipine on cold-induced digital vasospasm. *Acta Med Scand* 1987;221:53-60.
24. Palmer RMJ, Ashton DS, Moncada S. Vascular endothelial cells synthesize nitric oxide from L-arginine, *Nature* 1988;333:664-6.
25. Raynaud M. *L'asphyxie locale et de la gangrène symétrique extrémités*. Rignoux, Paris 1862
26. Rodeheffer RJ, Rommer JA, Wigley F, Smith CR. Controlled double-blind trial of nifedipine in the treatment of a Raynaud's phenomenon. *N Engl J Med* 1983;308:880-883.
27. Spittell JA. Raynaud's phenomenon and allied vasospastic disorders. Chapter 18 in *Vascular diseases of diverse origin* pp 555-584.
28. Zamorra MR, O'Brien RF, Rutheford RB, Weil JV. Serum endothelin-1 concentrations and cold provocation in primary Raynaud's phenomenon. *Lancet* 1990;336:1144-47.

Kylans effekter på vasoaktiva faktorer hos kvinnor med och utan Raynauds fenomen

Jerzy Leppert, *Arbete och Hälsa* 1996;5:117-123.

Raynauds fenomen (RF) är ett tillstånd där kyla och/eller stark sinnesrörelse kraftigt reducerar blodgenomflödet i huden. Drygt 15 % av kvinnorna i åldern 18-59 år lider av dessa besvär. Etiologin av RF är fortfarande okänd. De senaste årens studier av Raynauds fenomen har gett oss nya perspektiv på mekanismen bakom vasospasm. Det är klarlagt att det rör sig om en mångfacetterad process, där både nervsystem (neuropeptider), endothel (kväveoxid) och elektrolytförändringar (kalcium och magnesium) samspelar. Fortsatta studier krävs för att närmare klarlägga sambanden mellan sympatiska nervsystemet, den endotheliala funktionen och förändringar i elektrolyterna.

Nyckelord: Raynauds fenomen, calcitonine gene related peptide (CGRP), cyclic guanosine monophosphate (cGMP), köldexposition, prevalens.

The effects of cold on vasoactive factors in women with and without Raynauds phenomenon

Jerzy Leppert, *Arbete och Hälsa* 1996;5:117-123.

Raynaud's phenomenon (RP) is characterised by cold-induced digital pallor followed by cyanosis and erythema. The aetiology is unknown and the prevalence of RP among women aged 18 - 59 in Sweden is 15,6 %. The pathophysiology of Raynaud's phenomenon is multifactorial and include such factors as: vascular and neurological. Last years studies confirm the importance of a number of new factors as: endothelial dysfunction expressed as impairment in L-arginine-NO-cGMP-pathway and blunted effect of calcitonine gene related peptide (CGRP) a potent vasodilator. Further study may show us which of those factors is of primary or secondary importance.

Key words: Raynaud's phenomenon, cold exposure, calcitonine gene related peptide (CGRP), cyclic guanosine monophosphate (cGMP), prevalence.

Diskussion

Ingvar Holmér

Förekommer Raynauds fenomen i populationer i varma länder?

Ja, Marique et al. publicerade en studie från North Carolina, där frekvensen av Raynauds fenomen låg på ca 4 %

Bengt W Johansson

Kan skillnaderna i frekvens av Raynauds fenomen mellan t ex North Carolina och Storbritannien bero på att man använt frågeformulär och att den högre utetemperaturen i North Carolina döljer en del symptom?

Både högre temperaturer dvs avsaknad av triggerfaktorer och dålig validering av frågeformuläret kan vara anledning till låga prevalens siffror.

P-O Granberg

Har du testat patienter med sequele efter KFI eller förfrysningsskada? Murray Hamlet har föreslagit behandling av dessa med exposition av kroppen till kyla med händerna i kallt vatten. Jag har själv sett positiva resultat av sådan terapi. Hamlet har också efterundersökt KFI-fall i Argentina efter Falklandskriget med kylexposition i kallt vatten. Märkligt nog fann han patologiska svar i en stor del av kontrollpersonerna. Är vissa personer predisponerade för kylskador?

Med prevalence siffror på 15 % bland kvinnor, bör finnas mellan 3-5 % män som är predisponerade för Raynaud.

Claes Lassvik

Finns Raynauds fenomen i fötterna? Finns bra mätmetoder för att värdera detta?

Ja, samma fenomen är känt även i örsnibbar och nästippar. Nej, idag finns inga valida metoder, anamnes är fortfarande det bästa.

Hans Lundgren

Är skillnaden mellan män och kvinnor vad gäller frekvens av primär Raynaud genetisk styrd?

Oklart i och med att det saknas genetiska studier, men verkar sannolikt.

Mikrokalorimetri och kylastudier

Mario Monti

Kalorimetri är en metodik för att mäta termiska effekter. Mikrokalorimetri innebär mätning av mycket små kvantiteter av energi/värme. Metoden har använts länge av kemister för att mäta intensitet av kemiska reaktioner eftersom alla processer i naturen åtföljs av utveckling eller absorption av värme. Mätning av värmemängder är således en generell analysmetod för registrering av olika typer av fysikaliska, kemiska eller biologiska processer. Redan för 200 år sedan har kalorimetri använts för att mäta värmeproduktion i små djur men det är bara under senaste 25 år som kalorimetri har använts i gradvis tilltagande grad i flera laboratorier för att mäta biokemiska processer i levande celler och vävnadsbitar.

Metodologi

Det finns flera typer av mikrokalorimetrar (14). En av de mest använda modellerna inom det biologiska området är instrument av värmeledningstyp (2) som har utvecklats på Termokemiska Laboratoriet, Kemikentrum, Lunds Universitet, som med mycket hög precision (några procent) kan mäta mycket små värmeeffekter (10^{-7} W) i små vävnadsbitar (2-3 mg) eller cellsuspensioner (10^{-6}) (6). Instrumenten som vi använder innehåller 4 kalorimetrar som opererar oberoende av varandra, således kan 4 mätningar genomföras samtidigt. Varje kalorimeter har två kärl innehållande ett icke reagerande system (vatten) och reaktionsmaterial. Värmeflödet från reaktionskärl ledes via en termoelementvägg till ett omgivande metallblock som tjänstgör som värmereservoar. Värmeflödet är direkt proportionellt till den potential (spänning) som genereras av termoelementen. Denna potential förstärkes och registreras. Den kalorimetriska mätningen kan ske statiskt, med reaktionsmaterialet introducerat i ett kalorimetriskt kärl, eller enligt flödessystem, där reaktionsmaterialet passerar flytande genom en kalorimetrisk kammare konstruerad som ett rör.

Mikrokalorimetri och cellmetabolism

Mätning av värmeproduktion ger möjlighet till en kvantitativ uppskattning av total cellmetabolism. Kvantitativ uppskattning av cellens metabolism har hittills skett genom mätning av syrekonsumtion. Denna metaboliska värdering tar inte hänsyn till att anaeroba processer är av betydelse och för vissa celler kan vara avsevärda, exempelvis för erythrocyter metaboliseras över 90 % av glukos anaerobiskt. Genom parallell mätning av värmeproduktion och syrekonsumtion kan det uppskattas hur mycket värme (=energi) som är relaterad till den aeroba respektive anaeroba metabolismen. Den anaeroba metabolismen kan också mätas kalorimetriskt genom att den totala värmeproduktionen först registreras och senare efter inhibition av glykolysen med tillägg av natriumfluorid till reaktionsmaterialet (18). Specifika processers betydelse för cellens energibalans kan också studeras, exempelvis NaK pumpen genom mätning av värmeproduktion före och efter inhibition av ATPas med ouabain (17). Pentosshuntens aktivitet i cellerna kan registreras genom kalorimetriska mätningar före och efter stimulering med metylenblått (11) och cell phagocytos genom stimulering med PMA (phorbolmyristatacetat) (1) eller zymosan (3).

Mikrokalorimetri/cellmetabolism och thyroideahormon

Inom det medicinska området har mikrokalorimetri använts för omfattande studier av thyroideahormonens verkningsmekanism på cellnivå. Detta beroende på att thyroideahormon är den viktigaste faktor som reglerar kroppens metabolism och således värmeproduktion och temperatur i cellerna.

Mikrokalorimetri har visat sig ha tillräcklig känslighet för att med adekvat tillförlitlighet påvisa effekter på cellnivå hos patienter med avvikande thyroideafunktion. Vid overt hypothyreos var värmeproduktion i trombocyter och i fettceller signifikant lägre än efter substitution med thyroideahormon (15). Förutom att demonstrera metodens förmåga att påvisa nedsatt metabol aktivitet på cellnivå vid detta tillstånd, framkom att restitutionen av cellfunktion inte sker inom samma tidsförlopp i alla vävnader. Således var fettcellsmetabolismen fortfarande subnormal då trombocyternas värmeproduktion normaliserats.

I erythrocyter från hyperthyroidea patienter har ökad värmeproduktion påvisats (10). Eftersom erythrocyter saknar cellkärna visar dessa fynd att thyroideahormon kan underhålla metabol stimulans även i avsaknad av kärnreceptorer, som anses vara huvudansvariga för mediering av thyroideahormoneffekt på cellen.

I humana lymfocyter, som anses ha kärnreceptorer för thyroideahormon, fann vi en signifikant positiv korrelation mellan thyroideahormonnivåer och värmeproduktion (16). I gruppen med subklinisk hyperthyreos (lågt TSH, lätt ökat FT4 men normal FT3) var värmeproduktionen inte signifikant skild från euthyreoida kontroller (16). Detta senare fynd är i överensstämmelse med att de ändringar i cirkulerande nivåer av prokollagen som sågs efter inledd substitution med thyroxin vid subklinisk hypothyreos inte verifierades vid senare uppföljning och ger stöd för att denna marginella ökning av FT4 inte behöver ha klinisk relevans.

Specifik stimulering av cellmembranens Na/K ATP-ase har ansetts ha stor betydelse för ökad cellulär termogenes vid hyperthyreos. I studier med ouabainhämning av Na/K ATP-ase i erythrocyter fann vi att det relativa bidraget från Na/K pumpen till cellernas totala värmeproduktion var av samma storleksordning före som efter behandling till euthyreoidism (7). Även i lymfocyter bekräftades samma bild (17). Tillsammans ger dessa data inte något stöd för den tidigare hypotesen om Na/K pumpens specifika betydelse för ökad cellulär kalorigenes vid hyperthyreos, vilket är i överensstämmelse med resultat från djurexperimentella undersökningar på lever- och muskelceller och med slutsatserna i en aktuell review.

En stimulerande effekt av thyroideahormon på syrgasförbrukning är välkänd medan effekten på anaerob förbränning inte varit kartlagd. Genom blockering av glykolysen fann vi att inte mindre än ca 60 % av den totala värmeproduktionen (och därmed metabolismen) i erythrocyter från hyperthyroidea patienter kan härledas till anaerob (Embden-Meyerhof) förbränning (8). I studier av lymfocyter från hyperthyroidea patienter fann vi att den energiförbränning som kan beräknas från separat uppmätt syrgasförbrukning (aerob förbränning) utgjorde ca 60 % av lymfocyternas totala värmeproduktion (18).

I undersökningen av erythrocyter fann vi att relationen mellan aerob och anaerob metabolism var densamma före och efter behandling för hyperthyreos (8). Thyroideahormon stimulerar således både aerob och anaerob förbränning. I erythrocyterna tycktes denna stimulering ske utan att den aeroba förbränningen specifikt stimulerades. Relationen mellan aerob och anaerob förbränning i lymfocyter har jämförts mellan patienter med kliniskt klar hyperthyreos, subklinisk hyperthyreos och kontrollgrupp (16). Av den totala värmeproduktionen kunde aerob förbränning förklara 58 %, 63 % resp 66 % i dessa grupper. Någon specifik ökning av det relativa bidraget från aerob metabolism fann vi således inte heller här.

Mikrokalorimetriska studier av temperatureffekt på cellmetabolism

Effekten av temperatur på cellmetabolism har studerats med mikrokalorimetri i flera humana celltyper. I erythrocyter fann vi gradvis stigande värmeproduktion (=cellmetabolism) inom det område där temperaturvariation har studerats,

25-32-37-42 °C (12). En liknande effekt fann vi i trombocyter (13), lymfocyter (5) och fettceller (9) inom samma temperaturområde.

Det är väl känt att variationer av kroppens temperatur kan påverka flera organfunktioner negativt, förmodligen beroende på förändringar av cellmetabolism. Hypothermi kan orsaka livsfarliga arytmier i humant hjärta.

Hibernatorer, igelkottar i synnerhet, är däremot resistenta mot dessa hypotermiska effekter, men mekanismen är oklar. Kalorimetriska studier har därför genomförts där värmeproduktion har mätts i hjärtmuskel av hibernatorer (sommars- och vinterigelkottar) och nonhibernatorer (marsvin och råtta) (4). Mätningar har skett vid två temperaturnivåer, 20 och

37 °C. Bidrag från Na/K pumpen till cellernas totala värmeproduktion har mätts före och efter hämning av Na/K ATPase med ouabain.

Resultaten tyder på högre energiproduktion och konsumtion i hjärtmuskel hos igelkottar jämfört med övriga djur. Variationen av total cellmetabolism och Na/K pumpens energi med temperaturförändring (temperaturkoefficient) var betydligt högre för igelkottar. Dessa resultat tyder på betydliga metabola skillnader i hjärtmuskeln mellan hibernatorer och nonhibernatorer; med högre metabolism och högre adaptionskapacitet för igelkottar i situationer (hypothermi) där metabolismen, och därmed energiproduktion, blir nedsatt.

Referenser

1. Eftimiadi C, Rialdi G. Increased heat production proportional to oxygen consumption in human neutrophils activated with phorbol-12-myristate-13-acetate. *Cell Biophys* 1982;4:231-234.
2. Görman-Nordmark M, Laynez J, Schön A, Suurkuusk J, Wadsö I. Design and testing of a new microcalorimetric vessel for use with living cellular systems and in titration experiments. *J Biochem Biophys Methods* 1984;10:187-202.
3. Ikomi-Kumm J, Ljunggren L, Monti M. Thermochemical studies of surface induced activation in human granulocytes in vitro. *J of Materials Science: Materials in Medicine* 1992;3:151-153.
4. Ikomi-Kumm I, Monti M, Hanson A, Johansson B W. Microcalorimetric study on myocardial metabolism in a hibernator and two nonhibernators at 20 °C and 37 °C. *Cryobiology* 1994;31:133-143.
5. Ikomi-Kumm I, Monti M, Wadsö I. Heat production in human lymphocytes 1984;44:745-752.
6. Monti M. Application of microcalorimetry to the study of living cells in the medical field. *Thermochim. Acta* 1990;172:53-60.
7. Monti M, Hedner P, Ikomi-Kumm J, Valdemarsson S. Erythrocyte thermogenesis in hyperthyroid patients: Microcalorimetric investigation of sodium/potassium pump and cell metabolism. *Metabolism* 1987;36 (2); 155-159.
8. Monti M, Hedner P, Ikomi-Kumm I, Valdemarsson S. Erythrocyte metabolism in hyperthyroidism: A microcalorimetric study on changes in the Embden-Meyerhof and the hexose monophosphate pathways. *Acta Endocrinol (Copenh)* 1987;115:87-90.
9. Monti M, Nilsson-Ehle P, Sörbris R, Wadsö I. Microcalorimetric measurement of heat production in isolated human adipocytes. *Scand J Clin Lab Invest* 1980;40:581-587.
10. Monti M, Wadsö I. Microcalorimetric measurement of heat production in human erythrocytes. II. Hyperthyroid patients before, during and after treatment. *Acta Med Scand* 1976;200:301-308.
11. Monti M, Wadsö I. Microcalorimetric measurements of heat production in human erythrocytes. Heat effect during methylene blue stimulation. *Scand J Clin Lab Invest* 1976;36:431-436.
12. Monti M, Wadsö I. Microcalorimetric measurements of heat production in human erythrocytes III. Influence of pH, temperature, glucose concentration, and storage condition. *Scand J Clin Lab Invest* 1976;36:565-572.
13. Monti M, Wadsö I. Microcalorimetric studies of human platelet metabolism at rest. Influence of pH, temperature, cell concentration, preparation methods and storage. *Scand J Haematol* 1977; 19:111-115.
14. Spink C, Wadsö I. In: Glick D (ed). *Methods of Biochemical Analysis*, Vol. 23. New York: John Wiley, 1976: 1-158.
15. Valdemarsson S, Fagher B, Hedner P, Monti M, Nilsson-Ehle P. Platelet and adipocyte thermogenesis in

- hypothyroid patients: a microcalorimetric study. *Acta Endocrinol* (Copenh.) 1985;108:361-366.
16. Valdemarsson S, Ikomi-Kumm J, Monti M. Thyroid hormones and thermogenesis. A microcalorimetric study of overall metabolism in lymphocytes from patients with different degrees of thyroid dysfunction. *Acta Endocrinol* 1990;123:155-160.
 17. Valdemarsson S, Ikomi-Kumm J, Monti M. Increased lymphocyte thermogenesis in hyperthyroid patients. Role of Na/K pump function. Evaluation of aerobic/anaerobic metabolism. *Acta Endocrinol* 1992;126:291-295.
 18. Valdemarsson S, Monti M. Increased ratio between anaerobic and aerobic metabolism in lymphocytes from hyperthyroid patients. *Eur J Endocrinol* 1994;130:276-280.

Mikrokalorimetri och kylastudier

Mario Monti, *Arbete och Hälsa* 1996;5:124-128.

Mikrokalorimetri är en metod för att mäta små kvantiteter av värme. Värmeproduktion i celler avspeglar pågående biokemiska processer. Vi har studerat total cellmetabolism och specifika processer i levande celler: aerob/anaerob metabolism, natrium-kalium pumpen, fagocytos i fysiologiska och patologiska tillstånd. Bl a har den använts för att studera thyroideahormonens verkningsmekanism vid thyroidealysfunktion. Resultat vid mätning av värmeproduktion i hjärtmuskel hos igelkottar vid hypotermi visar högre energiproduktion och konsumtion jämfört med kontrolldjur (marsvin och råtta). Dessa resultat tyder på metabola skillnader, högre adaptationskapacitet till hypotermi, som kan vara av betydelse i relation till igelkottarnas resistens till hypotermi-utlöst kammarflimmer.

Nyckelord: mikrokalorimetri, värmeproduktion, temperatur, hypotermi, cellmetabolism, thyroidealysfunktion, igelkott.

Microcalorimetry and cold studies

Mario Monti, *Arbete och Hälsa* 1996;5:124-128.

By microcalorimetry cellular metabolism can be monitored, in view of the fact that all biochemical processes are accompanied by either the production or absorption of heat. Heat production can measure total cell metabolism or specific metabolic cellular processes, such as aerobic/anaerobic metabolism, sodium-potassium pump, phagocytosis. Microcalorimetry has been applied to the study of living cells in the medical field and found to give useful informations in several pathological conditions; in thyroid dysfunctions the peripheral effect of thyroid hormone has been studied. The resistance of the hedgehog to hypothermia (capable to cause ventricular fibrillation) has been studied.

Keywords: microcalorimetry, heat production, temperature, hypothermia, cell metabolism, thyroid dysfunction, hedgehog.

Diskussion

Torstein Sjøvold

I samband med test av Na/K pumpen var resultaten ej signifikanta. Kan detta bero på stickprovsstorlekarna?

Resultaten är samma i flera projekt med olika celler (erythrocyter, lymfocyter) även i större grupper.

Ulf Bergh

Effektproduktionen uttrycks på olika sätt i olika figurer. Effekt per volymsenhet kan ibland vålla problem för tolkningen. Har detta någon betydelse i detta fall?

Mätning av värmeproduktion sker i celler i 1 ml cellsuspension och i vävnadsbitar av varierande vikt (ex hjärtmuskel ca 3 mg). I bilder som representerar kalorimetriska kurvor förekommer därför värden uttryckta i uW/ml cellsuspension. De slutliga resultaten efter uträkningar (beroende på antal celler i cellsuspensionen) som de står i tabeller, uttrycks i värmeproduktion per cell (undantag för erythrocyter där det uttrycks i värmeproduktion per 1 celler), eller värmeproduktion per mg vävnad. Således kalorimetriska värden uttrycks aldrig i W/volymenhet (cellsuspension)

Akut hjärtinfarkt och meteorologiska faktorer

Ole Hansen

Akut hjärtinfarkt innebär att en del hjärtmuskeln dör på grund av syrebrist. I merparten av fallen utgörs den bakomliggande sjukdomen av åderförkalkning i hjärtats kranskärl. Orsakerna till åderförkalkning i hjärtats kranskärl är ofullständigt kända, men ett flertal riskfaktorer har identifierats. Man vet således att vissa genetiska förhållanden, tobaksrökning, hög kolesterolhalt i blodet, högt blodtryck, m.fl. alla är associerade med en ökad risk för utveckling av åderförkalkning. Utveckling av åderförkalkning i hjärtats kranskärl uppfattas ofta som en kronisk process som pågår asymtomatiskt under många år, sannolikt decennier. Om symtom utvecklas kan dessa i kliniken presentera sig bl.a. som kärlkramp eller en akut hjärtinfarkt. Kärlkramp är en ofta ansträngningsutlöst kortvarig bröstsmärta beroende på en övergående syrebrist i hjärtmuskeln. Syrebrist kan principiellt uppkomma vid antingen ett ökat syrebehov som ej kan kompenseras vid en ökad syretillförsel eller vid en primärt sänkt syretillförsel. Faktorer av betydelse för hjärtats syrebehov är framförallt hjärtfrekvens, hjärtstorlek, blodtryck och hjärtmuskeln kontraktilitet, medan framförallt lumen i kransartärerna har betydelse för syretillförseln, som således kan minska om kranskärlen förträngs av antingen åderförkalkning eller spasm i kärlväggen. Om syrebristen i hjärtmuskeln är tillräckligt utbrett och långvarig utvecklas en permanent skada på hjärtmuskeln eller med andra ord en hjärtinfarkt. Vid en akut hjärtinfarkt finns oftast även en blodpropp i kranskärlen. När en blodpropp bildas ändras oftast patientens symtombild hastigt och radikalt. Vad som förorsakar blodproppsbildningen och patientens symtomförändring är fortfarande ofullständigt känt, men i den akuta "trigger"-mekanismen är sannolikt andra faktorer involverade utöver de sedvanliga riskfaktorerna för åderförkalkning.

Det är ett sedan länge känt fenomen att patienter med kärlkramp ofta upplever ökade besvär vid kall och blåsig väderlek och med tanke på hjärtinfarktsjukdomens nära patobiologiska samband med kärlkramp, är det närliggande att förmoda en viss inverkan av vädret även på risken för insjuknande eller död i hjärtinfarkt. Observationer gjorda i jämförande internationella epidemio-logiska undersökningar antyder dessutom en möjlig effekt av kyla på hjärtinfarktfrekvensen då man iakttagit en större förekomst av hjärtinfarkt i t.ex. de nordiska länderna än i medelhavsländerna (10). Denna ökade förekomst har ej tillfredsställande förklarats av skillnader i de vanligaste accepterade riskfaktorerna för hjärtinfarkt.

Metoder

Effekten av framförallt kyla, men även andra meteorologiska faktorer, på hjärtat och risken för hjärtinfarkt har undersökts i olika studier. Studierna kan principiellt uppdelas i:

- 1) studier som undersöker effekten av kyla på patofysiologiska mekanismer. Man har här använt sig av olika provokationstester som t.ex. cold-pressor test, hudavkylning eller kall luft inhalation och har studerat effekten på blodflödet till hjärtmuskeln vid invasiva hjärtundersökningar eller olika isotopundersökningar. Effekten på faktorer för blodets koagulation eller flödesegenskaper har också kontrollerats.
- 2) epidemiologiska studier där hjärtinfarktfrekvensen regionalt eller lokalt har korrelerats till meteorologiska variabler över en kortare eller längre tidsperiod.

Fynd

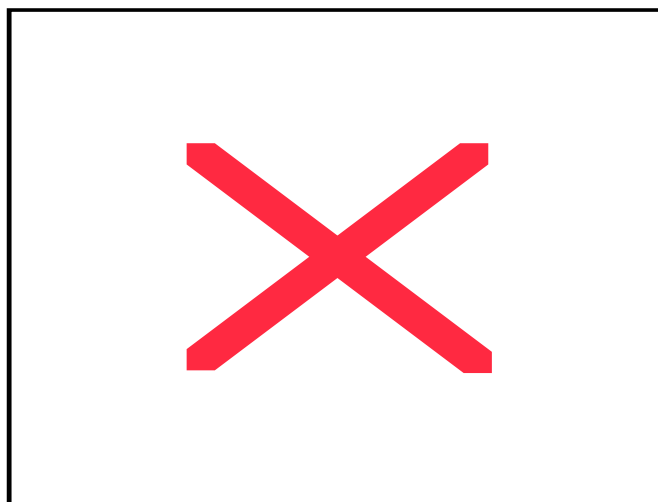
I en mindre studie av Kern och medarbetare (5) undersöktes effekten av exposition av händer och underarmar för isvatten i 60 sekunder på blodflödet i hjärtats kranskärl. Isvatten fungerade som ett sympaticusstimulus med efterföljande blodtrycks- och pulsstegring med därav följande ökat syrebehov för hjärtmuskeln. Hos friska personer utan åderförkalkning i kranskärlen sågs en ökning i flödet i kranskärlen, medan flödet förblev oförändrat hos patienter med åderförkalkning, beroende på ett ökat flödesmotstånd, sannolikt på basen av ökad muskelspänning i kärlväggen.

Ett observandum var att behandling med betablockeraren propranolol, en medicin som ofta föreskrivs till hjärtpatienter, var förenad med en reduktion i blodflödet i kranskärlen under kylaexpositionen. Petersen och medarbetare (8) observerade i sin studie på patienter med genomgången hjärtinfarkt, att inhalation av kall luft (-22 °C) under arbetstest på ergometercykel ökade graden av regional syrebrist i hjärtmuskeln. Man fann dessutom att inhalation av kall luft var förenad med en signifikant ökning i halten av endothelin i blodet under arbetet. Endothelin är ett hormon med kraftigt kärlkontraherande egenskaper och författarna föreslog att den ökade syrebristen under arbetet berodde på en ökad konstriktion av vissa kranskärl, eventuellt framkallad av endothelin.

Att kyla eventuellt kan ha betydelse för blodets förmåga att koagulera och bilda blodproppar framhävs i en studie av Keatinge och medarbetare (4). Man undersökte 8 friska försökspersoner och fann att avkylning av huden med hastigt luftbyte vid 24 °C ökade blodets viskositet och dess innehåll av blodplättar. Författarna menade att förändringarna var av sådan karaktär att de kunde förklara den ökande dödligheten i blodproppar i hjärta och hjärna som tydligen är beskriven i England under vinterhalvåret.

En säsongsvariation i dödligheten i ischemisk hjärtsjukdom med högre dödlighet under vinterhalvåret har iakttagits inte bara i England utan också i andra europeiska länder och i länder på den södra hemisfären (11). Däremot har det från Kuwait beskrivits en ökad incidens och en ökad dödlighet i hjärtinfarkt under en varm och torr sommar (1), och i andra studier har ingen signifikant säsongsvariation observerats (9). Ett flertal studier från olika länder har dessutom visat på regionala skillnader i förekomst och dödlighet i ischemisk hjärtsjukdom (6) och det har i en svensk studie (2) visats att ett beräknat köldindex var den starkast förklarande faktorn för de regionala variationerna i dödlighet i kranskärlssjukdom i Sverige. Ytterligare två svenska studier skall kort omtalas här. I vår egen studie från Malmö (3) undersökte vi sambandet mellan insjuknandet i akut hjärtinfarkt, säsong och ett antal meteorologiska variabler. Vi inkluderade 3713 hjärtinfarkter sjukhusvårdade mellan januari 1976 och december 1980. Studiepopulationen bedömdes som representativ och inkluderade såväl hjärtinfarkter diagnosticerade med kliniska kriterier som anamnes, EKG och enzymanalyser som hjärtinfarkter upptäckta vid obduktion.

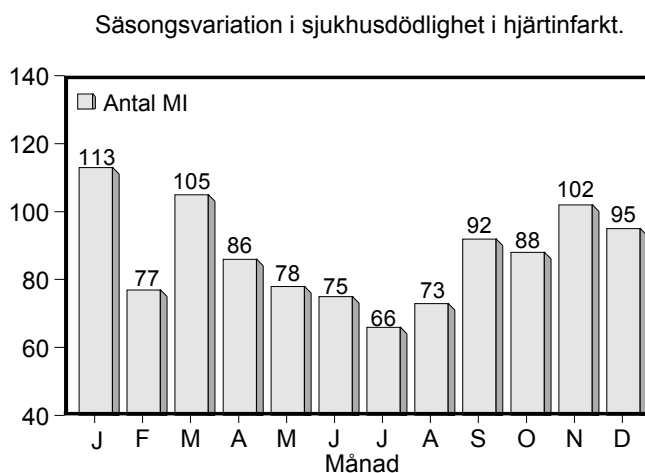
För samma tidsperiod inhämtades vid SMHI detaljerade data om lufttemperatur, lufttryck och luftfuktighet för Malmö. Analysen av relationen mellan infarktinsjuknande och de meteorologiska variablerna strukturerades som en generell linjär modell (GLIM) med månad som faktor och lufttemperatur, lufttryck och luftfuktighet som kovariater. Vi fann att infarktinsjuknandet över året avvek signifikant från det förväntade om infarktinsjuknandet kan antas vara oberoende av tiden och observerade klart flera hjärtinfarkter än förväntat i januari, mars och oktober, medan färre hjärtinfarkter än förväntat observerades i februari och juli (figur 1). Av alla hjärtinfarkter inträffade



Figur 1.

23 % under sommaren (juni, juli, august), 26 % under våren (mars, april, maj), 26 % under hösten (september, oktober, november), och 26 % under vintern (december, januari, februari). Antalet dödsfall i hjärtinfarkt uppvisade också en signifikant månadsvariation med en tendens till ökad dödlighet under vintern och en minskad dödlighet under sommarmånaderna. I vår statistiska modell fann vi att lågt lufttryck var nästan signifikant ($p < 0,06$) associerat med en ökad frekvens av akut hjärtinfarkt under hela året, och att det fanns en signifikant interaktion mellan säsongen och effekten av lufttemperaturen på infarktinsjuknandet, således att det förelåg en nästan statistisk signifikant invers relation mellan lufttemperatur och infarktinsjuknandet under de fyra kallaste månaderna (november, december, januari och februari).

I en mindre studie från Örebro (7) inkluderades totalt 382 patienter under 70 år med akut hjärtinfarkt. Endast patienter vårdade under kalla månader (oktober-april) under tre konsekutiva år inkluderades. Dag-till-dag variationer i hjärtinfarktsfrekvens korrelerades till ändringar i vädret med avseende på temperatur, vindstyrka, lufttryck och nederbörd. Konklusionen på studien blev att väderförhållanden ej tycks vara av större betydelse för insjuknandet i akut hjärtinfarkt.



Figur 2.

Metodologiska problem

Det är välkänt inom klinisk epidemiologisk forskning att nationella och internationella skillnader i diagnostik, definition och klassificering i betydande omfattning kan invalidisera jämförande studier och leda till divergerande slutsatser kring trender och kausalitet. Oftast undersöks endast sjukhusvårdade hjärtinfarkter, vilka i sig utgör en selektion av det totala antalet hjärtinfarkter eftersom sannolikt minst 25 % av alla hjärtinfarkter ej ger typiska symtom och rätt diagnos. Om dessa tysta hjärtinfarkter avviker från symptomgivande hjärtinfarkter i etiologi och patogenes föreligger det en alldeles uppenbar risk för allvarlig bias i de aktuella studierna. I många studier finns det dessutom ej möjlighet att på ett adekvat sätt korrigera för andra riskfaktorer för hjärtinfarkt och det kan även föreligga skillnader i medicinsk terapi och prevention som påverkar studieresultaten. För hjärtinfarktsjukdomen har det dessutom noterats en klar sekulär tidstrend i incidensen samt en cirkadisk variation i insjuknandet som eventuellt ej har uppmärksamats tillräckligt i tidigare utförda studierna. De kliniskt epidemiologiska studierna undersöker i princip effekten av vädret på stora grupper av människor som sannolikt i olika omfattning exponeras för kyla (och andra riskfaktorer) varför man ej med säkerhet vet om patienterna med hjärtinfarkt har, eller ej har, utsatts för en eventuell ogynnsam inverkan av vädret. I endast begränsad omfattning har möjliga interaktioner mellan olika meteorologiska variabler undersökts, liksom effekten av relativa förändringar i samma variabler. Möjligheten av en eventuell inkubationstid efter ändringar i vädret och infarktinsjuknande har ej heller undersökts i tillräcklig omfattning.

Konklusion

Mekanistiska studier utförda i laboratoriet tycks således indikera att kyla kan öka risken och graden av syrebrist i hjärtmuskeln och även öka förutsättningarna för en akut blodproppsbildning. Däremot har det i kliniskt epidemiologiska studier varit svårt att identifiera ett säkert och konsistent samband mellan vädret (spec. kyla) och insjuknande i akut hjärtinfarkt. Inkonsistensen mellan olika studier behöver dock ej nödvändigtvis bero på avsaknad av ett kausalt samband mellan hjärtinfarktinsjuknande och meteorologiska variabler, utan kan eventuellt bero på skillnader i metodologi, patientselektion, studie design m.m. och torde således motivera och inspirera till fortsatt forskning inom området.

Referenser

1. Al-Yusuf AR, Kolar J, Bhatnager SK. Seasonal variation in the incidence of unstable angina and acute myocardial infarction: effect of dry hot climate on the occurrence of complications following acute myocardial infarction. *J Trop Med Hyg* 1986;89:157-161.
2. Gyllerup S. *Cold as a risk factor for coronary mortality*. Thesis. Lunds University 1991.
3. Hansen O, Johansson BW, Gullberg B. Acute myocardial infarction: Seasonal and circadian variation and the relation to meteorological variables. *Progress in Biometeorology* 1991;8:99-108.
4. Keatinge WR, Coleshaw SRK, Cotter F, Mattock M, Murphy M, Chelliah R. Increases in platelet and red cell counts, blood viscosity, and arterial pressure during mild surface cooling: factors in mortality from coronary and cerebral thrombosis in winter. *BMJ* 1984;289:1405-1408.
5. Kern MJ, Ganz P, Horowitz JD, Gaspar J, Barry WH, Lorell BH, Grossman W, Mudge GH. Potentiation of coronary vasoconstriction by beta-adrenergic blockade in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1983;67:1178-1185.
6. Lloyd EL. The role of cold in ischemic heart disease: a review. *Public Health* 1991;105:205-215.
7. Ohlson C-G, Bodin L, Bryngelsson I-L, Helsing M, Malmberg L. Winter weather conditions and myocardial infarctions. *Scand J Soc Med* 1991;19:20-25.
8. Petersen CL, Hansen A, Frandsen E, Strange S, Jonassen O, Nielsen JR, Dige-Petersen H, Hesse B. Endothelin

release and enhanced regional myocardial ischemia induced by cold-air inhalation in patients with stable angina. *Am Heart J* 1994;128:511- 516.

9. Ruscone TG, Crosignani P, Micheletti T. Meteorological influences on myocardial infarction in the metropolitan area of Milan. *Int J Cardiol* 1985;9:75-87.
10. Tunstall-Pedoe H, Kuulasmaa K, Amouyel P, Arveiler D, Rajakangas A-M, Pajak A. Myocardial infarction and coronary deaths in the World Health Organization MONICA project. *Circulation* 1994;90:583-612.
11. Vuori I. The heart and the cold. *Ann Clin Res* 1987;19:156-62.

Akut hjärtinfarkt och meteorologiska faktorer

Ole Hansen, *Arbete och Hälsa* 1996;5:129-134.

Akut hjärtinfarkt innebär att en del av hjärtmuskeln nekrotiserar p.g.a. syrebrist. I kontrollerade experiment har exposition för kyla av hjärtpatienter visats framkalla syrebrist i hjärtmuskeln och i vissa epidemiologiska och kliniska studier har ett samband mellan lufttemperatur och insjuknande och dödlighet i hjärtinfarkt påvisats. Det finns dock också studier som ej lyckats påvisa ett sådant samband, vilket ej nödvändigtvis beror på en ringa effekt av vädret på frekvensen av hjärtinfarkt, men även till viss del illustrerar de stora metodologiska problem som är förenade med epidemiologiska studier av nämnda karaktär.

Nyckelord: hjärtinfarkt, kyla, epidemiologi.

Acute myocardial infarction and meteorological factors

Ole Hansen, *Arbete och Hälsa* 1996;5:129-134.

Acute myocardial infarction is defined as an ischemic necrosis of the myocardium. In the experimental setting cold has been shown to provoke myocardial ischemia and some epidemiological and clinical studies have suggested that cold may play a role in the pathogenesis of myocardial infarction. The results from different studies are, however, not consistent, which may be due not necessarily to a weak effect of weather on the incidence of myocardial infarction, but also in part to methodological limitations.

Keywords: myocardial infarction, cold, epidemiology.

Diskussion

Jan Mattsson

Det förvånade mig en smula att effekten av kombinationen vind/temperatur (vindavkylning) ej framträdde klart i kartan över hjärtinfarktfrekvenser i Sverige. Så är t ex kust- och slättområdena i Sydsverige, där kraftig vindavkylning kan förväntas, ej särskilt framträdande i kartan. I histogrammen över årsfördelningen av hjärtinfarkter i Malmö-materialet förekom dock sekundära höst- och vårmakima som möjligen kan sättas i förbindelse med kraftig vindavkylning, statistiskt dokumenterad för dessa perioder i andra sammanhang (byggnadsklimatologi). Slutligen frapperades jag av att det lokalkontinentala sydsvenska höglandet ej heller särskilt framstod i kartan. Tacksam för dina kommentarer till dessa iakttagelser.

Frågan om regionala skillnader i infarktfrekvens låter jag gärna gå vidare till nästa föreläsare Staffan Gyllerup, som nog kommer att diskutera den frågeställningen ingående. Det är inte alls osannolikt att inklusion av flera meteorologiska variabler och härunder effekten av kraftig vindavkylning kunde hjälpa till att förklara den i vår studie påvisade månadsvariationen i infarktfrekvens.

Hans Lundgren

Lufttrycket visar i Malmöstudien en viss risk för infarktutveckling. Vilka patofysiologiska mekanismer? Finns andra publikationer som visar liknande?

I en finsk undersökning publicerad av Sarna, Romo och Siltanen, 1977, var lufttrycket starkast av alla inkluderande meteorologiska variabler korrelerat till frekvensen av hjärtinfarkt. När lufttrycket sjönk under 1000 mb noterades en ökad frekvens av hjärtinfarkter. I intervallet 996-1000 mb fanns 33 % fler hjärtinfarkter än förväntat. Mekanismen ej klar, men effekten tycks förstärkas av låg lufttemperatur och ökad luftfuktighet.

Kan den ökade förekomsten av övre luftvägsinfektion, bronkit och pneumoni under vinterhalvåret vara en förklaring till den ökade incidensen av infarkt under vinterhalvåret?

Kanske. Om incidensen av två sjukdomar ökar eller varierar parallellt, kan det bero på att sjukdomarna har gemensamma etiologiska och patogenetiska faktorer, att den ena sjukdomen påverkar förekomsten av den andra, slumpen, eller en kombination av nämnda mekanismerna. I vissa fall kan sannolikt svåra infektioner öka risken för hjärtinfarkt eller öka mortaliteten för redan manifesta hjärtinfarkter.

Helge Brändström

Koronarflödet minskar vid kyla kombinerat med beta-blockad. Kyla är den dominerande vädertypen åtminstone halva året i norra Sverige. Hur väga risken med beta-blockad mot vinsten med avseende på den minskade koronargenomblödningen?

Det är klart visat att behandling med betablockerare efter genomgången hjärtinfarkt minskar risken för reinfarkt och reducerar dödligheten. Mest övertygande effekt har visats med den oselektiva beta-blockeraren timolol i en stor norsk preventiv studie. Även en del av de norska patienterna torde vara exponerade för kyla, men om kyla hade betydelse för studiens resultat känner jag inte till. Möjligtvis har beta-blockad gynnsamma effekter som överstiger en eventuell negativ inverkan på koronarflödet.

Vad gäller för selektiva beta-blockerare?

Selektivitet är en relativ term. Även med "selektiva" beta-blockerare uppnås i kliniken en viss grad av beta-2-receptorsblockad och således, åtminstone teoretisk möjlighet för stress- och kylaindicerad vasokonstriktion via alfa-receptorerna.

Staffan Gyllerup

Kan den minskade infarktincidensen under ledigheter i februari och juli vara ett uttryck för att man inte söker sjukvård då man är upptagen av annat? Det är ju få besök på akutmottagningen vid vissa tillfällen som t ex under TV-sändningen av Eurovisionsschlagerfinalen?

Förmodligen inte. Kanhända TV-sändningen kan senarelägga besök på akutmottagningen, men våra data är framtagna på månadsbasis och torde vara mindre känsliga för ovannämnda mekanism.

Angina pectoris och kyla

Claes Lassvik

Patienter med angina pectoris anger ofta att deras symtom förvärras i kyla, särskilt vid blåst (8). Flera studier på patienter med anamnes på köldintolerans har också visat att köldexposition inducerar angina tidigare och minskar arbetskapaciteten (1,2,4,15-18,24,28). Om man studerar oselektade patienter kan man dock finna att försämringen endast drabbar en subgrupp (13, 21), men även vid klar subjektiv köldintolerans kan man ej alltid objektivisera detta i laboratorie-situationen (14-18).

Köldexposition ger alltid en förhöjning av det systoliska blodtrycket, SBP, eller medelblod-trycket, både hos normala individer (12) och hos patienter med angina (1,2,4,6,15-18,24,28). Detta medför att hjärtats arbete ökar (7). En annan faktor vid bedömning av hjärtats arbete är hjärtfrekvensen, HR (7). Denna kan också ändras i kyla jämfört med vistelse i normalt rum, men man har rapporterat varierande fynd i olika studier. I egna studier (1, 16-17) påvisades ökad HR under arbete i kyla hos vissa köldkänsliga patienter, medan andra antingen ej har funnit någon skillnad (6,13) eller t.o.m. funnit lägre HR under arbete i kyla (26).

I ett aktuellt arbete (21) fann man att HR vid köldexposition låg klart högre under arbete hos subjektivt köldkänsliga individer med koronarinsufficiens. Man fann dessutom en abnorm reaktion vid ortostatiskt prov med större sänkning av SBP än hos icke köldkänsliga individer. Detta kan tolkas som att baroreceptorreflexen ej fungerade normalt hos de köldkänsliga med utebliven sänkning av HR vid köldutlöst hypertension. Detta utesluter dock ej att sympatikuspåslaget kan vara större hos köldkänsliga och "överrida" baroreceptor-reflexen. Detta arbete ger alltså stöd åt de fynd som tidigare redovisats av oss.

En annan orsak till köldkänslighet kan vara vasokonstriktion i koronarkärlen. En sådan mekanism kan tänkas föreligga hos patienter som får angina vid första kontakten med kyla, utan föregående ansträngning (8). Vid s.k. cold pressor test, där man kyler ena handen och underarmen i kallt vatten, kan koronarspasm utlösas (22,25). Under arbete tycks spasm i koronarkärlen ej vara en faktor av betydelse (27).

En isolerad nedkylning av ansiktet ger perifer vasokonstriktion och en reflektorisk bradykardi i vila, men betydelsen av detta under arbete har ej visats. Däremot har man visat att inhalation av kall luft kan inducera tidigare angina pectoris redan vid -15 °C (5) utan att ändra HR, SBP eller perifera vasoaktiva peptider som endothelin-1 och angiotensin-II. Detta ger alltså misstanke om att centrala (kardiella) mekanismer spelar roll vid inhalation av kall luft. Vid inhalation av mycket kall luft (-35 °C) sker förändringar av HR och SBP som vid hudnedkylning hos känsliga individer (17). Ej heller i denna situation tycks dock ändringar i det "yttre hjärtarbetet" (HR, SBP) kunna förklara hela försämringen i arbetsförmågan.

Betydelsen av emotionella faktorer får ej glömmas. I en tysk studie (3) fann man svårförklarade reaktioner i kyla och drog slutsatsen att s.k. psyko-vegetativa faktorer kan spela en stor roll, där den angina drabbades rädsla för kyla kan vara en förklaring till subjektiv köldkänslighet.

Fysiologi i kyla

Kyla aktiverar köldreceptorerna i hud och andra exponerade organ och ger en generell aktivering av sympatikus. I vissa fall kan parasympatikus stimuleras, t.ex. vid nedkylning av ansiktet (dykreflexen). Artärblodtrycket (afterload) stiger på grund av en stimulation av alfa-1-receptorerna i perifera kärl, med lokal frisättning av noradrenalin.

Sympatisk aktivering kan också orsaka takykardi och ökad kontraktilitet som resultat av en stimulation av beta-1-receptorer i hjärtat. En stimulation av baroreceptorerna torde ge en reflektoriskt ökad vagustonus. Det är dock möjligt att denna effekt på hjärtat kan motverkas av det ökade sympatikuspåslaget. Vid längre exposition för kyla ökar hjärtminutvolymen som en följd av ökad slagvolym (9). Binjurerstimulation kan tänkas ge adrenalinfrisättning, troligen dock ej av någon större omfattning (29) i vila, möjligen under arbete.

Kyla ger generell vasokonstriktion i både artärer och vener. Effekter av detta är dels

- 1) att blodet transporteras från huden in i djupare belägna organ, speciellt i extremiteterna,
- 2) att en värmebesparing kan ske genom motströmsuppvärmning av venblod från artärerna, och
- 3) att den cirkulerande blodvolymen centraliseras till bålen, vilket senare ger ökat venöst återflöde (preload) till hjärtat.

Den arteriella vasokonstriktionen ger alltså i första hand ökat perifert motstånd och blodtrycksförhöjning.

Egna arbeten om angina pectoris och kyla

I en avhandling 1979 i Linköping (14) framlades resultaten av försök att klarlägga vissa grund-fenomen vid köldexposition. Undersökningarna gjordes i en avancerad klimatkammare på Flygmedicinska Institutionen på FOA 59, Malmslätt, ca 5 km från sjukhus, varför tonvikten lades vid att standardisera och kontrollera försökssituationerna.

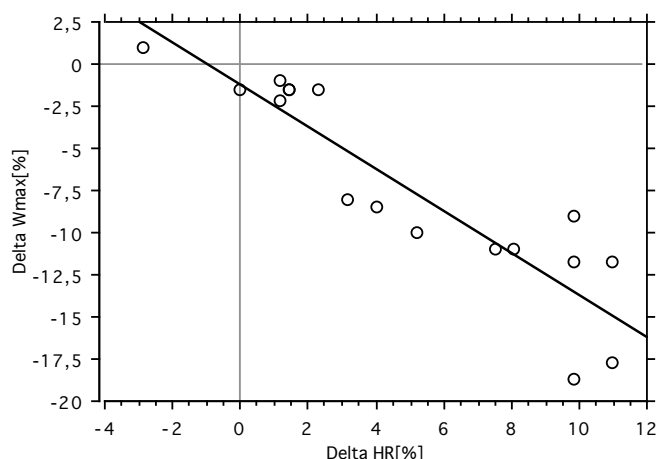
Av tvång var mätmetoderna enkla men användes desto noggrannare. Hjärtfrekvensen mättes på kontinuerligt ekg. Trots analogt ekg kunde ekg-reaktionen bedömas bra då köldskakningar kunde undvikas. Det systoliska blodtrycket mättes med manschett och radialisdoppler, det senare pga hög ljudnivå och för att skydda armen mot oönskad nedkylning. Subjektiva reaktioner angavs med Borgskalor. Tiden till anginadebut och angina pectoris grad 5/10 = stark smärta noterades; det senare var även stoppkriterium och var dessutom viktigaste variabeln för att bedöma reproducer-barhet i normal rumstemperatur (15).

Vid förförsök befanns att en normalt "köldkänslig" patient påverkades tämligen obetydligt vid temperaturer omkring 0 °C, även vid vind på 2-5 m/s. Försökssituationen valdes därför till -10 °C med vind i medeltal ca 2 m/s på framsidan av kroppen, och vindgenomsläppliga kläder. Nedkylningen av huden mättes till i medeltal drygt 5 °C på huden motsvarande ett wind chill index på 950, dvs "kallt" (19).

Ett viktigt mål var att särskilja effekter av hudnedkylning och effekter av nedkylning av luftvägarna.

Inandningsluft och omgivningsluft separerades därför med ett slangsystem och fyra försökssituationer skapades, med temperaturer i rummet (huden) och i inandningsluft respektive 20/20 °C, -10/20 °C, 20/-10 °C och -10/-10 °C. Av praktiska skäl gjordes alla undersökningar samma dag med ca 30 min intervall. I förförsök i rumstemperatur befanns reproducerbarheten vara tillfredsställande (15), men för säkerhets skull gjordes försöken i kyla två dagar med omvänd ordningsföljd för att minska risken för uppvärmnings- eller ordningsföljdseffekter. Det första arbetet för dagen gjordes dessutom i normal temperatur och användes ej i resultatbearbetningen ("uppvärmningsprov"). Detta tycks ha varit välbetänkt med tanke på aktuella rön om effekter av uppvärmning på angina pectoris (21).

Vid analys av primära data visade det sig att andningsluft på -10 °C endast påverkade ett fåtal individer, varför en ny försöksomgång med kallare luft genomfördes, nu i området -35 °C till -42 °C. Slutligen gjordes försök med gradvis ändring av rumstemperaturen, från 20 °C till -10 °C).



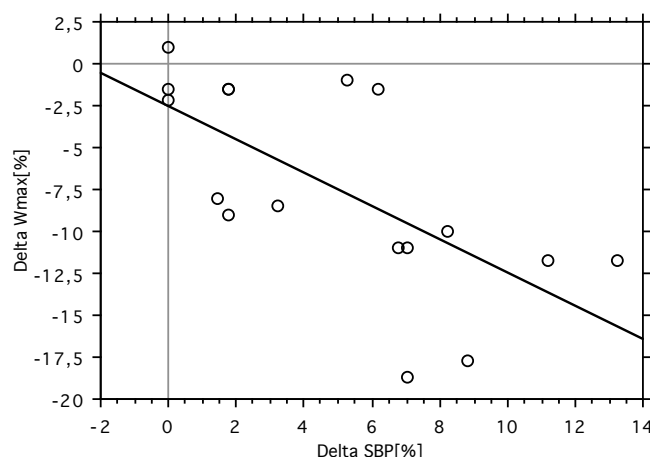
Figur 1. Hudnedkylning (-10 °C): ändring i maximal arbetsförmåga relativt ändring i hjärtfrekvens (HR) på submaximal nivå (4,5 min). ($r=-0,89$, $P<0,001$).

Material och metodik

En enkät genomfördes först på femtio konsekutiva patienter med stabil angina pectoris, diagnostiserad vid arbetsprov. De flesta av dessa ($48/50 = 96\%$) ansåg sig köldkänsliga. 17 patienter (män enbart, pga svårighet att rekrytera kvinnliga försökspersoner) med klar subjektiv köldkänslighet och stabil angina sedan minst 12 månader undersöktes därefter i kyla med följande metodik: sittande cykelarbete, kontinuerlig individuell belastningsökning från 50W, arbetstid uttestad till 5-8 min i normal rumstemperatur. Maximal arbetsförmåga i normal temperatur var i medeltal 105 W (range 70-150 W) till medelsvår angina (grad 5/10 enligt Borg) och ST-sänkning på i medeltal 2,5 mm (range 2-6 mm). Sex prekordialavledningar registrerades kontinuerligt medan systoliskt överarmstryck mättes diskontinuerligt med manschett och radialisdoppler.

Resultat

Vid arbete med sänkt rumstemperatur till -10 °C, dvs **hudnedkylning**, minskade tiden till angina och maxtid (till bröstsmärta grad 5/10) med 8 resp. $7 \pm 1\%$ (medel $\pm$ SEM) för hela gruppen. Två grupper identifierades: en köldkänslig grupp ($n=10$) som sänkte anginatid resp maxtid med $14 \pm 2\%$ resp $11 \pm 1\%$ och en icke-köldkänslig grupp ($n=7$) som ej ändrade arbetsförmågan ($-1 \pm 0\%$). Ingen skillnad sågs med varm eller kall andningsluft.



Figur 2. Hudnedkylning (-10 °C): ändring i maximal arbetsförmåga relativt ändring i systoliskt blodtryck (SBP) på submaximal nivå (4,5 min). ($r=-0,48$, $P<0,05$).

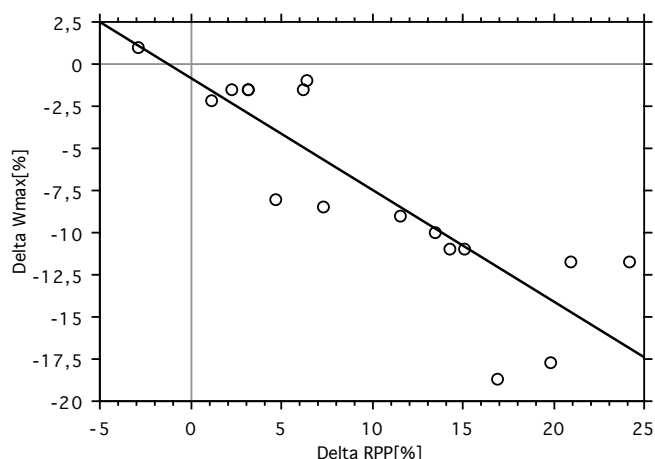
Den köldkänsliga gruppen hade högre HR, SBP och rate pressor product, $RPP = HR \times BP$, än de icke känsliga individerna. Dessutom sågs signifikant (invers) korrelation mellan ändringen i maxarbete och ändringen i HR, BP och RPP på submaximal belastning (se figurerna 1-3). Detta tyder alltså på att ändringen i HR och BP förklarar försämringen i kyla. Dessutom var RPP vid maxarbete oförändrad för alla patienterna talande för oförändrat yttre hjärtarbete vid avbrytandet. ST-sänkningen vid max arbete var samma i kall och varm miljö talande för oförändrad grad av myokardiell ischemi.

Intressant är att den köldkänsliga gruppen hade snabbare smärtåtergång efter arbete i kyla (-14 ± 6 %) jämfört med både sig själva i värme och jämfört med den icke-känsliga gruppen i kyla (som förlängde tiden för smärta efter arbete $+10 \pm 9$ %). Både grupperna använde betablockare i samma grad (5 resp. 3 patienter). En möjlig förklaring till detta fynd i den köldkänsliga gruppen är att det högre blodtrycket efter arbete medförde högre perfusionstryck i koronarkärlen med minskad ischemi.

Inhalation av kall luft (-10 °C) påverkade ej arbetsförmågan signifikant; endast enstaka individer fick lätt sänkt anginatolerans. Med **mycket kall inhalationsluft (-35 °C)** sjönk arbetsförmågan på samma sätt som i sänkt rumstemperatur (-10 °C). HR och SBP ändrades på likartat sätt fast i lägre grad.

Sammanfattningsvis sågs i kyla:

- lägre arbetsförmåga i kallt rum (-10 °C) hos drygt varannan individ (60 %), som alltså i dessa undersökningar kunde definieras som köldkänsliga patienter (alla var anamnestiskt köldkänsliga utomhus i kallt väder)
- obetydlig skillnad i arbetsförmåga vid inandningsluft på -10 °C
- signifikant ändring med mycket kall inandningsluft (-35 °C)
- oförändrat yttre hjärtarbete (RPP) och oförändrad ischemi (ST-sänkning) vid maxarbete
- högre HR och SBP på submaximalt arbete hos de köldkänsliga både i kallt rum och med mycket kall inandningsluft
- god korrelation mellan förändring i arbetsförmåga och förändringar i HR, SBP och RPP på submaximalt arbete, både i kallt rum och vid inhalation av mycket kall luft.



Figur 3. Hudnedkylning ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$): ändringen i maximal arbetsförmåga relativt ändringen i rate pressure product ($\text{RPP}=\text{HR}\times\text{SBP}$) på submaximal nivå (4,5 min). ($r=0,67$, $P<0,01$).

Detta pekar på att en ökning av hjärtats yttre arbete var den direkta orsaken till sänkt arbetsförmåga i kyla hos de köldkänsliga individerna. Både blodtrycket och hjärtfrekvensen var högre hos de köldkänsliga i kyla, vilket tyder på såväl större sympatikusaktivitet som sämre funktion i baroreceptorreflexen. Intressant var också att anginan återgick snabbare hos de köldkänsliga efter arbete och att detta visade samband med ett högre blodtryck efter arbete. Detta pekar på betydelsen av blodtrycket för perfusionstrycket i koronarkärlen.

I en annan studie (26) såg man förbättrad arbetsförmåga under arbete i kyla hos en grupp köldkänsliga individer där 8/9 hade betablockad. De uppvisade såväl högre systoliskt och diastoliskt blodtryck som lägre pulsfrekvens under arbete. En möjlig effekt är att ohämmad α_1 -stimulation gav så högt blodtryck att baroreceptorhämningen trädde in och sänkte HR. Förlängd diastole och höjt perfusionstryck skulle alltså kunna förklara förbättringen i kyla jämfört med normal rumtemperatur. Kombinationen av bradykardi pga betablockad och köldutlöst hypertension kan alltså tänkas vara av värde i kyla.

Vid inandning av $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ luft sågs förändringar av anginatolerans, hjärtfrekvens och systoliskt blodtryck av samma typ som vid nedkylning av huden hos köldkänsliga individer. Blodtrycks-stegringen var dock mindre under arbete jämfört med hudnedkylning i $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Att reaktions-mönstret var av samma typ tyder på att samma fysiologiska mekanismer verkar vid både hudnedkylning och nedkylning av luftvägarna (stimulation av köldreceptorer med sympatisk aktivering, vasokonstriktion med blodtryckshöjning, stimulation av baroreceptorerna mm).

Inandning av $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ luft (17) gav dock endast obetydliga förändringar av undersökta variabler, med lätt sänkt anginatolerans endast hos någon enstaka individ. Ej heller i en studie av Dodds et al (5) med inhalation av $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ luft såg man någon signifikant ändring av hjärtfrekvens eller blodtryck, däremot sänktes anginatoleransen under arbete. Man har därför anledning att misstänka att någon ytterligare mekanism kan vara av betydelse vid inhalation av kall luft, tex en förändring av blodflödet i koronarkärlen. En faktor av betydelse kan vara vilken del av respirationsorganen som kyls ned; pga effektiv värmeväxling värms inandningsluft upp mycket snabbt.

Det saknas i dag väl kontrollerade studier av effekten av olika läkemedel i kyla hos patienter med stabil angina. Sådana skulle sannolikt kunna bidra till att ytterligare klargöra vilka mekanismer som har betydelse för sänkt arbetstolerans i kyla.

Referenser.

1. Areskog N-H, Lassvik C. Angina pectoris in the cold. *Arct Med Res* 1988;47 (suppl 1):269-71.

2. Backman C, Holm S, Linderholm H. Reaction to cold of patients with coronary insufficiency. *Ups J Med Sci* 1979;84:181-7.
3. Braumann HU, Grosse-Heimeyer W. Angina pectoris induced by cold air - severe ischemia or psychovegetative dysfunction? *Z Kardiol* 1983;72:235-7.
4. Brown CF, Oldridge NB. Exercise-induced angina in the cold. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:607-12.
5. Dodds PA, Bellamy CM, Muirhead RA, Perry RA. Vasoconstrictor peptides and cold intolerance in patients with stable angina pectoris. *Br Heart J* 1995;73:25-31.
6. Epstein SE, Stampfer M, Beiser D, Goldstein RE, Braunwald E. Effects of a reduction of environmental temperature on the circulatory response to exercise in man: implications concerning angina pectoris. *N Engl J Med* 1969;280:7-11.
7. Gobel FL, Bordstrom LA, Nelson RR, Jorgenson CR, Wang Y. The rate-pressure product as an index of myocardial oxygen consumption during exercise in patients with angina pectoris. *Circulation* 1978;57:549-56.
8. Hall RJC, Bullock RE, Albers C. The effect of cold on patients with angina pectoris - a review. *Postgrad Med J* 1983;59 Suppl 2:59-61.
9. Hanna JN, Hill PMCN, Sinclair JD. Human cardiorespiratory responses to acute cold exposure. *Clin Exp Pharm Phys* 1975;2:229-38.
10. Hattenhauer M, Neill WA. The effect of cold air inhalation on angina pectoris and myocardial oxygen supply. *Circulation* 1975;51:1053-8.
11. Hayward JM, Holmes WF, Gooden BA. Cardiovascular responses in man to a stream of cold air. *Cardiovasc Res* 1976;10:691-6.
12. Hiramatsu K, Yamada T, Katakura M. Acute effects of cold on blood pressure, renin-angiotensin-aldosterone system, catecholamines and adrenal steroids in man. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1984;11:171-9.
13. Juneau M, Johnstone M, Dempsey E, Waters DD. Exercise-induced myocardial ischemia in a cold environment. *Circulation* 1989;79:1015-20.
14. Lassvik CT. *Angina pectoris in the cold. Effects of cold environment and cold air inhalation at exercise tests.* Linköping University Medical Dissertations no 67. 1979.
15. Lassvik C. Reproducibility of work performances at serial exercises in patients with angina pectoris. *Scand J Clin Lab Invest* 1978;38:747-51.
16. Lassvik CT, Areskog NH. Angina in cold environment: reactions to exercise *Br Heart J* 1979;42:396-401.
17. Lassvik CT, Areskog NH. Angina pectoris during inhalation of cold air. Reactions to exercise. *Br Heart J* 1980;43:661-7.
18. Lassvik C and Areskog N-H. Effects of various environmental temperatures on effort angina. *Uppsala J Med Sci* 1979, 84:173-80.
19. LeBlanc J, Blais B, Barabé B, Côté J. Effects of temperature and wind on facial temperature, heart rate and sensation. *J Appl Phys* 1976;40:127-31.
20. Leon DF, Amidi M, Leonard JJ. Left heart work and temperature responses to cold exposure in man. *Am J Cardiol* 1970;26:38-45.
21. Marber MS, Joy MD, Yellon DM. Is warm-up in angina ischemic preconditioning? (Editorial). *Br Heart J* 1994;72:213-15.
22. Marchant B, Donaldson G, Khurshid M, Scarborough M, Timmis AD. Mechanisms of cold intolerance in patients with angina. *JACC* 1994;23:23:630-6.
23. Nabel EG, Ganz P, Gordon JB, Alexander RW, Selwyn AP. Dilation and constriction of arteriosclerotic coronary arteries caused by the cold pressor test. *Circulation* 1988;77:43-52.
24. Neill WA, Duncan DA, Kloster F, Mahler DJ. Response of coronary circulation to cutaneous cold. *Am J Med* 1974;56:471-76.
25. Peart I, Bullock RE, Albers C, Hall RJC. Cold intolerance in patients with angina pectoris: effect of nifedipine and propranolol. *Br Heart J* 1989;61:521-8.
26. Raizner AE, Chahine RA, Ishomori T, Verani MS, Zacca N, Jamal N, et al. Provocation of coronary artery spasm by the cold pressor test. Hemodynamic, arteriographic and quantitative angiographic observations. *Circulation* 1980;62:925-32.
27. Rosengren A, Wennerblom B, Bjurö T, Wilhelmson L, Bake B. Effects of cold on ST amplitudes and blood pressure during exercise in angina pectoris. *Eur Heart J* 1988;9:1074-80.

28. deServi S, Mussini A, Angoli L et al. Effects of cold stimulation on coronary haemodynamics during exercise in patients with coronary artery disease. *Eur Heart J* 1985;6:239-46.
29. Stanghelle JK, Nilsson S. Angina pectoris and cold. *Int J Rehabil Res* 1983;5:189-91.
30. Wilkerson JE, Raven PB, Bolduan NW, Horvath SM. Adaptations in man's adrenal function in response to acute cutaneous cold. *J Appl Phys* 1974; 36:183-189.p

Angina pectoris och kyla

Claes Lassvik, *Arbete och Hälsa* 1996;5:135-142.

Patienter med ansträngningsutlöst angina pectoris kan uppleva sänkt arbetsförmåga i kallt väder. Orsaken till detta tycks vara ökat yttre hjärtarbete pga sympatikuspåslag orsakat av hudnedkylning. Detta ger ökad perifer resistens och höjning av blodtrycket (BP). Patienter med normal baroreceptorfunktion kompenserar detta med en sänkning av hjärtfrekvensen (HR) under arbete och försämras då ej i kyla. Med en defekt baroreceptorreflex sänks ej HR varvid hjärtarbetet (HRxBP_{syst}) ökar och arbetstoleransen till angina minskar. Ett mindretal individer kan försämras vid inhalation av kall luft. Orsaken till detta är oklar; HRxBP_{syst} ökar endast vid inhalation av mycket kall luft. En möjlig orsak är reflexer till koronarkärlen medförande lokal spasm eller ändrad perifer resistens.

Nyckelord: angina, ansträngning, arbetsförmåga, blodtryck, hjärtarbete, hjärtfrekvens.

Angina pectoris and cold

Claes Lassvik, *Arbete och Hälsa* 1996;5:135-142.

Patients with exertional angina may experience a decrease of angina tolerance in cold weather. The reason for this seems to be an increase in exertional heart work due to a rise in sympathetic tone caused by skin cooling. This results in an increase in peripheral resistance and in blood pressure (BP). Patients with a normal baroreceptor function compensate by decreasing heart rate (HR) during exercise and seem unaffected by cold. With a defect baroreceptor reflex, exercise HR does not decrease and, accordingly, HRxBP_{syst} will increase. Some patients are sensitive to inhalation of cold air. The reason for this is not obvious; HRxSBP will increase only at inhalation of very cold air. A possible cause is reflexes to the coronary arteries resulting in local spasm or a change in peripheral resistance.

Keywords: angina, blood pressure, exertion, heart rate, heart work, tolerance, work capacity,

Diskussion

Hans Lundgren

Har ni gjort undersökningar på kvinnor?

Nej, tyvärr. Det fåtal kvinnor som fick diagnosen koronarinsufficiens under inklusionen i min studie tackade nej och jag minns mig ej ha sett någon annan köldstudie på kvinnor. Eftersom kvinnor har hög frekvens atypiska ekg-reaktioner före 50 - 60 års ålder bör man rimligen kräva att koronarinsufficiensen är verifierad med t.ex. angiografi eller Talliumscintigrafi.

Jerzy Leppert

Varför ha man ej undersökt endotelial dysfunktion hos patienter med angina pectoris?

Det finns mig veterligt ej någon publicerad studie på denna patientkategori, men rimligvis är det på gång. Vi har själva en studie i planeringsstadiet, med såväl diabetes-, hypertoni- och koronarinsufficiens-patienter som tänkbara kandidater.

Jerzy Leppert

Vilken årstid har man undersökt patienter med AP, finns det några årstidsvariationer?

Jag tror inte att någon beaktat detta. Rimligen är köldutlöst angina kopplat till den kalla - eller kyliga och blåsiga - delen av året men man kan ju tänka sig en anpassning till den kalla årstiden, både försämring och förbättring. I en egen enkät till 50 patienter med angina pectoris angav sig nästan alla vara köldkänsliga men hade svårt att definiera vad som var sämst, blåst eller kyla, eller om de hade märkt någon anpassning till kyla eller blåst. Jag tror att det är mycket svårt att som patient, även med stabil angina, märka skillnader "longitudinellt", om man inte är mycket observant på detta. Vädret varierar ju, och det kanske går att jämföra från dag till dag men värre om det har gått många dagar eller veckor. Variationer i vind angav många var klart kännbart.

Staffan Gyllerup

Hjärtinfarktdödlighet i norr?

Detta är väl inte riktigt mitt område, men jag känner till en aktuell engelsk studie som antydde att inomhustemperaturen är en viktigare determinant än utomhustemperaturen. Man kunde korrelera ändringar i inomhustemperatur till risken för hjärtinfarkt.

Bengt W Johansson

Kan baroreceptorpåverkan bero på ett aterosklerotiskt engagemang av halspulsådern, där receptorerna sitter? Borde kunna undersökas med ultraljud av halspulsådern.

En intressant fråga. Den studie som påvisat samband mellan baroreceptorfunktion och köldkänslighet vid angina pectoris är helt färsk och en uppföljning av den är väl att förutom att se om resultaten är reproducerbara, att titta på carotiderna. Mig veterligt har man ej gjort detta, men jag betvivlar ändå att köldkänslighet i allmänhet skulle kunna förklaras på detta (enkla) sätt utom kanske hos ett fåtal patienter. Tråkigt att vi inte tittade på det, men karotisdiagnostiken hade inte kommit i gång i Linköping när jag startade min studie.

Kallt klimat - en förklaring till den höga hjärtinfarktdödligheten i Norra Sverige?

Staffan Gyllerup

I Europa är dödligheten i hjärtinfarkt högst i de norra och nordvästra delarna och lägst i medelhavsområdet (7). Inom flera europeiska länder som Storbritannien, Frankrike, Finland, Tyskland, Norge och Italien är hjärtinfarktdödligheten högre i de kallare delarna av landet (6). I Sverige har vi stora skillnader i hjärtinfarktdödlighet med hög dödlighet i de norra och västra delarna, där Norsjö ligger i topp (5).

Syftet med denna studie var att pröva hypotesen att skillnader i klimat ligger bakom dessa stora skillnader i hjärtinfarktdödlighet i Sverige.

Metod

Sveriges kommuner användes som enhet. Uppgifter om dödlighet i hjärtinfarkt, stroke, obstruktiv lungsjukdom och pneumoni hämtades ur dödsorsaksregistret för åren 1975-1984. Uppgifterna åldersstandardiserades mot riket.

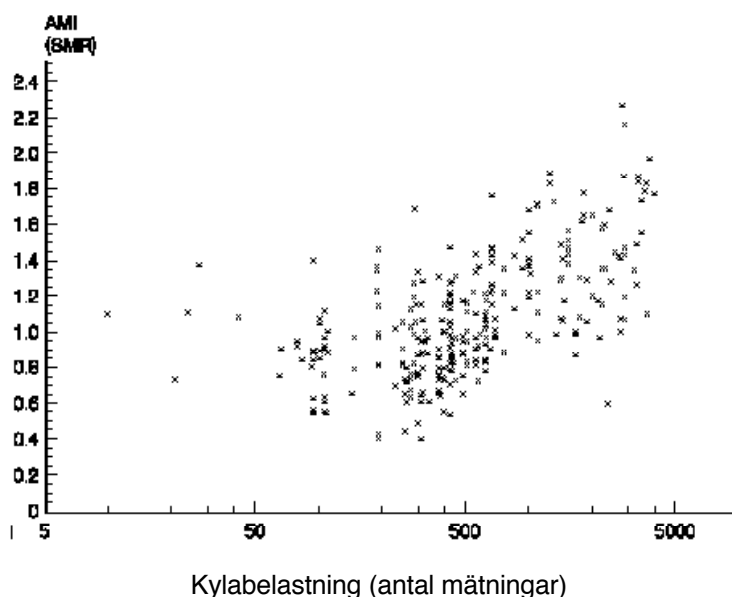
För att få ett mått på kylbelastningen i en kommun utvaldes i samråd med SMHI den väderstation som låg närmast befolkningscentrum i kommunen. Därefter beräknade vi hur många gånger temperaturen varit under vissa gradtal vid 5 mätningar dagtid under samma tioårsperiod. Vi korregerade även för vindens avkylning genom att beräkna med Siple's index vid varje mättillfälle.

Uppgifter om arbetslöshet och demografiska faktorer hämtades från officiella register (2). Undersökningen om levnadsförhållanden (ULF) bidrog med uppgifter om rökning (4). Beträffande snusvanorna är uppgifterna hämtade från små intervjumaterial (8). Uppgifter om kolesterolvärden hämtades från de screeningundersökningar som är gjorda på 40-åriga män i 37 kommuner (1).

Vid beräkning av samband använde vi oss av multipel regressionsanalys där vi vägde in befolkningsstorleken i varje kommun för att reducera effekten av små kommuner i extrema lägen. Determinationskoefficient används som ett mått på sambandets styrka.

Resultat

Det förelåg ett starkt samband mellan det antal gånger temperaturen varit under -10°C och dödlighet i akut hjärtinfarkt hos män (Figur 1) (Tabell 1). Kylbelastning kunde som ensam faktor förklara 39 % av de regionala skillnaderna i dödlighet i akut hjärtinfarkt hos män 40-64 år gamla. Den tiondel av dessa män som bodde i den kallaste delen av landet hade 40 % högre hjärtinfarktdödligheten än genomsnittet för riket (Figur 2).



Figur 1. Standardiserad dödlighet (SMR) i akut hjärtinfarkt (AMI) 1975-1984 för män 40-64 år gamla och kylbelastning uttryckt som antalet mätningar under -10°C vid 5 mätningar under dagtid samma tidsperiod i 284 svenska kommuner.

Tabell 1. Determinationskoefficient för SMR i akut hjärtinfarkt när den förklaras av ett andra grads polynom av logaritmen för antalet temperaturmätningar under olika brytpunkter.

Temperaturbrytpunkt	Determinationskoefficient					
	40-64 år	Män 65-74 år	>75 år	Kvinnor 40-64 år	65-74 år	>75 år
-10°C	0,9	0,30	0,16	0,16	0,31	0,15
-20°C	0,39	0,31	0,15	0,16	0,32	0,16
-10°C kompenserad för vind	0,29	0,21	0,11	0,10	0,21	0,10
-20°C kompenserad för vind	0,37	0,28	0,15	0,15	0,28	0,16

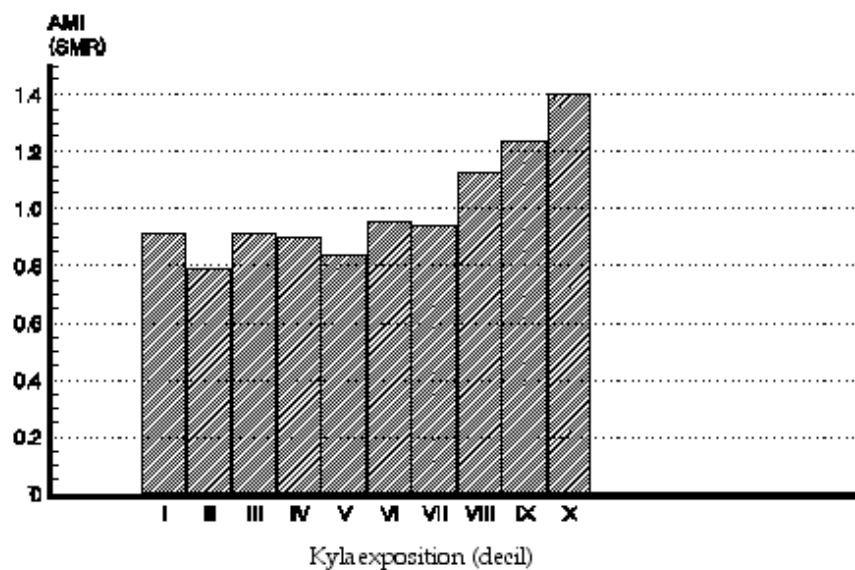
Sambandet mellan kylbelastning och hjärtinfarktdödlighet ökade inte om vi använde oss av vindkorrigerade kylmätningar, men sambandet blev mer rätlinjigt. Även för kvinnor och äldre män förelåg detta samband som emellertid var svagare.

Vid andra diagnoser förelåg ett svagt samband mellan kylbelastning och stroke. För tumörer var sambandet med kylbelastning negativt. Anmärkningsvärt nog fann vi inget samband mellan kallt klimat och kronisk obstruktiv lungsjukdom eller pneumoni.

Andra faktorer som kan förklara regionala skillnader i hjärtinfarktdödligheten visade sig ha betydligt lägre förklarande inverkan och det krävdes fyra andra faktorer för att få samma förklarings effekt som kylbelastning ensam (Tabell 3). I varje steg gav dessutom kylbelastning en ökning av förklaringsgraden med ca 10 %.

Kolesterolvärden hos 40-åriga män var högre i de kallare delarna av landet (Figur 3). Kolesterolvärdena hade en svag förklarande effekt, medan kylbelastningen var en lika stark förklarande faktor i dessa kommuner som i hela riket.

Vid granskning av en stor internationell studie (MONICA-studien) fann vi att medeltemperaturen den kallaste månaden kunde förklara 15 % av de regionala skillnaderna i hjärtinfarktdödlighet (Figur 4) (3).



Figur 2. Åldersstandardiserade dödstal (SMR) i akut hjärtinfarkt hos män 40-64 år gamla under 1975-1984, uppdelade i tiondelar av befolkningen efter ökande kylbelastning.

Tabell 2. Determinationskoefficient för SMR hos män i olika diagnoser när den förklaras av ett andra grads polynom av logaritmen för antalet temperaturmätningar under -10 °C.

DIAGNOS	Determinationskoefficient		
	40-64 år	65-74 år	>75 år
Total dödlighet	0,02	0,04	0,04
Ischemisk hjärtsjukdom (ICD8 410-414)	0,25	0,16	0,06
-akut hjärtinfarkt (ICD8 410)	0,39	0,30	0,16
Cerebrovaskulär sjukdom (ICD8 430-436)	0,10	0,18	0,12
Tumörer (ICD8 140-239)	0,13 [#]	0,06 [#]	0,03b
Pneumoni (ICD8 480-486)	0,04 [#]	0,01	0,00
Kronisk obstruktiv lungsjukdom (ICD8 490-493)	0,00	0,05 [#]	0,06 [#]

[#] Negativt samband

Diskussion

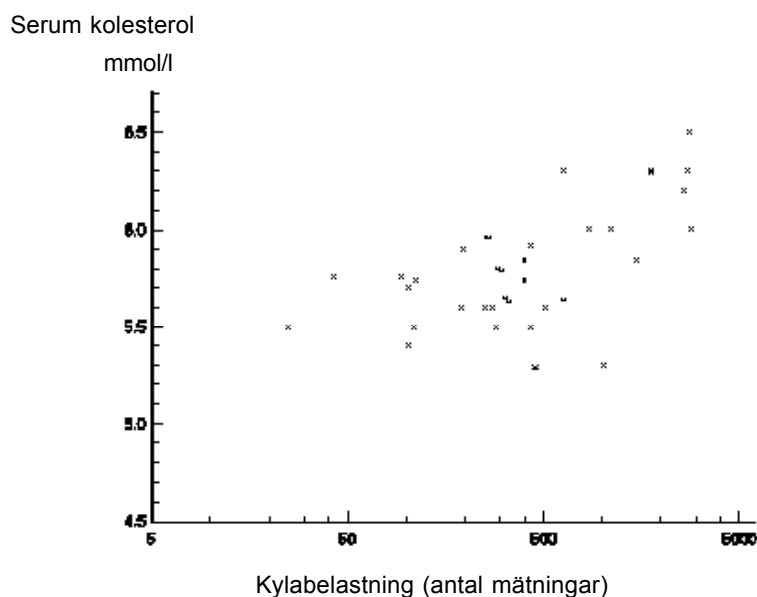
Sambandet mellan kylbelastning och hjärtinfarktdödlighet i en ort är starkt och förefaller vara oberoende. Vi har tidigare under seminariet fått inblick i mekanismer via vilka kyla kan påverka hjärt-kärlsjuklighet som exempelvis fettmetabolism, blodtryck och adrenerg stimulering. En annan tänkbar väg är att klimatet kan påverka födoämnesvalet. Kalla vinterdagar väljer man hellre mustig mat än exempelvis lätta sallader.

Många indicier talar för att sambandet mellan kallt klimat och hjärtinfarktdödlighet är kausalt, men bevis i form

av kontrollerade studier saknas och kommer aldrig att kunna presenteras.

Slutsats

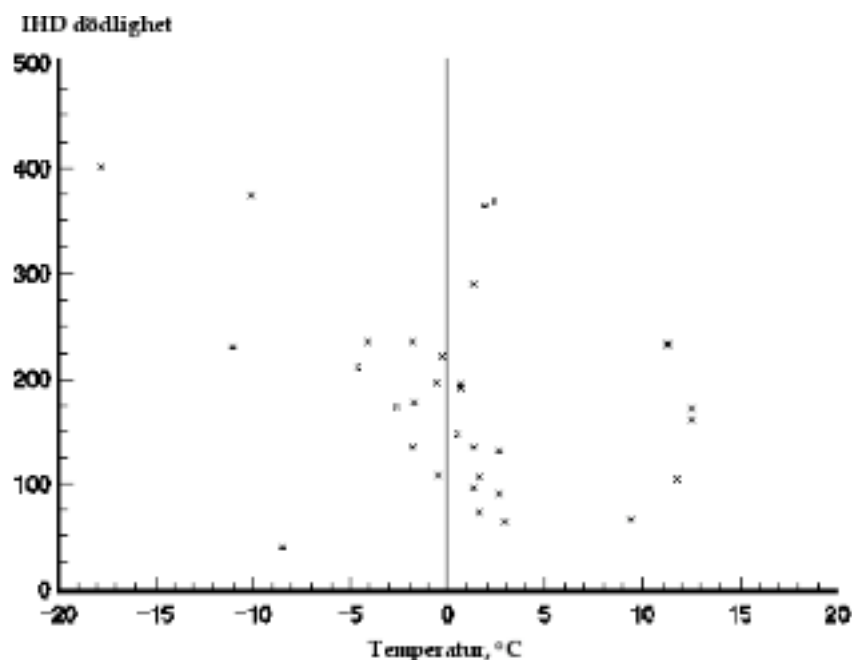
Således föreligger ett starkt regionalt samband mellan kylbelastning och hjärtinfarktdödlighet i Sverige. Sambandet förefaller oberoende av andra faktorer. Det går emellertid inte av dessa studier att säkert bedöma huruvida detta samband är kausalt.



Figur 3. Kylbelastning (antal mätningar under -10°C) i 37 svenska kommuner och serumkolesterol i ett urval av män i dessa kommuner.

Tabell 3. Determinationskoefficient för SMR i akut hjärtinfarkt hos män 40-64 år gamla i 259 kommuner med analys i två sekvenser av modeller. Den ena börjar med en tom modell, den andra med kylbelastning (KÖ). I båda introduceras stegvis följande variabler: Andelen arbetare (AR), prevalens av snusning (SN), arbetslöshet (AL), försäljning av smör (SM), dricksvattnets hårdhetsgrad (DH), försäljning av läkemedel mot högt blodtryck (BT) och rökning (RÖ)

Förklarande variabler	Utan kylbelastning	Med kylbelastning
KÖ	-	0,39
AR	0,21	0,48
AR + SN	0,28	0,48
AR + SN + AL	0,36	0,49
AR + SN+ AL + SM	0,39	0,50
AR + SN+ AL + SM+ DH	0,41	0,50
AR + SN+ AL + SM + DH + BT	0,41	0,51
AR + SN+ AL + SM + DH + BT + RÖ	0,41	0,51



Figur 4. Åldersstandardiserad dödlighet 1984 (antal döda per 100 000 invånare) i ischemisk hjärtsjukdom (IHD) hos män 35-64 år gamla och medeltemperatur (°C) den kallaste månaden 1984 i 32 MONICA centra.

Referenser

1. Gyllerup S, Lanke J, Lindholm L H, Scherstén B. Cold climate is an important factor in explaining regional differences in coronary mortality even if serum cholesterol and other established risk factors are taken into account. *Scot Med J* 1993;38:173-7
2. Gyllerup S, Lanke J, Lindholm L H, Scherstén B. Socioeconomic factors in the community fail to explain the high coronary mortality in cold parts of Sweden. *Eur Heart J* 1992; 13:878-81
3. Gyllerup S. *Cold as a risk factor for coronary mortality. A study of aggregated data from different regions in Sweden.* Thesis. Lund: Studentlitteratur, 1992.
4. Hanning M, Nyström L, Rosén M. *How are You Sweden? Illness and the use of medical care in Sweden - studies on conditions of living as tolls for planning.* Stockholm. SPRI 1982.
5. Rosén M, Nyström L, Wall S, Bolinder A-M. *Dödsorsak? Dödsorsaksstatistik som underlag för planering.* SPRI Rapport 122/1982. Stockholm: Spris publikationstjänst, 1983.
6. Smith WC, Tunstall-Pedoe H. European regional variation in cardiovascular mortality. *Br Med Bull* 1984;40: 374-9.
7. Thom T. International Mortality from heart disease: rates and trends. *Int J Epidemiol* 1989;18 (Suppl 1): S220-28.
8. Tobacco habits in Sweden. *A review and analysis.* Socialstyrelsen. Stockholm: Modin-Tryck AB, 1986.

Kallt klimat - en förklaring till den höga hjärtinfarktdödligheten i Norra Sverige?

Staffan Gyllerup, Arbete och Hälsa 1996;5:143-148.

Vid studier av geografiska skillnader har vi funnit ett starkt samband mellan kylbelastning i kommunen och hjärtinfarktdödlighet. Sambandet kvarstår även om man tar hänsyn till andra starka förklarande variabler som sociala faktorer. Även om säkra bevis ej föreligger, så pekar många indicier på ett kausalt samband.

Nyckelord: kyla, kranskärslssjukdom, regionala variationer.

Cold climate explains the higher mortality rate in myocardial infarction i the north of Sweden?

Staffan Gyllerup, Arbete och Hälsa 1996:5:143-148.

Through studies on regional variation, we have found a strong association between cold exposure in the municipality and coronary mortality. This association persists although other strong explanatory variables such as social factors are taken into account.

Keywords: cold, coronary heart disease, regional variation.

Diskussion

Jerzy Leppert

Vilken är viktigaste faktorn för ökad överdödlighet i *chd* (hjärt-kärslssjukdomar) låg medeltemperatur eller temperaturfall under kalla årstiden? Vilket har betydelse för ökad dödlighet i *chd*, inom- eller utomhustemperatur?

Vi har inte studerat förändringar i temperaturen men i andra studier har man sett en viss latenstid från en förändring i temperaturen och hjärtinfarktdöd.

Vi vet väldigt lite om detta. Den svagare effekten av vårt kylaindex på dödligheten hos de äldre kan antyda att den tid man är utomhus spelar roll.

Jan Mattsson

I Norrland utbildas under vintern stora temperaturskillnader mellan t ex de kalla älvdalarna och de varmare städerna med sina "urban heat island"-effekter. Tillåter infarktmaterialet en regional analys med hänsyn till ovanstående såsom ytterligare ett sätt att testa kylans eventuella inverkan på infarktsjukdomen?

Tyvärr tillåter inte materialet någon sådan uppdelning. Vi försökte att dela upp vissa stora kommuner i församlingar, men det blev för få dödsfall i dessa. Vi jämförde kommuner med mindre än 30 km till sjukhus med kommuner med längre avstånd. Vi fann ingen skillnad i kylans inverkan på dödligheten i dessa båda grupper.

Ökar inandning av stor mängd kall luft risken för astma?

Hans Lundgren

Förekomst

Efter mitten av 1980-talet har sex mer omfattande prevalensstudier genomförts bland vuxna i Sverige. Samtliga innefattar som första led en postenkät. Förekomsten av astma är i dessa studier 5-7 % (figur 1). År 1992 genomfördes en utvidgad undersökning i Norrbotten, Stockholm och Skåne (18, 19, 20). Studien påvisade en tydlig nord-syd gradient vad avser astma och astma-liknande tillstånd. I Skåne förekom astma i 4-5 %, Stockholm 6-7 % och i Norrbotten 7-8 %.

I en annan undersökning från Jämtlands län och Gästrikland (15), visar resultatet på en högre astmaprevalens i Jämtland 8 % jämfört med 6 %. En förklaring till denna skillnad kan vara det kallare och torrare klimatet i Jämtland.

Ökar astman ?

Enligt enkätdata har astmaförekomsten i Norrbotten ökat med ca en procent mellan 1986-1992 (17). Samma ökning tycks finnas i Norge och Finland (Figur 2). Undersökningar på barn visar sammantaget att astman har ökat från ca 1 % på 1950-talet (11) till 2-4 % under slutet av 1970- talet och början av 1980-talet (3, 10, 24). Även dessa studier tyder på en syd-nord gradient.

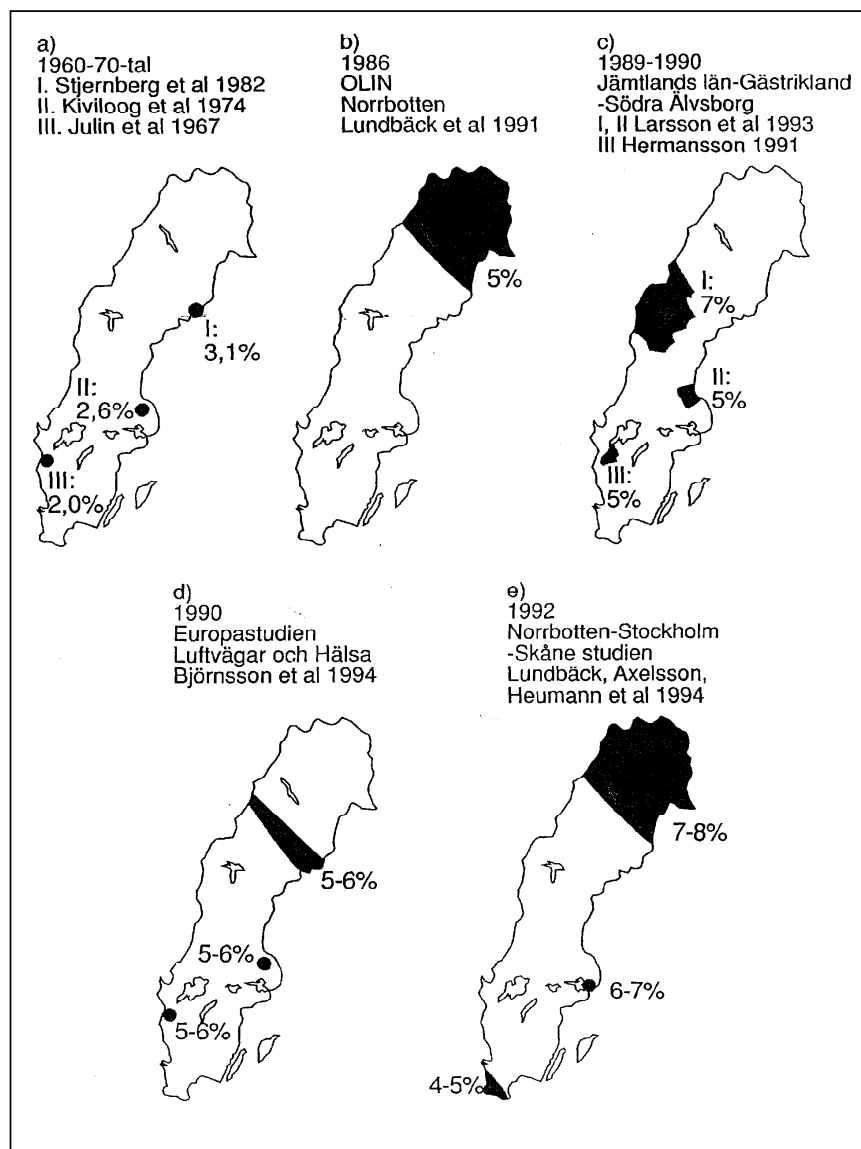
Nyinsjuknande i astma

Det finns få publicerade studier som visar frekvensen av nyinsjuknande, sk incidensstudier. Detta beror förstås på svårigheterna med denna typ av studier som dels kräver stora material, dels måste innehålla två undersökningstillfällen. I en studie i Jämtland och Gästrikland (14) omfattande 2300 tonåringar, fann man en årlig incidens av läkardiagnosticerad astma hos flickor på 1,2 % och 0,5 % hos pojkar.

Arvet

Det finns ett samband mellan arv och astma, men detta är dock relativt svagt. Exempelvis var överensstämmelsen mellan enäggstvillingar bara 19 % (5). Ungefär hälften av barn som har astma i förskoleåldern är besvärsfria som unga vuxna (1,2).

Figur 1.

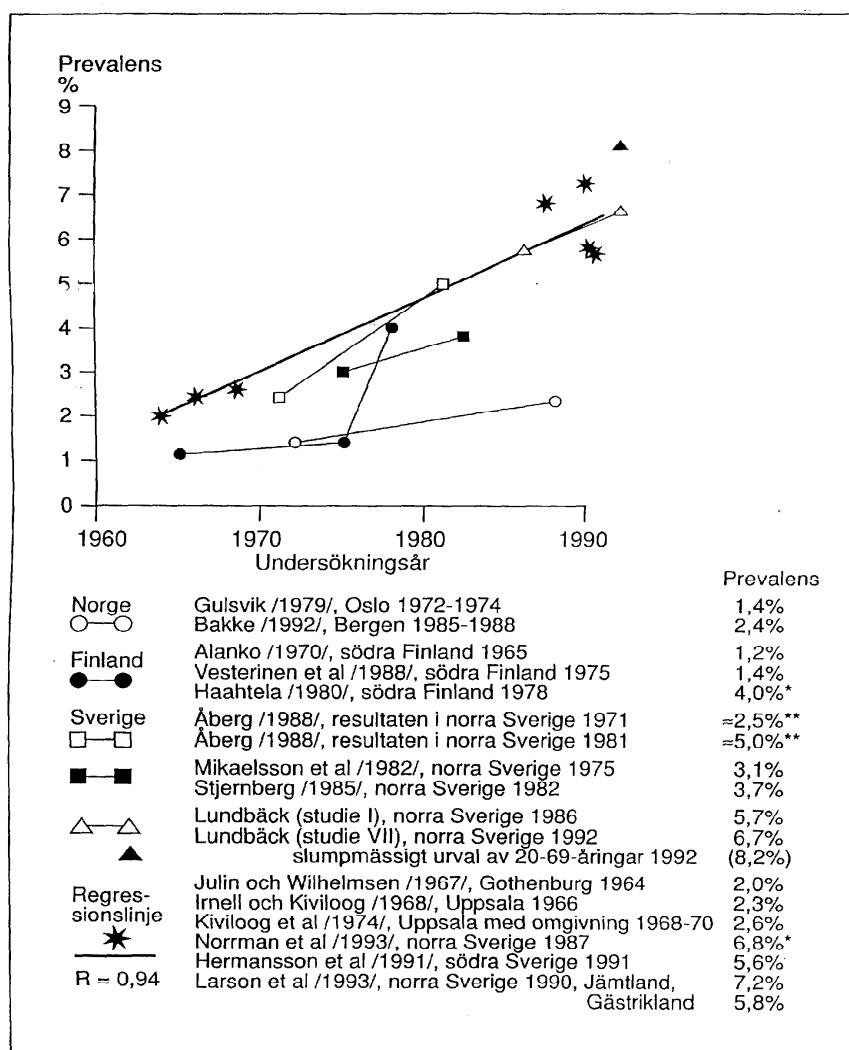


Kall luft

År 1993 kom den första rapporten som visade en klar överrepresentation av astma bland elitskidåkare (13). 47 skidåkare från sex klubbar ingick i studien. 15 av dessa använde regelbundet astmamedicin och 23 hade en kombination av astmasymtom och hyperreaktivitet i luftvägarna. Sammantaget hade 33 skidlöpare symtom på astma eller hyperreaktivitet. I 1991 års VM använde över en tredjedel av de bästa astmaspray. Frågan har därför uppkommit om användandet kunde innebära en prestationshöjande effekt. 20 friska manliga elitidrottsmän (12) undersöktes därför under arbete i klimatkammare. De lottades att ta placebo eller astmaspray. Någon skillnad i prestationshöjande effekt av sprayerna kunde ej påvisas mellan grupperna.

I en enkätundersökning som riktade sig till elever på ett skidgymnasium visade det sig att inte mindre än 18 % använde β -stimulerande spray (16). Detta visar att problemet tycks vara rätt allmänt.

Figur 2.



Orsakssamband

Det är viktigt att komma ihåg att kall luft även innehåller mindre mängd vatten. Exempelvis innehåller mättad luft vid -10 °C endast 2,4 g vatten per kubikmeter medan den vid +20 °C innehåller 17 g. Detta medför ökad risk för uttorkning av slemhinnorna. Speciellt kan detta bli fallet vid samtidig användning av farmaka med antikolinerg effekt. Även rökning kan tänkas ha en potentiell effekt. Trots stor variation i yttre temperatur har den luft som når ner till luftblåsorna samma temperatur som kroppskärnan. Temperaturen vid utandning mätt i munhålan vid utetemperaturer mellan -5 °C till 30 °C, varierade som mest 8 °C (8). Den kalla luften har även en direkt effekt på den glatta muskeln som kringgärdar luftrören. Verkningsmekanismen tycks ske via den elektriska vilopotentialen, ATP-ase aktiviteten i muskelcellen samt i känsligheten för histamin (22).

Eftersom näsans slemhinna med sin rikliga genomblödning och innervation är en genialisk värmväxlare, är det av intresse att studera denna vid olika utetemperaturer. Den kliniska bilden är välkänd med svullen slemhinna och rinnande näsa vid kall väderlek (21, 23). Den kalla inandningsluften har i försök på råttor visat sig ha en epitelskadande effekt (7).

Även andningssättet tycks vara av stor betydelse. Så länge andningen enbart sker ut och in genom näsan tycks

slemhinnan påverkas minimalt medan när andningen sker in genom näsan och ut helt eller delvis genom munnen ökar näsmotståndet 200 % (9). Indirekt tycks även nässlemhinnan kunna påverkas. Exempelvis avkylning av fötterna ökar genomblödningen i nässlemhinnan (4). Ett sätt för kroppen att anpassa sig till kallt klimat?

Det är ett välkänt faktum att virusutlösta övre luftvägsinfektioner är vanligare under vintern. Dessa infektioner ger tillfälliga skador på epitelet i luftvägarna och kan på så vis förstärka effekten av ovan nämnda faktorer.

Det finns således kliniska iakttagelser, laboratorieexperiment på vävnad och djur som visar att kall luft påverkar luftvägarna genom olika mekanismer. Dels kan det röra sig om epitelskador, dels ökad känslighet, hyperreaktivitet, som kan leda till astma-liknande symtom eller mer manifest astma. Våra elitskidåkare tillhör kanske en extrem grupp så tillvida att deras nedre luftvägar exponeras för stora mängder kall luft, men det är långtifrån säkert att de är den enda riskgruppen. För att ge svar på detta krävs nya undersökningar som kan ge svar på frågor som:

Finns speciella riskindivider?

Hur snabbt utvecklas besvären?

Är rökarna mer känsliga?

Hur samvarierar kyla och andra typer av luftföroreningar?

Referenser

1. Anderson HR, Bland JM, Patel S, Peckham C. The natural history of asthma in childhood. *J epidemiol Community Health* 1986;40:121-9.
2. Anderson HR, Pottier AC, Strachan DP. Asthma from birth to age 23: incidence relation to prior and concurrent atopic disease. *Thorax* 1992;47:537-42.
3. Bråbäck L, Kälvesten L. Prevalence of bronchial asthma among school children in a Swedish district. *Acta Pediatr Scand* 1988;77:821-5.
4. Drettner B. vascular reactions of human nasal mucosa on exposure to cold. *Acta oto-laryng.* suppl 166.
5. Edfors-Lubs ML. Allergy in 7000 twin pairs. *Acta Allergologica* 1971;26:249-85.
6. Ercke U, Håkansson CH, Toremalm NG. The influence of temperature on mucociliary activity. *Acta Otol.* 1974;78:444-50.
7. Gusic Z, Krajina J, Lakic V et al. Damage of the respiratory mucous membrane of rats exposed to cold. *Acta oto-laryng.*;57:342-51.
8. Höppe P. Temperatures of expired air under varying climate conditions. *Int J Biometeor.* 1981;25(2):127-32.
9. Kingman P, Strohl JLA, Decker MJ et al. Nasal flow-resistive response to challenge with cold dry air. *Am Phys. soc.* 1992; 1243-46.
10. Kjellman B, Pettersson R, Hyensjö B. Allergy among school children in a Swedish county. *Allergy* 1982;37: 5-6.
11. Kraepelin S. The frequency of bronchial asthma in Swedish school children. *Acta paediatr Scand* 1954;43: (suppl 100s):149-53.
12. Larsson K, Gavhed D, Larsson L et al. Influence of a β -agonist on physical performance at low temperature on elite athletes. (submitted).
13. Larsson K, Ohlsén P, Larsson L et al. High prevalence of asthma in cross country skiers, *BMJ* 1993;307: 1326-9.
14. Larsson L. Incidence of asthma in Swedish teenagers, relation to sex and smoking habits. *Thorax* 1995;50: 260-4.
15. Larsson L, Boethius G, Uddenfelt M. Differences in utilization of antiasthmatic drugs between two Swedish provinces - relation to symptom reporting. *Eur Respir J* 1993;6:198-203.
16. Larsson L, Hemmingsson P, Boethius G. Self-reported obstructive airway symptoms are common in young cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports.*1994;4:124-27.
17. Lundbäck B. *Asthma, chronic bronchitis and respiratory symptoms: prevalence and important determinants. The obstructive lung disease in Northern Sweden Study 1.* Umeå University Medical dissertations, 1993. New series No 387-ISBN 91-7174-825-3.

18. Lundbäck B, Stjernberg N, Nyström L et al. Epidemiology of respiratory symptoms, lung function and important determinants. Report from the obstructive lung disease in northern Sweden Project. *J Tub Lung Dis* 1994;75:116-26
19. Lundbäck B, Stjernberg N, Nyström L. An interview study to estimate prevalence of asthma and chronic bronchitis. *Eur J Epid* 1993;9(2):123-33.
20. Lundbäck B, Stjernberg N, Rosenhall L et al. Metacholine reactivity an asthma. Report from the northern Sweden Obstructive lung disease project. *Allergy* 1993;48:117-24.
21. Silvers W. The skiers nose: a model of cold-induced rhinorrhea. *Annals of allergy*.1991;67:32-36.
22. Souhrada M, Souhrada J F. The direct effect of temperature on airway smooth muscle. *Res. Phys.*1981;44:311-23.
23. Stanford C F, Stanford R L. Exercise induced rhinorrhoea (athlete's nose) *British Medical Journal* 1988;297:660.
24. Åberg N. *Allergic diseases in childhood and adolescence in relation to background factors*. Dept of pediatrics, Gothenburg University, Thesis 1988.

Ökar inandning av stor mängd kall luft risken för astma?

Hans Lundgren, *Arbete och Hälsa* 1996;5:149-153.

I många länder, liksom i Sverige, ökar insjuknandet i astma. Orsakerna till detta är ej kända. Det har under några år varit känt att elitskidåkare använt astmasprayer i stor omfattning. Undersökningar har visat att denna grupp har astmasymtom i långt högre frekvens än vad som skulle förväntas i motsvarande åldersgrupp. Inandning av stor mängd torr och kall luft har visats i både djurstudier och i kliniska studier, ha en obstruerande effekt på luftrören. Inom Sverige är astma klart vanligare i landets norra delar. Något som också skulle kunna tala för den kalla luften som en riskfaktor. Även gymnasieelever på ett skidgymnasium hade klart högre frekvens av astma. Detta tyder på att problemet kan vara rätt omfattande.

Nyckelord: astma, kyla, torr luft.

Inhalation of great amount of cold air increases the risk for asthma?

Hans Lundgren, *Arbete och Hälsa* 1996;5:149-153.

In Sweden, as in other countries, there is evidence of increasing incidence of asthma. Furthermore there is a north-south gradient with the highest prevalence in the most northern part of about 7-8 %. Recent reports dealing with cross country skiers have shown frequent use of antiasthmatic drugs and a high prevalence of symptoms of asthma. The pathogenic mechanisms are not exactly known but inhalation of great amounts of dry cold air seem to be the most probable explanation. Extended studies to other categories of outdoor workers in cold areas would be justified.

Keywords: asthma, cold climate, cold.

Sammanfattning

Holmér I, Johansson BW, Gyllerup S och Lundgren H (red.). Kyla på gott och ont. Arbete och Hälsa 1996:5:1-155.

Kylan ingriper på många sätt i människors arbete och vardag. Kylan kan vara nyttig och upplevas behaglig i vissa sammanhang. I andra sammanhang är den farlig och obehaglig. Föreliggande skrift redovisar i 19 uppsatser exempel på kylans inverkan - på gott och ont - på liv, hälsa, arbetsförmåga och välbefinnande. Ämnena varierar från den nyligen funna Ismannen i Alperna och hans levnadssätt till modern forskning kring kylans verkningsmekanismer på hjärtats kontraktion. Vidare redovisas bland annat epidemiologiska studier av sambandet mellan kyla och ohälsa (ex vis hjärtinfarkt och astma) liksom studier av mental och fysisk arbetsförmåga i kallt klimat.

Nyckelord: angina, arbetsförmåga, astma, brunfettvävnad, djupfrysning, epidemiologi, hibernation, hjärtinfarkt, hypotermi, klimat, kyla, kylatålighet, kylastress, kylskador, ohälsa, prestation, Raynaud

Summary

Holmér I, Johansson BW, Gyllerup S and Lundgren H (eds.). Cold - friend and foe. Arbete och Hälsa 1996:5:1-155.

Cold is a natural ingredient in the life of many people. Under certain circumstances it is very useful and it may sometimes evoke pleasant feelings. In many situations cold is a hazard. This book contains 19 papers on the effect of cold - for better and for worse - on life, health, work capacity and comfort. The subjects vary from the story of the recently found stone age Iceman in the Alps and what can be learnt about his living conditions to modern research on cold effects on heart function. It covers a.o. epidemiological studies of relations between cold climate and e.g. cardiovascular diseases and asthma as well as investigations of mental and physical work capacity.

Keywords: angina, asthma, hypothermia, climate, cold injury, cold exposure, cold stress, epidemiology, ischemic heart disease, hibernation, performance, Raynaud, shivering, non-shivering thermogenesis, tolerance, work capacity.

Författarförteckning

Laborator Ulf Bergh, FOA 54, 172 90 Stockholm.

Bitr överläkare Helge Brändström, Anestesikliniken, Norrlands universitetssjukhus, 901 85 Umeå.

Professor Barbara Cannon, Wenner-Grens Institut, Arrheniuslaboratoriet F3, 106 91 Stockholm.

Docent Ann Enander, Militärhögskolan, Järnvägsgatan 6, 652 25 Karlstad.

Professor Per-Ola Granberg, Engelbrektsgatan 21, 114 32 Stockholm.

Distriktsläkare Staffan Gyllerup, Läkargruppen Husensjö, Skaragatan 102, 252 63 Helsingborg.

Överläkare Ole Hansen, Sektionen för kardiologi, Universitetssjukhuset MAS, 205 02 Malmö.

Professor Ingvar Holmér, Ergonomienheten, Arbetslivsinstitutet, 171 84 Solna.

Docent Bengt W Johansson, Hjärtsektionen, Universitetssjukhuset MAS, 205 02 Malmö.

Docent Claes Lassvik, Fysiologiska kliniken, Universitetssjukhuset, 581 85 Linköping.

Docent Jerzy Leppert, Forskningsenheten vid basenhet klinisk fysiologi, Centrallasarettet, 721 89 Västerås.

Distriktsläkare Hans Lundgren, Vårdcentralen, 270 52 Borby.

Forskningschef Göran Löndahl, Plöjarevägen 4, 252 84 Helsingborg.

Professor Jan O Mattsson, Naturgeografiska institutionen, Lunds universitet, 223 62 Lund.

Docent Mario Monti, Cellbiologisk avd 1, Universitetssjukhuset, 221 85 Lund.

Direktör em. Eric Rasmusson, Norra Promenaden 3A, 222 40 Lund.

Professor Torstein Sjövolld, Osteologiska forskningslaboratoriet, Ulriksdals slott, 170 71 Solna.

Överläkare Jan Wirén, Medicinska Kliniken, Sjukhuset, 272 81 Simrishamn.

Docent Björn Wohlfart, Institutionen för klinisk fysiologi, Universitetssjukhuset, 221 85 Lund.