

Resuscitering av skredoffer:

eit litteraturstudie om patofysiologi og dokumentasjon av dagens anbefalingar



Av medisinstudent Elise Broch Hauge

Kull V06

2011

Rettleia av:

Halvard Stave

Kjetil Sunde

Innhald

Abstract.....	3
Samandrag.....	3
Innleiing og bakgrunn.....	4
2010 European guidelines on resuscitation.....	6
Føremålet med oppgåva.....	7
Metode.....	7
Definisjonar.....	8
Årsaker til hjertestans og død i snøskred.....	9
Tidsfaktoren.....	10
Luftlomme.....	14
Hypotermi.....	16
Fysiologiske effektar ved hypotermi.....	16
Hypotermi i skredlukker.....	17
Diskusjon.....	18
Årsaker til død og hjertestans i skred.....	19
Tidsfaktor.....	19
Luftlomme.....	21
Hypotermi.....	22
Konklusjon.....	23
Referansar.....	24

Abstract

Background and objective – Every year, between 100 and 250 people die in snow avalanches in Europe and North America. Rescue missions are dangerous and difficult, and resuscitation of avalanche victims often proves to be non-successful. European Resuscitation Council (ERC) guidelines for 2010 included specific advice concerning avalanche victims. In this student assignment I attempt to describe the pathophysiology and documentation for these guidelines, with special emphasis on time factors, presence of an air pocket and core temperature.

Methods – This literature study is based on papers identified by a systematic search in Pubmed, Embase and Cochrane Library. Papers were also identified from citation lists in other publications, especially from the ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation) and ERC documents.

Results – Asphyxia causes most avalanche deaths. Most victims suffer from acute asphyxia within 35 minutes, after that only a few survive, with an air pocket. Research on air pocket-physiology supports that long time survival is possible. There is no evidence that anyone has survived being completely buried for more than 35 minutes, or until their core temperature reaches 32°C, in the absence of an air pocket. If the victim has an air pocket and hypothermia precede the hypoxia, literature supports that survival is possible with aggressive rewarming, regardless of time and temperature.

Conclusion – Literature does not prove the guidelines wrong. Nevertheless, the scientific basis for the guidelines are low quality evidence – being based on statistics from retrospective studies, case reports and studies not directly related to the subject. Ethical considerations make prospective studies difficult. Still more research is vital.

Samandrag

Bakgrunn og formål – Kvart år døy mellom 100 og 250 menneske i snøskred i Europa og Nord-Amerika. Redningsaksjonane er risikoutsette og vanskelege, og resuscitering av skredoffer viser seg ofte å ikkje lukkast. European Resuscitation Council (ERC) guidelines for 2010 inkluderte spesifikke anbefalingar for resuscitering av skredoffer. I denne studentoppgåva freistar eg å gjere greie for patofysiologien i skredulukker og dokumentasjonen for desse retningslinjene, med vekt på tidsfaktoren, tilstadevering av ei luftlomme og kjernetemperatur.

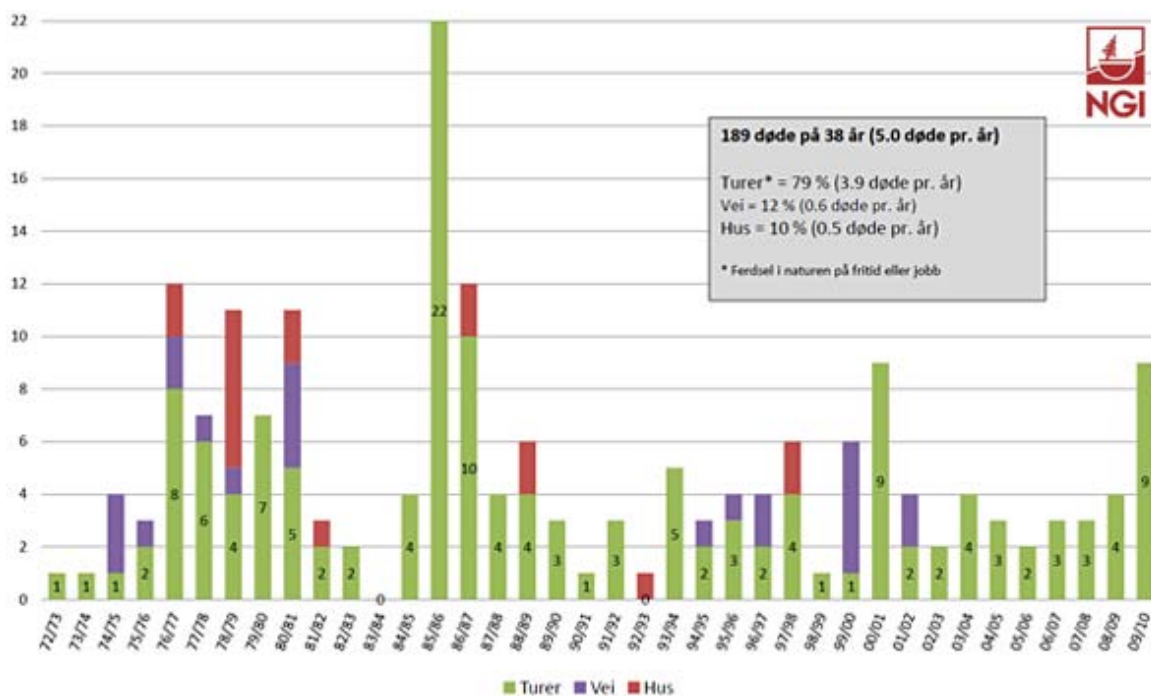
Metodar – Dette litteraturstudiet er basert på artiklar funne ved systematiske søk i Pubmed, Embase og Cochrane Library. Artiklar vart også funne ved hjelp av referansane i andre publikasjonar, då spesielt frå ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation)- og ERC-dokumenta.

Resultat – Asfyksi forårsakar flest dødsfall i skred. Dei fleste døy innan 35 minutt grunna akutt asfyksi, deretter overlever nokre få som har ei luftlomme å puste i. Studiar på luftlommefysiologi støttar at det er mogleg å overleve over lengre tid sjølv med små luftlommer. Det er ikkje bevis for at nokon har overlevd å vere fullstendig begravd i over 35 min, eller til kjernetemperaturen har gått under 32°C, utan luftlomme. Dersom offeret har ei luftlomme slik at hypoksi kan ha oppstått etter nedkjøling, støttar litteraturen at overleving er mogleg med aggressiv behandling og oppvarming uansett tid og temperatur.

Konklusjon – Det er i litteraturen ikkje grunnlag for å trekkje retningslinjene i tvil. Dokumentasjonen byggjer likevel på evidens av låg kvalitet, basert på retrospektive studiar, caserapportar og studiar som ikkje er direkte relatert til tema. Ethiske omsyn avgrensar moglegheita for prospektive studiar. Vidare forskning er uansett essensielt.

Innleiing og bakgrunn

Vinteren 2009/10 vart det på verdsbasis rapportert om 249 dødsfall i snøskred (1). I Noreg har det frå 1972 omkomme 189 personar i snøskred, i snitt omtrent 5 personar pr år (figur 1). 79% av offera har vore på tur i fri natur, 12% på vegar og 10% omkom i snøskred som råka hus eller hytter. Medan skredulukker på veg og i bustadområde er relativt sjeldne, og ser ut til å vere i tilbakegang, viser ulukkestal for ferdsel i naturen på fritid eller jobb ein svak aukande tendens (2). Den aukande populariteten til alpine rekreasjonsaktivitetar kan vera ein av årsakene til dette. Sidan det i Noreg er relativt få ulukker, vil enkeltulukker og varierende snøforhold frå år til år gjere store utslag på statistikken. Vinteren 1985/86 omkom heile 16 soldatar i skred på militærøving i Vassdalen i Troms. Dei spesielle snøforholda vinteren 2009/10, med vedvarande svake lag i snøen grunna sterke og langvarige kuldeperiodar, førte til heile 9 dødsulukker. Liknande forhold denne sesongen gjer at vi allereie per 22. februar har 6 dødsulukker, 5 som dreiv rekreasjonsaktivitetar i fjellet og 1 brøytebilsjåfør. For dei siste ni vintrane er talet på omkomne 33, av desse var 13 (40 %) skikøyrarar, 8 skigåarar (25 %) og 5 kørte snøscooter (15%) (2).



Figur 1: Dødsfall i snøskred i Noreg sidan 1972, fordelt på tur, veg og hus. Henta frå NGI sin nettstad (2).

Desse ulukkene representerar ein stor utfordring for redningsmannskapa. Dei skjer i alpint terreng, i vanskeleg tilgjengelege område, ofte i dårleg vær og med den same skredfare som skredulukka har skjedd under. Hohlrieder et al. (3) fann i ein gjennomgang av 85 skredulukker i Tyrol i Austerrike at berre 27.3% av redningsaksjonane vart utført ved moderat skredfare (faregrad 2). Fleirtalet, 61.6%, vart utført ved markert skredfare (faregrad 3), medan 11,1% føregjekk ved stor skredfare (faregrad 4). Frå 2001 til 2002 rapporterte ICAR (International commission for alpine rescue) om fem dødsfall blant redningspersonell i samband med redningsaksjonar ved snøskred i Europa (4). Vurdering av redningspersonell sin sikkerheit må vegast mot potensiell gevinst av å frakta pasienten til sjukehus, og gode retningslinjer for slike prioriteringar er sentralt. Det er i mange tilfelle også langt til sjukehus med traumemottak og intensivavdeling, og transport og avansert behandling av pasientar med hjartestans og djup hypotermi er svært ressurskrevjande. Særleg utfordrande er det når ulukkene har meir enn eitt offer. I Noreg har vi sidan 2002 hatt 29 dødsulukker med 33 døde, der 53 personar totalt var begravd (5). Viktigheita av å prioritere den med best moglegheit for å overleve er då innlysande, med omsyn til å starte resuscitering eller halde fram med søk etter andre offer. Ulukka i Vassdalen (6) (7), der heile 31 soldatar vart tekne av skredet og 16 omkom, illustrerer kompleksiteten i redningsarbeidet når det er mange forulukka, vanskelige vêrforhold og stor fare for nye skred både i leiteområdet og leirområdet.

Dersom enkle, prognostiske parametar på førehand kan nyttast til å identifisere pasientar som ikkje vil ha nytte av resuscitering, vil redningsmannskap kunne unngå å opphalde seg for lenge i risikoutsett terreng, store ressursar til nyttelaus behandling vil bli spart, og innsatsen vil i skredulukker med fleire offer kunne rettast mot pasientane med størst sjanse for å overleve. På ei anna side er det svært viktig at pasientar ikkje ekskluderast på bakgrunn av retningslinjer som ikkje er godt

Litt om snøskred

Eit snøskred vert utløyst når kreftene som held snøen på plass, er mindre enn belastinga snøen må bere. Det er to hovudtypar av skred, flakskred og laussnøskred. Flakskred er den farlegaste typen, og utløysast når eit fast, samanhengande flak av snø sklir ut fordi eit svakare lag under flaket går i brot. Eit typisk flakskred som tek livet av eit menneske er omtrent 50 cm tjukt. Snøen i laussnøskreda dannar ikkje flak, og startar i eitt punkt og spreier seg nedover. Ut frå været og lagdelinga i snøen graderast skredfare i faregrad 1-5. Ulukkestal frå Sveits viser at det skjer klart flest ulukker ved faregrad 4:

Faregrad 1: Liten skredfare. 1 ulukke per dag.

Faregrad 2: Moderat skredfare. 3 ulukker per dag.

Faregrad 3: Markert skredfare. 10 ulukker per dag.

Faregrad 4: Stor skredfare. 34 ulukker per dag.

Faregrad 5: Meget stor skredfare. 6 ulukker per dag (45).

dokumenterte. ICAR MEDCOM utarbeida og publiserte i 1996, revidert i 2001, ein eigen algoritme for skredredning (8). Før dette eksisterte ingen konsensus på feltet, og redningsarbeidet var stort sett basert på personleg erfaring og preferansar blant redningsmannskap. Det europeiske resuscitasjonsrådet (ERC) kom i oktober 2010 med nye retningslinjer (9) for resuscitering, og inneheldt for fyrste gong spesifikke retningslinjer for skredulukker. Kriteria for å starte resuscitering av skredoffer med hjartestans i 2010 European guidelines on resuscitation og i ICAR sin algoritme er samanfallande.

2010 European guidelines on resuscitation

ERC utviklar retningslinjer og anbefalingar for basal og avansert hjerte-lungeredning tilpassa Europeiske forhold, som nasjonale resuscitasjonsråd, deriblant Norsk resuscitasjonsråd (NRR) rettar seg etter. Dei byggjer på såkalla CoSTR-dokument (Consensus on Science and Treatment Recommendations) utarbeida av ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation) (10). Retningslinjene oppdaterast jamleg, og 2010 European guidelines on resuscitation (9) inkluderte fylgjande råd for resuscitering av skredoffer:

Avalanche burial

In Europe and North America, there are about 150 snow avalanche deaths each year. Most are sports-related and involve skiers, snowboarders and snowmobilers. Death from avalanches is due to asphyxia, trauma and hypothermia. Avalanches occur in areas that are difficult to access by rescuers in a timely manner, and burials frequently involve multiple victims. The decision to initiate full resuscitative measures should be determined by the number of victims and the resources available, and should be informed by the likelihood of survival (10). Avalanche victims are not likely to survive when they are:

- buried >35 min and in cardiac arrest with an obstructed airway on extrication;
- buried initially and in cardiac arrest with an obstructed airway on extrication, and an initial core temperature of <32°;
- buried initially and in cardiac arrest on extrication with an initial serum potassium of >12 mmol.

Full resuscitative measures, including extracorporeal rewarming, when available, are indicated for all other avalanche victims without evidence of an unsurvivable injury.

Figur 2: Anbefalingar for resuscitering av skredtatte. Henta frå ERC guidelines on resuscitation (10).

Oppsummert set retningslinjene grensa for å overleve til 35 min, eller kroppstemperatur 32°C, dersom det ikkje er luftlomme til stades. Dersom offeret har vore begravd lenger enn 35 minutt og det er ufrie luftvegar, skal det ikkje startast resuscitering. Dersom kroppstemperaturen er lågare enn 32°C kan ein anta at personen har vore begravd lenger enn

35 minutt, og dette kriteriet brukast når tid frå begravning er ukjent. Dette er såleis også eit kriterium som omhandlar tid, og kjernetemperatur lågare enn 32°C i seg sjølv er ikkje kontraindikasjon for resuscitering. Det kan bemerkast at ERC ikkje nyttar formuleringa ”luftlomme” (air pocket), men berre tek stilling til om det er teikn til obstruksjon av luftvegane (airway obstruction) eller ikkje. Dette har ein praktisk betyding, då slike luftlommer kan vere vanskelige å identifisere, og ofte blir øydelagde i utgravinga av offeret. Dersom luftvegane ikkje er stengde av snø eller debris reknast dei etter retningslinjene som ikkje obstruerte, og pasienten skal då uansett resusciterast, med unntak av situasjonar med openbart dødelege skadar (11).

Føremålet med oppgåva

Retningslinjene baserer seg på prognostiske parametarar for å fastsetje kven det nyttar å behandle, og kven som ikkje vil greie seg uansett innsats av avansert behandling, nemlig tid, patente luftvegar, kjernetemperatur og s-kalium. Problemstillinga i denne oppgåva vil vere å undersøke kor godt dokumenterte desse retningslinjene er, med vekt på tidsgrensa på 35 min, tilstadevering av ei luftlomme eller opne luftvegar og temperaturgrensa på 32°C. For å belyse problemstillinga vil eg gjere greie for dødsårsakar og patofysiologi i skredulukker, og gjere greie for studiar som belyser kriteria.

Temperatur kjem inn i triage av skredtatte der det er usikkert kor lenge offeret har vore begravd. ILCOR (10) viser også til at det er redusert sjanse for overleving når kroppstemperaturen går under 32°C, og refererer til generell litteratur på hypotermi. Sidan det ikkje er temperaturen i seg sjølv som er kontraindikasjon mot oppvarming, vil eg i denne oppgåva legge vekt på å undersøke evidensen for dette som tidskriterium.

Krav til s-kalium gjer seg fyrst gjeldande ved ankomst sjukehus, og påverkar avgjerda om det skal startast oppvarming med ekstrakorporeal sirkulasjon, eventuelt om pasienten skal sendast vidare til større sjukehus der dette er mogleg. S-kalium får ikkje betyding for avgjerder prehospitalt. Dette kriteriet vil eg ikkje gå nærare inn på i oppgåva.

Metode

Eg vil i denne oppgåva forsøke å svare på problemstillinga ved ein gjennomgang og vurdering av relevant litteratur funne ved søk i PUBMED og EMBASE. I tillegg vart ein del artklar henta frå referansane til andre artklar eg vurderte som pålitelege, då i sær artiklane som

ILCOR har vist til i sitt konsensusdokument (10), og vidare artiklane i reviewet til Boyd et al. (12), som ERC viser til i retningslinjene (9).

For å utforme ein søkestrategi brukte eg verktøyet PICO. P (population) blei då skredtatte, I/C (intervention/control) å vere begravd > eller < 35 min med eller utan luftlomme, O (outcome) overleving. PICO-spørsmålet vart formulert til; blant totalt begravde skredoffer, kva effekt har tida frå begravelse til utgraving og tilstadevering av patente luftvegar på overlevinga?

Søkestrategien i PUBMED var <avalanche AND (time OR air pocket OR airway patency) AND (survival OR resuscitation)>. Eg brukte funksjonen <limits> til å berre inkludere studiar på engelsk og norsk. Det vart også gjort eit søk på <avalanche> i EMBASE og i Cochrane Library. I Cochrane library fann eg ikkje aktuell tilleggs litteratur som ikkje allereie var identifisert via PUBMED. Ved å gjennomgå abstractet til alle artiklar som omhandla snøskred, vart relevante artiklar plukka ut.

Då dette er eit felt med relativt lite litteratur, valde eg å inkludere alle relevante studiar, uansett design. Litteraturmengda gjer også at det ikkje er føremålstenleg eller nødvendig med eit like presist avgrensa søk og strenge inklusjonskriteriar som på fagområde der det er publisert større mengder litteratur.

Det er publisert ein god del artiklar på tysk, som det visast til i engelsk og norsk skredlitteratur. Eg har i enkelte tilfelle brukt sitat frå desse artiklane, funne i engelskspråklege artiklar, men har då ikkje hatt moglegheit til å gå inn i originalartikkelen for å sjekke dokumentasjonen. Der det finns engelske abstract har eg gått inn i desse for å best mogleg validere sitata. Eg har i desse tilfella referert både til artikkelen der eg fann sitatet, og den tyske originalartikkelen.

Definisjonar

Luftlomme: Eitkvart luftrom kring nase og munn, uansett størrelse, med ein patent luftveg. ”Inga luftlomme” kan berre fastsetjast når munn og nase er fullstendig tetta av snø eller debris (11).

Fullstendig begravning: Hovud og bryst er dekkja av snø (8).

Asfyksi, hypoksemi, hypoksi, hyperkapni: Asfyksi er i rettsmedisin definert som forstyrring av den normale gassutvekslinga i organismen. Det finnast då hypoksemi, lågt oksygeninnhald i blodet, og hyperkapni, auke i blodets innhald av karbondioksid. Dette fører til låg

oksygentensjon i veva, hypoksi. Hypoksi fører til svikt i cellenes energiomsetnad, slik at dei vert øydelagde. Hypoksi kan ha fleire årsaker, blant anna at oksygentilførsel til blodet er hindra grunna obstruksjon av luftveggar eller samanpressing av thorax (13). Situasjonar med respirasjon av luft med for lite oksygen eller akkumulerte gassar vil også føre til asfyksi (14).

Hypotermi: Kjernetemperatur under 35°C (35).

Årsaker til hjertestans og død i snøskred

Kva mekanismar som tek liv i skred har fundamental betydning for retningslinjer vedrørande behandling og resuscitering. Kva som forårsakar ein hjertestans er avgjerande for om eit resusciteringsforsøk har potensiale til å lukkast. Det er gjort fleire retrospektive studiar som freistar å kartleggja dei relative bidraga av ulike dødsårsakar i skredulukker. Hohlrieder et al. (15) undersøkte alvorlegheit av skadane til 105 skredoffer innlagt ved University Hospital of Innsbruck mellom 1996 og 2005. 36 av offera døyde, og ved obduksjon og kliniske, radiologiske og elektrofysiologiske undersøkingar fann forfattarane at asfyksi var den vanlegaste dødsårsaken og stod for 91.7% av dødsfalla. Berre 5.7% døyde av traume åleine, medan 1 offer vart konstatert død av hypotermi. McIntosh et al. (16) fann ved gjennomgang av obduksjonsfunn og rapporterte omstende rundt 51 dødsfall i skredulukker i Utah mellom 1989 og 2006, at 85.7% av dødsfalla skuldast asfyksi, 8.9% ein kombinasjon av asfyksi og traume og 5.4% traume åleine. Ingen av dei 56 offera i studien døyde av hypotermi. Artikkelen går ikkje inn på kva slags obduksjonsfunn konklusjonane byggjer på, og på ein del av offera vart det berre gjort ei ytre likundersøking.

Boyd et al. (17) publiserte i 2009 i ein retrospektiv studie av autopsi- og likundersøkingmateriale frå 204 skredoffer i Canada mellom 1984 og 2005. Dei fann at 75% av dødsfalla skuldast asfyksi, medan 24% skuldast traume åleine. I tillegg hadde 9% av asfyksioffera traume som mogleg medverkande dødsårsak. Heller ikkje denne studien gjer greie for dei spesifikke funna ved obduksjon. Andel døde av traume varierte med aktivitet – frå 9% på snøscooter til 42% av isklattrarar. Denne studien fann altså at traume stod for ein større del av dødsfalla enn det er rapportert i europeiske materiale, og argumenterar for at traume har større betydning enn tidlegare anteke. At tala varierer mellom ulike land og kontinent kan skuldast fleire faktorar. Landskapsformasjonar som mykje klipper og skog kan føre til at traume får større betydning som dødsårsak, i tillegg til at ulik utbreiing av aktivitetstypar bidreg.

Det finnast også materiale på norske ulukker. Stalsberg et al. (7) (6) studerte autopsifunn frå 2 skredulukker med til saman 18 omkomne i Troms i 1986 og 1987. I den eine ulukka fann dei brotskadar på begge dei to involverte, truleg fordi det her var mykje skog. I den andre ulukka, i Vassdalen der 16 soldatar omkom, hadde berre ein av dei omkomne alvorleg mekanisk traume, sett vekk frå skader som skuldast generell kompresjon av kroppen. Forfattarane konkluderar med at asfyksi grunna ekstern kompresjon av thorax var den viktigaste dødsårsaken i ulukkene. Dei rapporterar imidlertid om svært hardpakka snø i begge ulukkene, og det kan ikkje utelukkast at grunna spesielle snøforhold her kan ikkje resultatata overførast til majoriteten av skredulukker. Hypotermi såg ut til å ha spelt liten rolle. Ein caserapport av Gray støttar at kompresjon av thorax er ein aktuell mekanisme når snøen er våt (18).

Asfyksi er i samtlige publikasjonar den viktigaste dødsårsaken, men kan ha ulike årsaker. For det første kan det skuldast obstruerte luftvegar, for det andre at det er for lite luft tilgjengelig i snø, for det tredje at det dannast ei linse av is som hindrar diffusjon av gass, og for det fjerde at vekta av snøen hindrar utviding av brystkassen (6).

Det er anteke at hypotermi og meir gradvis asfyksi bidreg som dødsårsakar når offer som har luftlomme blir liggande under snøen i lengre tid (19). Det argumenterast likevel i fleire publikasjonar for at denne mekanismen har liten betydning (8). Hastigheit av nedkjøling i snø er rekna til å vere frå 0.7°C til 3.0°C (20) og det vil ta tid før kroppstemperaturen er så låg at den er livstruande (16). I dei fleste skredulukker vil offeret døy av asfyksi før dette inntre (19).

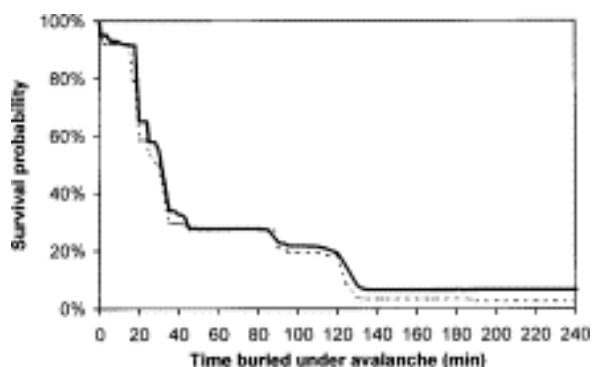
Studiar på resuscitering (21) (22) og bruk av ekstrakorporeal sirkulasjon ved hypotermi viser at pasientar med initial asfyksi har svært dårleg prognose. Retningslinjene for resuscitering freistar difor å skilje ut tilfella der hjartestans har oppstått grunna asfyksi før hypotermien tilkom, ved hjelp av tid, patente luftvegar og kjernetemperatur. Å skilje asfyksi og hypotermi er også essensielt for riktig behandling – dersom offeret er begravd mindre enn 35 minutt kan ein gå ut frå at det er asfyksi som skal behandlast, og rask ekstraksjon er prioritert. Ved lengre begravningstid skal offeret behandlast som hypoterm, med langsam og svært varsam ekstraksjon (23).

Tidsfaktoren

At dei fleste skredoffer døyr av asfyksi, betyr at dei er i live ei viss tid etter skredet, og har potensial for overleving dersom dei gravast ut i tide (16). Overleving i skred er nært forbunde

med tid under snøen. Falk et al. (19) brukte presise data frå alle skredulukker i Sveits frå 1981 til 1991, inkludert 422 begravde skikøyrarar der 241 døydde, og kalkulerte overlevingssannsynlighet relatert til tid før ekstraksjon. Det viste seg å ikkje vere eit lineært forhold, slik tidlegare anteke. Kurva har sidan vorte kalla "the survival curve", og er i dag framleis det viktigaste grunnlaget for 35 minuttarkriteriet. Ved 15 min var sjansen for å overleve så høg som 92%, men sank deretter dramatisk til 30% ved 35 min, og representerte i fylgje forfattarane død som fylgje av akutt asfyksi. Dei hevda at overleving var umogleg etter 35 min dersom det ikkje var ei luftlomme til stades. At kurva dei neste 55 minutta viser rimeleg konstant overleving indikerar at offer som framleis lever har ei luftlomme ved starten av denne fasen. Frå 27% overleving ved 90 minutt gjer kurva her ein ny knekk til berre 3% ved 130 minutt, representert av død grunna gradvis utvikla hypoksi og hypotermi, dersom luftlomma ikkje kommuniserar med utsida.

Kurven til Falk et al. vart rekalkulert av Brugger et al. (8) med inklusjon av alle ulukker fram til 1998, i alt 638 fullstendig begravde skikøyrarar (figur 3). Materialet stadfesta eit bratt fall i overleving frå 15 til 35 minutt, med ein latent fase for offer med luftlomme mellom 35 og 95 minutt, slik Falk et al. fann.



Figur 3: Kurve for overlevingssannsynlegheit for fullstendig begravde skredoffer i Sveits 1981-98, $n=638$ i Brugger et al. (heiltrekt linje), samanlikna med Falk et al. si kurve, 1981-91, $n=422$ (stipla linje).

Hohlrider et al. (24) sitt retrospektive studie av skredulukker i Sveits frå 1994 til 2003 støttar at overleving er nært forbunde med tid, ved å vise at når bruk av skredsøkarar reduserte begravningstid, sank mortaliteten også signifikant. Ifylgje ILCOR sitt konsensudokument (10) og det systematiske reviewet av Boyd et al. (12) er kurvene bekrefta i to andre studiar, publiserte på tysk (25) (26). Også desse er gjort på sveitsiske data, delvis overlappande med

dei andre studiane. Verken desse eller materiala til Falk et al. og Brugger et al. Rapporterer om overlevande over 35 minutt utan luftlomme.

ILCOR viser vidare til at det i ei rekkje studiar nemnast caseeksempel med skredoffer som vart gravd fram etter lengre tid enn 35 minutt og utan luftlomme, som ikkje overlevde (27) (28) (6) (29) (30), og at dette støttar tidskriteriet. Blant desse er det både caserapportar og casar som er del av ulike typar studiar. I den fyrste, ein retrospektiv studie av biletfunn for å kartlegge skadar hjå skredoffer, rapporterer Grosse et al. (28) om 2 omkomne som vart funne etter høvesvis 40 og 60-90 minutt utan luftlomme. Begge vart forsøkt resuscitert, hjå den første oppstod ROSC, men det vart seinare funne oppheva cerebral sirkulasjon ved angiografi. Han hadde kjernetemperatur på 27 grader initialt, men det er ikkje opplyst om dette vart målt på staden eller ved ankomst sjukehus, kva målemetoden var, eller om ekstrakorporeal oppvarming vart forsøkt. Funn på CT caput passa med cerebral hypoksi og ødem. Hjå den andre omkomne pasienten vart ROSC ikkje oppnådd. Dei 12 overlevande som visast til i denne studien hadde alle vore begravd i mindre enn ein halv time, bortsett frå ein person som hadde ei stor luftlomme og var begravd i nesten 1 time. Vidare nemner Radwin et al. (30) ein case der 3 personar begravast i 40 minutt. Den eine overlever ved bruk av AvaLung (sikkerheitsutstyr som transporterar ekspirert CO₂ vekk frå kroppen), dei to andre erklærest døde av asfyksi. Det er ikkje opplyst om dei to hadde luftlomme eller ikkje, eller om resuscitering var forsøkt. I ein retrospektiv studie av Mair et al. (27) der dei såg på prognostiske markørar for overleving av hypotermi med hjertestans behandla med ekstrakorporeal sirkulasjon, var 12 av dei 22 casane skredoffer. 8 av desse oppnådde ikkje ROSC. Dei hadde ikkje luftlomme, men tid under snøen er ikkje opplyst i artikkelen. Obduksjonsfunn tyda på at dei hadde døydd relativt raskt av asfyksi, men det er ikkje gjort greie for kva obduksjonsfunn som førte til denne konklusjonen. Eitt skredoffer overlevde i studien, om dette tilfellet er det opplyst at ho var i live ved utgraving, og seinare gjekk i hjertestans. Tre andre skredoffer oppnådde ROSC, men døydde seinare på intensivavdelinga. Heller ikkje om desse er det informasjon om tid og luftlomme. I tillegg til å vera retrospektive studiar, er dette studiar som i hovudsak omhandlar andre problemstillingar, og casane er kort og mangelfullt skildra. I Stalsberg et al. (6) (7) sitt materiale vart to av dei omkomne forsøkt gjenoppvarma, ein med hjerte-lunge-maskin og ein med peritoneal skylling, begge avbrotne utan hell då rektaltemperaturen nådde 36°C. Desse offera hadde ikkje luftlomme. I ein caserapport av Oberhammer et al. (29) om overleving i skred, nemnast det ein annan mann som også begravd i skredet, og vart funnen omtrent samtiding som den overlevande. Utan

teikn til luftlomme eller opne luftvegar, vart det etter ICAR MEDCOM sine retningslinjer (8) ikkje sett i gang resuscitering. Desse er alle eksempel nytta i ILCOR sit konsensusedokument (10) til å støtte at overleving over 35 minutt utan luftlomme ikkje er mogleg.

Det rapporterast også om offer som har overlevd over lengre tid trass total begravelse i raset, då med luftlomme. I ulukka i Vassdalen, skildra av Stalsberg et al., vart totalt 17 soldatar fullstendig begravd. Berre ein av desse overlevde, funnen 1,5 meter under snøen 3 timar etter at skredet lausna. Han stod då med ryggen mot ei beltevogn, og med ein arm føre ansiktet, som hadde skapt ei luftlomme. Ved utgraving var han medviten, men agitert og noko nedkjølt (rektaltemperatur på sjukehus 35°C). I tillegg til at han skapte seg ei luftlomme med armen føre ansiktet, har beltevogna sannsynlegvis beskytta han mot kompresjon av thorax.

Leitemannskapa rapporterte ikkje om at nokon av dei 16 omkomne hadde identifiserbare luftlommer. Det hadde hjå dei fleste danna seg eit isedekke rundt nase og munn, men i fylgje forfattarane kom dette truleg av utsiving av mageinnhald og ødemvæske frå lungene, og ikkje av at respirasjon hadde funne stad. Blodgassfunn tyder på at hjå enkelte av dei omkomne har det oppstått sirkulasjonsstans før oksygentensjonen nådde kritiske verdiar, medan andre hadde hatt sirkulasjon lenge nok til å oppnå svært låge verdiar. Forfattarane trur dei omkomne døydde i løpet av dei fyrste 20-30 minutta.

Oberhammer et al. (29) rapporterar overleving utan sekvele hjå ein 29 år gamal skikøyrar som vart funnen 3 meter under snøen etter 100 minutt. Mannen var medvitslaus, men pusta spontant i ei lukka luftlomme på omtrent 2-4 liter. Kroppstemperaturen var ved utgraving 22°C målt med øyretermometer, og under helikoptertransporten gjekk han i ventrikelflimmer (VF). Blodprøveresultat (blant anna s-Kalium 4.3, som er ein av kriteria i ERC guidelines) på det lokale sjukehuset avgjorde at pasienten skulle sendast vidare for ekstrakorporeal oppvarming. 225 min etter at han vart begravd ankom han Innsbruck Medical University, framleis i VF. Ekstrakorporeal oppvarming vart starta, og ved kroppstemperatur på 34,5°C grader lukkast defibrillering, etter totalt 150 min i hjertestans. Han overlevde utan sekvele. Forfattarane konkluderar med at det for å overleve over 35 min begravd i snø er absolutt naudsynt med ei luftlomme, men at dersom ein har ei slik lomme, må sjølv svært nedkjølte offer behandlast med optimisme. Dei meiner rapporten støttar ICAR MEDCOM si grense for tid, som er den same som i ERC guidelines.

Gray (18) rapporterte i 1987 om ein 32 år gamal kvinneleg skikøyrar, som overlevde eit skred med våt snø etter å ha vore begravd i 20 minutt på 0.75 m. Då hovudet var gravd fram vart det

forsøkt ventilering, men dette lukkast ikkje før snøen var fjerna også frå overkroppen. Då var det lett å ventilere ho. Utviding av thorax, og dermed all moglegheit for respirasjon var hindra av vekten av snøen. Forfattarane tolka dette som at ho trass i åpne luftvegar, ikkje hadde pusta på 20 minutt. Forfattaren hevdar at sidan apnoe i 20 minutt normalt resulterer i død, må beskyttande mekanismar spele inn under begravning i skred, for eksempel dykkerrefleks og beskyttande hypothermi. Det eksisterar i følgje forfattaren svært få rapportar på overleving utan respirasjon etter så lang tid som 20 minutt. Det har i denne oppgåva vore leitt etter, men utan hell. Dei fleste caserapportar om overlevande i skred omhandlar personar som har overlevd lengre tids begravning, med luftlomme.

Luftlomme

Ut frå kalkuleringar gjort på skreddata er det postulert at overleving over 35 min er umogleg utan luftlomme, og det er hevda at plataet i overleving mellom 35 og 90 minutt er fordi det eksisterar ei slik lomme (19) (8). Tidlegare i oppgåva har vi sett i fleire case-rapportar at skredoffer har overlevd lenge under snøen. I forsøk på å kartleggje korleis dette er mogleg, er det gjort studiar der frivillige let seg begrave i snø medan dei monitorerast med blant anna respiratoriske parametarar. Desse kan medverke til å belyse blant anna kor lenge det er mogleg å overleve, kor stor ei luftlomme må vere for å oppretthalde liv, betydning av snøtettleiken rundt lomma og patofysiologien ved denne typen asfyksi.

Radwin et al. (31) gjorde eit forsøk med 8 frivillige som lot seg fullstendig begrave i snø medan dei pusta direkte i snøen gjennom ein device som frakta alt ekshalert CO₂ ut til overflata, utan luftlomme. Som kontroll vart 5 av dei 8 forsøkspersonane på nytt begravd utan device som fjerna CO₂, og pusta inn i ei lita luftlomme med størrelse som ein knyttneve. Ved å demonstrere at forsøkspersonane oppnådde normal oksygenering og ventilering når CO₂ vart transportert vekk, demonstrerte dei at akkumulering av ekshalert CO₂ ved fortrenging av oksygenet er hovudårsaken til asfyksi ved begravning i snø, og ikkje at det er for lite oksygen i snødekket. Forsøkspersonane var begravd i gjennomsnitt 88 minutt med fjerning av CO₂, medan kontrollane avbraut etter gjennomsnittleg 10 minutt (P=0.003). I kontrollforsøka vart forsøkspersonane signifikant hyperkapne (P<0.01) og hypoksiske (P<0.02), medan desse endringane ikkje var signifikante då CO₂ vart transportert vekk.

Grissom et al. (32) studerte respiratoriske variablar i 7 frivillige som lot seg fullstendig begrave i snø, for å samanlikne data ved bruk av ei kunstig luftlomme, AvaLung™

(sikkerheitsutstyr som fjernar utpusta CO₂ frå luftlomma) med begravning utan slik device, ved pusting inn i ei luftlomme på 500 cm³. Studien har som mål å vurdere nytten av dette overlevingsproduktet ved å samanlikne varigheit av adekvat oksygenering med og utan device, men bidreg også med data om fysiologien ved begravning i snø. 8 frivillige vart først fullstendig begravde med device, deretter utan. 1 person trekte seg før begravning utan device. Forsøket vart avbrote av forsøkspersonen sjølv, etter 60 min eller når SpO₂ < 84%. Gjennomsnittleg tid under snøen var 58 min med device og 10 min utan (P=0,001). SpO₂ sank til gjennomsnittleg 90% med device, og til 84% utan (P=0,2). ETCO₂ (end tidal CO₂) steig frå gjennomsnittleg baseline (i fri luft før forsøket) på 32 mmHg til 45 mmHg med device og 54 mmHg utan (P=0,02). Ved ekstrapolering av kurvene frå begravning utan device, fann dei at etter berre 15 minutt ville ETCO₂ bli så høg at den ville kompromittere partialtrykket av oksygen så mykje at medvitstap og død ville inntre. Dette resultatet indikerer at eit offer med ei luftlomme på 500 cm³ vil døy av hypoksi relativt raskt. Dei fann også at diffusjon av CO₂ er inverst relatert til snøtettleik, og vil, sidan hypoksi oppstår ved at CO₂ fortrenger O₂ i lungene, ved auka tettleik raskare føre til kritiske verdiar av O₂ i blodet.

Brugger et al. (33) gjorde eit prospektivt, randomisert 2x2 crossover-studie på patofysiologiske respiratoriske endringar ved begravning i snø med luftlomme. Målet var å relatere funna til overleving i skred, og forklare korleis det var mogleg at skredoffer kunne overleve i lang tid, med berre små og lukka luftlommer. 12 frivillige (28 testar) sat utanfor snømassar av varierende tettleik som simulerte skred, og pusta inn i ei kunstig forma luftlomme på 1 og 2 liter gjennom ei maske og ei 40 cm lang tube. Dei var blinda for størrelsen på luftlomma, og det var ein 2 timars "washout-period" mellom dei to testane. SpO₂ sank meir med luftlomme på 1 l enn 2 l, og var korrelert til snøtettleik. Forfattarane konkluderar med at grad av hypoksi er relatert til størrelse på luftlomma, snøtettleik og ukjende individuelle karakteristika. 17 av 28 testar måtte avbrytast på grunn av hypoksi (SpO₂<75%), men at det i 5 av testane oppstod eit "steady state" i minst 20 minutt meinar forfattarane stadfestar at overleving er mogleg over lang tid med berre ei lita luftlomme, i motsetning til Grissom et al. som fann at ein ville døy av hypoksi relativt raskt. Funnet av eit slikt steady state stemmer overeins med platået i overlevingskurva (19) (8). Dei konkluderar også med at formen på luftlomma kan ha betydning, ved at overflateareal/volum-ratio kan vera ein avgrensande faktor når gassutvekslinga er korrelert til overflateareal. Dette kan vere grunnen til at det i sveitsiske caserapportar er funne overlevande med luftlommer som strekker seg over både ansikt og bryst, men med svært små volum. Forfattarane meinar at med

dette er definisjonen av luftlomme som "eitkvart holrom som omringar munn og nase med frie luftveggar", validert.

Hypotermi

Fysiologiske effektar ved hypotermi

Hypotermi definerast som kjernetemperatur under 35°C. Kjernetemperaturen i kroppen styrast ved å regulere varmeoverføringa mellom kroppens kjerne og periferi, ved vasokonstriksjon og -dilatasjon (34). Perifert regulerast temperaturen ved endring av hudperfusjon og sveitteproduksjon. Når hypotermi oppstår vil kroppen forsøke å motverke denne forstyringa i homeostasen, fyrst og fremst ved å auke sympatisk tonus, vasokonstriksjon i hud og varmeproduksjon ved skjelving og auka metabolisme. I starten vil det oppstå takykardi, deretter bradykardi (34). Sjansen for arytmiar er liten ved lett hypotermi, men aukar når temperaturen går under 32°C (35). Grad av medvit synk med temperaturen. I ICAR sine retningslinjer (8) brukast eit graderingsverktøy laga av Swiss Society of Mountain Medicine. Ved grad 1 er temperaturen 35-32°C, pasienten er vaken og skjelv. Ved grad 2 er pasienten sløv, og skjelv ikkje. Temperaturen er då 32-28°C. Ved hypotermi grad 3 er pasienten medvitslaus og temperaturen er 28-24°C. Ved lågare temperaturar er pasienten i respirasjonsstans, hypotermi grad 4 (8).

Beskyttande effektar av hypotermi har vore utnytta sidan oldtida, og vart blant anna nytta av Hippocrates (35). Hypotermiens rolle i beskyttelse mot nevrologisk skade i situasjonar med hypoksi har vore mykje forska på i seinare tid, og terapeutisk hypotermi er i dag ein viktig del av behandlinga ved hjartestans. Hypotermi senkar hjernens oksygenforbruk med 5-7% per grad (46), men den neuroprotektive effekten skuldast ikkje berre denne metabolske komponenten. Ischemi fører til destruksjon av hjerneceller, ein prosess som kan vare i fleire dagar etter skaden. Hypotermi beskyttar cellene mot apoptose, betrar ione-homeostasen og hemmar neuroeksitatoriske prosessar i hjerneceller under ischemi og reperfusjon. Den hemmar dannning av frie radikalar, samt immunologiske og inflammatoriske responsar som forverrar infarkt, og bidreg til å oppretthalde blod-hjernebarrieren og dermed hindre utvikling av ødem (35). Dei gunstige effektane av hypotermi forutset at pasienten er medvitslaus. Dersom pasienten er vaken, vil forsøk på å motverke den låge kjernetemperaturen snarare føre til auka metabolisme og såleis vere ugunstig.

Hypotermi i skredulukker

Då Brugger et al. (11) publiserte forgjengaren til ICAR sine retningslinjer i 1996, viste dei til at risikoen for sirkulatorisk instabilitet aukar når temperaturen synk under 32°C (46). Med utgangspunkt i ein gjennomsnittleg nedkjølingshastigheit på $3^{\circ}\text{C}/\text{time}$ under snø (37), postulerte dei at skredoffer ville nå denne temperaturen etter ca 90 minutt. På dette tidspunktet viser også overlevingskurva (figur 3) det andre, bratte fallet i overleving, truleg grunna hypotermi (8) (19). Ein antek dermed, når tid frå begravning ikkje er kjent, at ved ein så låg kroppstemperatur har offeret vore begravd i omtrent 90 minutt, og med sikkerheit meir enn 35 minutt. $8^{\circ}\text{C}/\text{time}$ er berekna å vere maksimal nedkjølingshastigheit (37), men den raskaste målte nedkjølingshastigheiten er rapportert av Oberhammer et al. (29), og er $9^{\circ}\text{C}/\text{time}$. Denne rapporten er imidlertid kritisert for upålitelege målingar, men sjølv ikkje denne hastigheita vil kunne gi lågare temperaturar innan dei fyrste 35 minutta. ILCOR predikerer i sitt konsensusdokument (10) at ved denne maksimale observerte nedkjølingshastigheiten vil temperaturen kunne bli 32 grader etter 35 minutt (10). Forfattarane i rapporten tek antakeleg utgangspunkt i lågare kroppstemperatur før begravning i skredet, og meiner offeret kan ha nådd 32°C allereie etter 33 minutt (29). Det er ikkje graden av hypotermi i seg sjølv som er kontraindikasjon mot oppvarming, men den tida begravd i snø som denne temperaturen indikerer. Dersom det er ei luftlomme til stades, er det ingen nedre temperaturgrense for resuscitering.

Ein triade av hypoksi, hyperkapni og hypotermi gjer seg gjeldane hjå offer med luftlomme (33). Grissom et al. (20) fann i eit studie der 12 frivillige gjennomførte begravning i snø under hyperkapne og normokapne forhold, at hyperkapni aukar hastigheita på nedkjøling. Den same forskingsgruppa fann i eit anna studie (38) at dette var grunna auka varmetap gjennom respirasjon, men ikkje ved hemming av skjelving slik dei hadde postulert. Samtidig har vi sett at hypotermi beskyttar hjernen mot hypoksiske skadar. Denne triaden av interagerande hypoksi, hyperkapni og hypotermi har vorte kalla "triple H-syndrome", og ser ut til å vera unik ved skredulukker (33).

Kor raskt nedkjøling skjer reknast som eit kjernesporsmål vedrørande 32°C -kriteriet. Grissom et al. fann at nedkjølingshastigheita er lågare enn tidlegare anteke, $1.2^{\circ}\text{C}/\text{time}$ ved hyperkapni og $0.7^{\circ}\text{C}/\text{time}$ ved normokapni. Forfattarane konkluderer med at for å komme under 32°C i kjernetemperatur må offeret ligge under snøen i over 180 minutt. I det andre studiet frå same gruppa var hastigheita 1.28 grader/time ved hyperkapni og 0.97 grader/time ved normokapni.

Dei fann i tillegg at afterdroppet stod for det største temperaturfallet i begge gruppene, og vektla ut frå det viktigeita av isolasjon etter at offeret er gravd ut.

Ein nyare caserapport frå 2010 rapporterer om eit skredoffer som overlevde 90 minutt begravning med luftlomme, der kjernetemperatur i akuttmottaket 25 minutt var 27°C, målt epitympanisk (39). Dette tilsvarande ein nedkjølingshastigheit på 6°C/time. Personen som overlevde 3 timar under snøen i Vassdalen-ulukka, hadde ein rektal temperatur på 35°C (6). Grosse et al. (28) opplyser at offeret som var begravd i 40 minutt hadde ein kjernetemperatur så låg som 27°C. Han hadde ikkje luftlomme, og vart seinare erklært hjernedød. Dette vil i så fall svare til ein endå raskare nedkjølingshastigheit enn i Oberhammer et al., men sidan det verken er oppgitt målemetode eller tidspunkta for målinga, leggast ikkje rapporten vekt på her.

For at hypotermi skal beskytte hjernen må den inntre før hypoksien oppstår. Fleire studiar viser at ekstrakorporeal oppvarming har svært liten sjanse for å lukkast når asfyksi inntreer først. Ruttmann et al. (22) fann at asfyksi-relatert hypotermi var den sikraste prediktoren for eit negativt resultat. Farstad et al. (21) fann i ein retrospektiv studie av resultat av oppvarming med ekstrakorporeal sirkulasjon ved aksidentiell hypotermi at pasientane med initial asfyksi hadde signifikant lågare overleving. Ei jente på 3.7 år overlevde imidlertid i gruppa med antatt asfyksi, men med betydeleg nevrologisk sekvele. Ho hadde leika i kaldt vatn i ca 1 time før ho var 1 time under vatn, noko som sannsynlegvis hadde gitt ho noko grad av beskyttande hypotermi før asfyksi oppstod. Dette studiet bekreftar ekstremt dårleg prognose for pasientar med asfyksi som oppstår før hypotermien. Jenta som overlevde illustrerer imidlertid at det er problematisk med absolutte kriteriar for resuscitering.

I Noreg i 1999 overlevde ei kvinne etter å ha vore fanga i kaldt vatn i ei issprekk i 1 time og 20 minutt, med kroppstemperatur på 13.7 grader og hjartestans (40). Ho var sannsynlegvis medviten dei fyrste 40 minutta, og betydeleg nedkjølt før hjarta stansa. Rapporten illustrerer at svært låge temperaturar kan i enkelte tilfelle overlevast, dersom nedkjølinga skjer først. Dersom nedkjølinga skjer før hypoksien kjem til, slik tilfellet kan vere med ei luftlomme, er det mogleg å overleve låge temperaturar.

Diskusjon

Eg har i dette litteraturstudiet gått inn på patofysiologi i skredulukker, og gått inn i litteratur som omhandlar overleving relatert til tid under snøen, tilstadevering av ei luftlomme og

kjernetemperaturen til offeret. Ingen studiar tyder på at retningslinjene i ERC guidelines ikkje har støtte i litteraturen. Spørsmålet om desse faktorane påverkar overleving er eit spørsmål om effekt, og effektspørsmål besvarast best med randomiserte, kontrollerte studiar. Slike studiar er openbart vanskeleg å gjennomføre på dette feltet, og evidensgrunnlaget består stort sett av retrospektive studiar og enkeltstående caserapportar, med dei svakheitane dette fører med seg. Dette vil eg no diskutere vidare.

Årsaker til død og hjertestans i skred

Alle studiane på patofysiologi finn at asfyksi står for størst del av dødsfalla. Kor vidt mekanismen bak asfyksien hovudsakleg er obstruerte luftvegar eller kompresjon av thorax, er meir usikkert. Etter asfyksi er traumer viktigaste dødsårsak, deretter kombinasjonen av hypotermi og meir langsam hypoksi. Eitt studie fann større innslag av traume (17), og dersom dette kan bekreftast i fleire studiar vil det måtte takast omsyn til i vidare utvikling av retningslinjene for behandling og resuscitering.

Desse studia er alle retrospektive, med dei avgrensingar som fylgjer. Obduksjonar og likundersøking har vore gjennomført på forskjellig måte av ulike personar. Postmortale funn ved asfyksi og hypotermi kan vera uspesifikke og avhengig av personen som tolkar funna. Det er ikkje gjort like godt greie for i alle studiane kva slags funn ved obduksjon konklusjonane baserast på. Stalsberg et al. (7) (6) gir mest detaljerte skildringar av postmortale funn, deriblant blodgassverdiar som støttar hypotesen om asfyksi.

Nøyaktigheit i rapportering frå redningsmannskapa vil vere ei potensiell feilkjelde i alle dei retrospektive studiane i denne oppgåva. Dette gjeld særleg rapportane frå dei mest uoversiktlege situasjonane, som ulukka i Vassdalen. Forfattarane nemner i artikkelen at det er noko motstridande opplysningar i legerapportane, blant anna når det gjeld kor mange som var totalt begravd. Det kan tenkast at dette gjeld alle opplysningar vedrørande skadestaden, som tid, luftlomme og andre omstende, i samtlige retrospektive studiar og rapportar i oppgåva.

Tidsfaktor

Dokumentasjonsgrunnlaget for tidsrensa på 35 minutt byggjer hovudsakleg på statistikk over overleving i forhold til tid. To retrospektive studiar (19) (8) av data frå skredulukker i Alpane demonstrerte at overleving i skred står i eit ikkje-lineært forhold til tid, med bratt fall i overleving mellom 15 og 35 min, og deretter ein platåfase i overleving fram til 90 min. Desse er i dag framleis den viktigaste dokumentasjonen for å setje tidsrensa ved 35 minutt. Til saman omfattar materialet 638 totalt begravde skredoffer. I tillegg visast det i ILCOR (10) og

Boyd et al. (12) til to tyske artiklar som også dokumenterar det same overlevingsmønsteret, som ikkje er vurderte i denne oppgåva. Falk et al. (19) og Brugger et al. (8) postulerer at det fyrste fallet i overleving representerer kveling av dei utan luftlomme, og at plataet skuldast at overleving er mogleg i ei luftlomme. Det gjerast ikkje greie for kva desse hypotesane byggjer på, og kor mange av offera som er gravd ut med og utan patente luftvegar på dei ulike tidspunkt. Artiklar som visast til i dokumentet og som ligg til grunn for utrekningane er tyske, og let seg ikkje kontrollere i denne oppgåva. Ein svakheit med slike retrospektive studiar kan som nemnt vere nøyaktigheita i rapportane dei byggjer på. Dei kan også tenkjast å mangle opplysningar om ulukker der offera har overlevd utan alvorlege skadar, då desse ikkje alltid rapporterast. Då Falk et al. sin artikkel kom ut i 1994 peika Rostrup og Gilbert på at desse datamateriala ikkje nødvendigvis er representative for Noreg, som har ein annan snøkvalitet enn i Alpane, bl.a. på grunn av mindre temperatursvingingar gjennom døgnnet (41). Det har i denne oppgåva blitt søkt etter liknande studiar på skredmateriale frå andre land enn Sveits, utan å lukkast. Sveits var først ute med detaljert registrering av alle skredulukker, men no som fleire land har kome etter er dette noko som bør vera utgangspunkt for framtidig forskning.

ILCOR (10) og Boyd et al. (12) viser til at ei rekkje casehistoriar (27) (28) (6) (29) (30) støttar at over 35 minutt utan luftlomme ikkje er forenleg med liv. Fleire av casane er imidlertid nemnde i studier med andre formål, og difor mangelfullt gjort greie for når det gjeld tid, luftlomme, kjernetemperatur og forsøk på resuscitering. I fleire casar går det fram at resuscitering ikkje er forsøkt, med basis i gjeldande kriteriar. Det må stillast spørsmål ved korleis slike kasus (29) kan nyttast som eksempel på at skredoffer ikkje overlever meir enn 35 minutt når luftvegane er obstruerte. Gjennomgang av casane gir likevel ikkje grunn til å trekke tidkriteriet i tvil, og det vart i denne oppgåva ikkje funne litteratur som peikar i annan retning.

Gjennomgått litteratur vedrørande tidskriteriet gir dessutan grunn til å tru at det nyttar å resuscitere alle med luftlomme, uansett kjernetemperatur og tid under snøen. Dette støttast av funnet av eit "respiratorisk steady state" i studien til Brugger et al. (33), og passar med plataet mellom 30 og 90 minutt i Falk et al. (19) si tidskurve, samt ei rekkje caserapportar om overlevande. Sidan det er vanskeleg for redningsmannskap å nå ulukkesstaden innan den første, bratte nedgangen i overleving, må det vektleggast at kameratredning er den beste moglegheita for overleving. Det er føreslått at 90 minutt, før det neste, bratte fallet i overleving, bør vere tidsmålet for organiserte leitemannskap (8). Langtids overleving er mogleg, men bør ettersom tida går vegast opp mot redningsmannskapas sikkerheit (42).

Det eksisterer lite materiale på offer utan luftlomme. Rapporten til Gray (18) er eit unntak, og forfattaren reflekterer over om det kan finnast liknande beskyttande mekanismar som ved drukning. At offeret hevdast å overleve 20 minutt fullstendig utan respirasjon er imidlertid kontroversielt, og det er usikkert om manglande respirasjon kan fastsetjast med slik sikkerheit som forfattaren antyder. Verken denne eller andre artiklar gjennomgått i oppgåva talar uansett i mot kriteriet om tid.

Luftlomme

To studiar tyder på at hypoksi hjå snøskredtatte oppstår fordi ekspirert CO₂ akkumulerar i luftlommer og gradvis fortrenger O₂ i alveolane, og ikkje at det er for lite oksygen i snødekket (32) (31). Eitt av studia (32) fann at kritisk hypoksi sannsynlegvis ville oppstå relativt raskt med ei luftlomme på 500 cm³, men at det var relatert til snøtettleik. Derimot fann Brugger et al. (33) at somme forsøkspersonar nådde eit steady state i utviklinga av hypoksi og hyperkapni i minst 20 minutt, som støtta at lengre tids overleving var mogleg, i tråd med plataet på tidskurva. Vi har også sett i fleire caserapportar at lang tids overleving er mogleg. At studia til Grissom et al. og Brugger et al. er gjort på forskjellig høgde, og at luftlomma er mindre i Grissom et al. sitt studie kan vere noko av grunnen til dei ulike funna.

Overførbarheiten av slike kontrollerte begravingar til verkelege snøskred må vurderast i forhold til variablar relatert til blant anna transporten i skredet, traumer, panikk hjå offeret og kroppsposisjon når skredet stoppar. Det kan vera skilnadar på plutseleg og gradvis begravning, og vanskar med respirasjon grunna kompresjon av thorax vil sannsynlegvis ikkje oppstå under kontrollerte studieforhold. Forsøkspersonane har i alle studia løpande kontakt med overflata, noko som kan ha hindra utvikling av panikk.

Desse forsøka har alle få forsøkspersonar (7-12 stk). Radwin et al. (31) hadde relativt stort fråfall, der 3 av dei 8 trakk seg før kontrollforsøket. I Radwin et al. og Grissom et al. (32) sine studiar var ikkje rekkefølga av testane randomisert, det vart først gjort begravning med device som transporterte vekk CO₂, og deretter kontrollforsøk utan device. Blinding var ikkje mogleg, og forsøkspersonane visste om dei pusta med eller utan device. Berre i Brugger et al. (33) sitt studie var forsøkspersonane randomiserte til kva test dei skulle utføre først, og blinda for om dei pusta i luftlomme på 1 eller 2 liter. Grissom et al. sin studie er kritisert for å vere finansiert av produsenten av redningsproduktet dei testa i studiet, AvaLung™. To av forfattarane er involvert i selskapet. Desse forholda er det opplyst om i artikkelen.

Litteraturen støttar at alle med luftlomme bør forsøkast resusciterast. Ein stor fare ved kriteriet om luftlomme når personen har vore begravd lenger enn 35 minutt eller har kroppstemperatur på under 32°C, er at feilvurdering av redningsmannskapet vil kunne føre til at eit offer som har potensiale for å overleve ikkje forsøkast resuscitert. I fylgje Brugger et al. (8) er redningsmannskap i Alpane godt trena til å vurdere dette. Definisjonen – opne luftvegar skal behandlast som luftlomme – skal også sikre at denne feilen ikkje skjer. Men med så mange årlege ulukker er mannskapet i Alpane sannsynlegvis dei som er aller best trena i skredredning, og det er ikkje nødvendigvis slik at redningsmannskap i land med mindre volum av skredulukker, er like gode på identifisere dette.

Meir forskning på både tid og luftlomme er naudsynt. Ein randomisert, kontrollert studie med begraving av griseungar har vore initiert (43), men avbrote grunna protestar frå dyrevernarar og dermed sterkt negativt fokus i media. Kanskje er det slike studiar som må til for å vidare belyse både tidskriteriet og luftlommeфизиologi ved begraving i skred.

Hypotermi

Vi har sett i fleire caserapportar at pasientar med luftlomme har overlevd hypotermi og hjartestans med aggressiv oppvarming. Overleving når temperaturen er lågare enn 32°C er mogleg, men er berre sett når det er ei luftlomme til stades, og ikkje når det har vore asfyksi før nedkjølinga. Dette støttast av generell litteratur på aksidentiell hypotermi (21) (22).

Skredtatte med luftlomme skal resusciterast uansett tid og temperatur, og 32°C-kriteriet har berre betyding for triage når det ikkje er luftlomme og tidsfaktoren er ukjend. Debatten om kor raskt nedkjøling kan føregå under snøen er difor sentral. I retrospektive studiar vist til i dokumentasjonen for kriteriet er denne berekna til å vere i gjennomsnitt 3°C/time og maksimalt 8°C/time (37), men dette er ein tysk artikkel som ikkje let seg undersøke i denne oppgåva. Grissom et al. har i to studier (20) (38) funne lågare nedkjølingshastigheitar i forsøk med begraving i snø, og at hyperkapni aukar denne hastigheita. Etter deira berekningar vil ikkje skredoffer nå 32°C før etter over 180 minutt. Svakheiter med dei to studia til Grissom et al. er at forsøkspersonane ikkje var blinda for om dei gjorde det hyper- eller normokapne forsøket, og at rekkjefølgja av dei to forsøka ikkje var randomisert. Skilnaden i nedkjølingshastigheit frå retrospektive studiar kan skuldast at deira målingar pågår medan offeret er under snøen, medan det i retrospektive studiar er målt på sjukehus og får med afterdroppet etter utgraving og under transport. Dette gjeld også caserapporten til Putzer et al. (39) som rapporterte nedkjølingshastigheit på 6°C/time. Temperatur vart ikkje målt før i

akuttmottaket, og vil vere lågare enn om målt ved utgraving. Varierende målemetodar i studia vil også bidra til feilkjelder. At det er stor variasjon i nedkjølingshastigheit er sannsynleg, og kan skuldast faktorar som påkledning, traumatisk hovudskadar, temperatur i snøen og grad av adekvat ventilasjon og oksygenering (20).

I caserapportar ser hastigheita ut til å variere, men i denne litteraturgjennomgangen er det ikkje funne godt dokumenterte rapportar om personar med lågare temperatur enn 32°C ved kortare begraving enn 35 minutt. Rapporten til Oberhammer et al. er den som er nærast å trekke temperaturkriteriet i tvil – forfattarane hevdar at offeret kan ha nådd 32°C allereie ved 33 minutt, medan ILCOR meinar temperaturen ved denne hastigheita *kan* nå grensa ved 35 minutt, avhengig av utgangstemperaturen til offeret. Rapporten er i tillegg kritisert for å ha brukt epitympanisk måling, som kan gi falskt låge verdiar ved hypotermi, i staden for måling i øsofagus (44).

Hypotermi beskyttar hjernen mot hypoksi ved hjelp av ei rekkje mekanismar, men asfyksi initialt gir svært dårlege sjansar for positivt utfall ved forsøk på oppvarming. Jenta som overlevde drukning i Farstad et al. (21) er eit unntak, men spesielle omstende har mest sannsynleg ført til at ho var noko hypoterm før drukninga. Derimot tyder både retrospektive studiar på overleving av aksidentiell hypotermi og caserapportar på at skredoffer med ei luftlomme tilstades skal behandlast med optimisme, uansett kjernetemperatur.

Konklusjon

Det er i gjennomgått litteratur einigheit om at asfyksi er den langt viktigaste dødsårsaken i skred, etterfulgt av traume og hypotermi. Det er i imidlertid ueinigheit om kor store delar av dødsfalla som skuldast traumer og hypotermi.

Asfyksi kan vere av obstruktiv type og føre til rask død hjå dei utan luftlomme, eller mekanismen kan vere ein meir langvarig prosess med ein kombinasjon av hypoksi og hyperkapni for dei med luftlomme. Tidsgrensa på 35 minutt for dei utan luftlomme byggjer på kalkulasjonar av overleving i forhold til tid, som viser høg overleving dei fyrste 15 minutta, og deretter eit bratt fall fram til 35 minutt, som sannsynlegvis skuldast kveling av alle offer utan luftlomme. Vidare er overleving relativt konstant, før den synk ved 90 min, der dei med ei lukka luftlomme dør av hypoksi og hypotermi. Etter dette overlever berre offer med ei lomme som har kontakt med utsida. Det er i gjennomgåtte studiar og caserapportar ikkje evidens for at skredoffer har overlevd lenger enn 35 minutt utan luftlomme. Derimot

eksisterar det ei rekkje caserapportar der personar har overlevd i lengre tid, tilsvarande plataet på overlevingskurva. Studier på luftlomme-fysiologi støttar at dette er mogleg, ved at eit respiratorisk steady-state kan oppstå hjå enkelte.

Dersom tid frå begraving er ukjend og pasienten har obstruerte luftvegar, nyttast kjernetemperatur for å avgjere om resuscitering skal initierast. Avkjølingshastigheit under snøen varier, men det er i denne oppgåva ikkje funne sikre haldepunkt for at 32°C kan nåast før tidsgrensa på 35 minutt. Dersom offeret har ei luftlomme slik at hypoksi kan ha oppstått etter nedkjøling, støttar litteraturen at overleving er mogleg med aggressiv behandling og oppvarming, og at det då ikkje bør vere ei øvre tidsgrense eller ei nedre grense for kjernetemperatur.

Evidensen for kriteria er likevel av låg kvalitet, då den grunna etiske utfordringar med prospektive og randomiserte studiar for det meste er basert på retrospektive studiar og caserapportar. Vidare forskning er naudsynt, blant anna burde nye kalkuleringar på skreddata ut frå norske skredrapportar vera mogleg. Dyrestudiar vil truleg og tilføre verdifull kunnskap om overleving i skred.

Referansar

1. **IKAR-CISA.** Avalanche rescue. Publications. [Internett] 2010. [Sitert: 30 Januar 2011.] <http://www.ikar-cisa.org/ikar-cisa/documents/2011/ikar20110211000712.pdf>.
2. **Norsk geologisk institutt.** Ulykker. [Internett] [Sitert: 1 februar 2011.] <http://www.ngi.no/no/snoskred/Ulykker/>.
3. **Hohlrieder M., Thaler S., Wuertl W., Voelckel W., Ulmer H., Brugger H., Mair P.** Rescue missions for totally buried avalanche victims: Conclusions from 12 years of experience. *High Altitude Medicine and Biology*. Fall, 01 september 2008, Vol. 9, 3, ss. 229-233.
4. **Etter, HJ.** Report of the Avalanche Subcommittee at the general meeting of the International Commission of Alpine Rescue. 2004. Sitert frå Hohlrieder et al.(3).
5. **Kjetil Brattlien, Norges geotekniske institutt.** Personlig meddelelse. 3 februar 2011.
6. **Stalsberg H, Albretsen C, Gilbert M, Kearney M, Moestue E, Nordrum I, Rostrup M, Ørbo A.** Mechanism of death in avalanche victims. *Virchows Archiv. A, Pathological Anatomy and Histopathology*. 1989, Vol. 414, 5, ss. 415-422.

7. **Rostrup M, Gilbert M, Stalsberg H.** Skredulykken i Vassdalen - Medisinske erfaringer. *Tidsskrift for den norske legeforening*. 1989, Vol. 109, 7-8, ss. 807-813.
8. **Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L, Falk M, Tschirky F.** Field management of avalanche victims. *Resuscitation*. 2001, Vol. 51, 1, ss. 7-15.
9. **Soar J, Perkins GD, Abbas G, Alfonzo A, Barelli A, Bierens JJ, Brugger H, Deakin CD, Dunning J, Georgiou M, Handley AJ, Lockey DJ, Paal P, Sandroni C, Thies KC, Zideman DA, Nolan JP.** European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: Electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, prena. *Resuscitation*. Oct 2010, Vol. 81, 10, ss. 1400-1433.
10. **Morrison LJ, Deakin CD, Morley PT, Callaway CW, Kerber RE, Kronick SL, Lavonas EJ, Link MS, Neumar RW, Otto CW, Parr M, Shuster M, Sunde K, Peberdy MA, Tang W, Hoek TL, Böttiger BW, Drajer S, Lim SH, Nolan JP og Collaborators., Advanced Life Support Chapter.** Part 8: Advanced life support: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation*. 2010, Vol. 122, 16 Suppl 2, ss. 345-421.
11. **Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L.** On-site triage of avalanche victims with asystole by the emergency doctor. *Resuscitation*. 1996, Vol. 31, 1, ss. 11-16.
12. **Boyd J, Brugger H, Shuster M.** Prognostic factors in avalanche resuscitation: a systematic review. *Resuscitation*. June 2010, Vol. 81, 6, ss. 645-52.
13. **Rognum TO, Lundevall J.** Kvelning. [bokforf.] Rognum TO. *Lærebok i rettsmedisin*. s.l. : Gyldendal akademisk, 2001, ss. 130-143.
14. **Shepherd, R.** Asphyxia. [bokforf.] Shepherd R. *Simpson's forensic medicine*. s.l. : Arnold, 2003, ss. 94-102.
15. **Hohlieder M, Brugger H, Schubert HM, Pavlic M, Ellerton J, Mair P.** Patterns and Severity of Injury in Avalanche Victims. *High altitude medicine & Biology*. Spring, 2007, Vol. 8, 1, ss. 56-61.
16. **McIntosh SE, Grissom CK, Olivares CR, Kim HS, Tremper B.** Cause of Death in Avalanche Fatalities. *Wilderness and Environmental Medicine*. Winter, 2007, Vol. 18, 4, ss. 293-297.
17. **Boyd J, Haegeli P, Abu-Laban RB, Shuster M, Butt JC.** Patterns of death among avalanche fatalities: a 21-year review. *Canadian Medical Association Journal*. 3 March 2009, Vol. 180, 5, ss. 507-511.
18. **Gray, D.** Survival after burial in an avalanche. *British Medical Journal*. 7 March 1987, Vol. 294, 6572, ss. 611-612.
19. **Falk M, Brugger H, Adler-Kastner L.** Avalanche survival chances. *Nature*. 1994, Vol. 368, s. 21.
20. **Grissom CK, Radwin MI, Scholand MB, Harmston CH, Muettertides MC, Bywater TJ.** Hypercapnia increases core temperature cooling rate during snow burial. *Journal of Applied Physiology*. 2004, Vol. 96, 4, ss. 1365-1370.

21. **Farstad M, Andersen KS, Koller M-E, Grong K, Segadal L, Husby P.** Rewarming from accidental hypothermia by extracorporeal circulation. A retrospective study. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. Jul 2001, Vol. 20, 1, ss. 58-64.
22. **Ruttman E, Weissenbacher A, Ulmer H, Müller L, Höfer D, Kilo J, Rabl W, Schwarz B, Laufer G, Antretter H, Mair P.** Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiocirculatory arrest. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. Sep 2007, Vol. 134, 3, ss. 594-600.
23. **Brugger H, Durrer B.** On-site treatment of avalanche Victims. ICAR-MEDCOM-recommendation. *High Altitude Medicine and Biology*. Winter, 2002, Vol. 3, 4, ss. 421-425.
24. **Hohlrieder M, Mair P, Wuertl W, Brugger H.** The impact of avalanche transceivers on mortality from avalanche accidents. *High altitude medicine & biology*. 2005, Vol. 6, 1, ss. 72-77.
25. **Buser O, Etter HJ, Jaccard C.** Probability of dying in an avalanche. *Zeitschrift für Unfallchirurgie und Versicherungsmedizin*. Suppl. 1, 1993, ss. 263-271. Sitert frå ILCOR (10) og Boyd et al.(12). Artikkel på tysk.
26. **Brugger H, Falk M.** New perspectives of avalanche disasters. Phase classification using pathofysiologic considerations. *Wiener Klinische Wochenschrift*. 1992, Vol. 104, 6, ss. 167-173. Sitert frå Boyd et al.(12) og ILCOR.(10). Artikkel på tysk.
27. **Mair P, Kornberger E, Furtwaengler W, Balogh D, Antretter H.** Prognostic markers in patients with severe accidental hypothermia and cardiocirculatory arrest. *Resuscitation*. Jan 1994, Vol. 27, 1, ss. 47-54.
28. **Grosse AB, Grosse CA, Steinbach LS, Zimmermann H, Anderson S.** Imaging findings of avalanche victims. *Skeletal Radiology*. 2007, Vol. 36, 6, ss. 515-521.
29. **Oberhammer R, Beikircher W, Hörmann C, Lorenz I, Pycha R, Adler-Kastner L.** Full recovery of an avalanche victim with profound hypothermia and prolonged cardiac arrest treated by extracorporeal rewarming. *Resuscitation*. 2008, Vol. 76, 3, ss. 474-480.
30. **Radwin MI, Grissom CK.** Technological Advances in Avalanche Survival. *Wilderness and Environmental Medicine*. Summer, 2002, Vol. 13, 2, ss. 143-152.
31. **Radwin MI, Grissom CK, Scholand MB, Harmston CH.** Normal oxygenation and ventilation during snow burial by the exclusion of exhaled carbon dioxide. *Wilderness and Environmental Medicine*. Winter, 2001, Vol. 12, 4, ss. 256-62.
32. **Grissom CK, Radwin MI, Harmston CH, Hirshberg EL, Crowley TJ.** Respiration during snow burial using an artificial air pocket. *JAMA Journal of American Medical Association*. 3 May 2000, Vol. 283, 17, ss. 2266-2271.
33. **Brugger H, Sumann G, Meister R, Adler-Kastner L, Mair P, Gunga HC, Schobersberger W, Falk M.** Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow: implications for avalanche survival. *Resuscitation*. 2003, Vol. 58, 1, ss. 81-88.

34. **Polderman KH.** Application of therapeutic hypothermia in the intensive care unit. Opportunities and pitfalls of a promising treatment modality - Part 2: Practical aspects and side effects. *Intensive care medicine.* 2004, Vol. 30, ss. 757-769.
35. **Polderman KH.** Application of therapeutic hypothermia in the ICU: opportunities and pitfalls of a promising treatment modality. Part 1: Indications and evidence. *Intensive Care Medicine.* 2004, Vol. 30, ss. 556-575.
36. **Milde LN.** Clinical use of mild hypothermia for brain protection: a dream revisited. *Journal of Neurosurgery and Anesthesiology.* 1992, 4, ss. 211-215.
37. **Braun PH.** Probleme der Ersten Hilfe beim Lawinenunfall. Lawinen Tagung über die medizinischen Aspekte des Lawinenunfalls. *Juris Druck and Verlag, Zürich.* 1976, ss. 89-95. I Brugger et al. (11). Artikel på tysk.
38. **Grissom CK, McAlpine JC, Harmston CH, Radwin MI, Giesbrecht GG, Scholand MB, Morgan JS.** Hypercapnia effect on core cooling and shivering threshold during snow burial. *Aviation, Space and Environmental Medicine.* 2008, Vol. 79, 8, ss. 735-742.
39. **Putzer G, Schmid S, Braun P, Brugger H, Paal P.** Cooling of six centigrades in an hour during avalanche burial. *Resuscitation.* 2010, Vol. 81, 8, ss. 1043-1044.
40. **Gilbert M, Buslund R, Skagseth A, Nilsen PÅ, Solbø JP.** Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7 with circulatory arrest. *The Lancet.* 29 Jan 2000, Vol. 355, 9201, ss. 375-376.
41. **Rostrup M, Gilbert M.** Sjansene for å overleve snøskred - nye data. *Tidsskrift for det norske legeförening.* 20 Jan 1995, Vol. 115, 2, ss. 271-272.
42. **Williams K, Armstrong BR, Armstrong RL, Atkins D.** Avalanches. [bokforf.] Auerbach PS. *Wilderness medicine.* Fourth edition. s.l. : Mosby, 2001, ss. 44-72.
43. **Brugger H, Paal P, Falk M.** Outcry stopped approved pig study of avalanche survival. *Nature.* 18 Feb 2010, Vol. 463, 7283, s. 877.
44. **Radwin MI, Grissom CK, Giesbrecht G.** The rate of cooling during avalanche burial; a "core" issue. *Resuscitation.* 2009, Vol. 80, 8, ss. 956-958.
45. **Brattlien K.** *Den lille snøskredboka.* Oslo : Fri Flyt AS, 2009.
46. **Danzl DF, Pozos RS.** Accidental hypothermia. *New England Journal of Medicine.* Dec 1994, Vol. 331, 26, ss. 1756-60.
- .