

Kompendium i hyperbar medicin

Peter Ripa

våren 1997.

Ver 1.1/Christer Hammarlund

DE FYSIOLOGISKA EFFEKTERNA AV HBO.....	1
SYRGASTOXICITET.....	2
KONTRAIKATIONER FÖR OCH BIVERKNINGAR AV HBO.....	2
SÅRLÄKNINGSMEKANISMER.....	3
HBO EFFEKTER PÅ INF.SJD.....	3
ANVÄNDNING AV DROGER UNDER TRYCK.....	3
MYRINGOTOMI.....	4
BEHANDLING AV KOMPLIKATIONER TILL HBO.....	4
TRYCKFALLSSJUKA.....	5
GASEMBOLISM.....	6
KOLMONOXID OCH CYANIDFÖRGIFTNING.....	7
GASANGRÄN.....	7
ÖVRIGA MJUKDELSINFEKTIONER.....	8
HBO OCH OSTEOMYELIT.....	8
RADIONEKROS.....	8
HBO VID STORA BLODFÖRLUSTER.....	8
KROSSKADOR OCH ANDRA ORSAKER TILL AKUT TRAUMATISK PERIFER ISCHEMI.....	9
HBO OCH ISCHEMI-REPERFUSIONSSKADOR.....	9
HBO OCH SVÅRLÄKTA SÅR.....	9
HBO BEHANDLING VID BRÄNNSKADOR.....	9

Kompendiet är till största delar en sammanfattning av de kapitel i "Hyperbaric medicine practise" av Eric P. Kindwall som jag läst under min kurs och mina rubriker har ett motsvarande kapitel i denna med ungefär samma titel (på engelska).

DE FYSIOLOGISKA EFFEKTERNA AV HBO

Endast två effekter av HBO

- mekanisk effekt på bubblorna
- ökat syrepartialtryck i kroppens vävnader

T.ex. 6 ATA minskar en bubblas *volym* med 84%, men en sfärisk bubblas *diameter* minskas bara med ca 50%. Det kan tyckas konstigt att ett så stort tryck har så liten effekt på en bubblas diameter, men poängen är att en sfärisk bubbla inte gör någon skada. En sfärisk bubbla är inte i kontakt med någon annan struktur för då hade den inte varit sfärisk. En cylindrisk bubbla (som ockluderar ett kärl) har vid bara 3 ATA minskat i längd med över 60% och vid 6 ATA över 80%.

Under O₂ behandling på 2.8 ATA är hemoglobinet 100% saturerat på den venösa sidan och behövs alltså inte - allt syre som behövs finns fysiologiskt löst i plasma. En konsekvens av att hemoglobinet är saturerat hela tiden är att CO₂ transporten bort från vävnaden försvåras. Detta är dock sällan ett problem och leder endast till en lätt acidosis.

HBO leder till vasokonstriktion i frisk vävnad men den är väl kompenserad av det höga syretrycket. I vävnad med svikt i cirkulationen sker inte denna vasokonstriktion varför flödet omfördelas till denna och ytterligare förbättrar dess situation - Robin Hood effekten.

HBO hämmar syntesen av alfatoxin och förbättrar leukocyternas fagocyterande förmåga.

CO toxicitet hämmas av HBO genom mekanismer som troligen inte är så enkla som bara att förhindra hypoxi.

Osteoklastaktiviteten ökas av HBO.

HBO har visats undertrycka vissa autoimmuna reaktioner.

Ödem minskar i brännskador och post-ischemisk vävnad.

Superoxid dismutas aktivitet ökar vilket kan leda till bättre tolerans mot fria radikaler i t.ex.

transplanterad vävnad.

Produktionen av surfaktant av alveolarceller minskar.

SYRGAS TOXICITET

Trots risker är syrgasterapi - rätt använd - en av de säkraste behandlingsformerna överhuvudtaget. Stora marginaler finns p.g.a. kraftfulla antioxidativa försvarsmekanismer.

antioxidanter : glutation, selen, vit C och E

skyddande enzym: superoxid dismutas, katalas, glutation peroxidas och glutation reduktas

effekt av syrgasförgiftning

- CNS

Grand mal (≥ 2 ATA O_2)

kan föregås av en mängd olika nervösa symptom som t.ex.

blekhet, svettning, palpitationer, vertigo, tinnitus och illamående

- Lungor

långvarig exposition >0.5 ATA O_2 ger irritation, hosta, dyspné och så småningom ARDS. Doser ackumuleras och tabeller finns för standardiserad beräkning av given dos (UPTD - unit pulmonary toxic dose). De flesta tål utan funktionsnedsättning doser i storleksordningen av 2.5 ATA O_2 , 90 min, 5 dagar i veckan under 6-8 veckors tid.

- Ögon

grå starr, progressiv myopi

beh. kramper:

undvik dekompensation! Risk för lungbristning p.g.a. luftvägsspasm föreligger.

Avbryt O_2 behandling (mask av)

Förhöjda pCO_2 -halter dilaterar cerebrala kärl och ökar därmed syrgastrycket i hjärnan - sök för god ventilation av patient och kammare.

KONTRAINDIKATIONER FÖR OCH BIVERKNINGAR AV HBO

absoluta:

Doxorubicin (se sida 3, användning av droger)

Disulfiram (se sida 3, användning av droger)

Cis-platinum (se sida 3, användning av droger)

Obehandlad pneumothorax

relativa:

ÖLI, sinuit

epilepsi

KOL med CO_2 retention

hög feber

tidigare spontan pneumothorax

tidigare thoraxkirurgi

kirurgisk beh. av otoskleros

virus infektion

kongenital sfärocytos

opticus neurit

komplikationer:

öron squeeze

ruptur av runda fönstret

sinus squeeze

myopi

förvärring, nytillkomst? av grå starr

små parestesier i fingrarna

tandvärk

klaustrofobi

krampanfall

syrgasbetingade lungskador

SÅRLÄKNINGSMEKANISMER

Syre behövs i ett sår dels för att hålla vävnaden vid liv, dels för att fagocytos skall kunna äga rum samt dels för att ny vävnad skall kunna bildas. De stora behoven och den otillräckliga mikrocirkulationen gör såret hypoxiskt (pO_2 0-15 mm Hg). Syregradienten från kapillärerna i sårets rand till själva såret är stor och förstoras under HBO - en effekt som tros stimulera kapillär nybildningen och förklara i alla fall en del av de positiva resultaten vid HBO p.g.a. dålig mikrocirkulation.

När pO_2 sjunker under 20 mm Hg börjar makrofagerna producera angiogenetiska faktorer. Laktatkoncentration och pH är två andra variabler som påverkar detta. Sår läkningen regleras på ett komplext sätt och påverkas bl.a. av substrat, hormoner, cytokiner samt speciella growth factors - ex Platelet Derived GF, Epidermal GF och angiogenetiska faktorer.

HBO EFFEKTER PÅ INF. SJD

- HBO ökar syrgastensionen och därmed även bildningen av fria syreradikaler i vävnader. Dessa är dödliga för mikroorganismer som saknar eller har begränsat antioxidativt försvar.
- HBO ökar också syrgastensionen så att den i dålig perfunderade vävnader tillåter effektiv fagocytos, som för att fungera optimalt kräver mycket syre. HBO har vidare även en immunosupprimerande effekt genom att minska DNA-syntesen i T- och B-lymfocyter, detta märks mest i sk "delayed type hypersensitivity reactions".
- Antibiotikas verkan påverkas också av syrgastensionen, men åt olika håll beroende på vilken substans det är.

Obligat anaeroba bakterier kan inte överleva vid normoxi och är därför känsliga för HBO. Vissa bakterier (ex Clostridium perfringens) bildar dock sporer som överlever.

Fakultativt anaeroba bakterier kan överleva och tillväxa i både normoxi och hyperoxi genom att öka syntesen av antioxidativa substanser.

Tillväxten av vissa aeroba bakterier stimuleras av hyperoxi, men hämmas av HBO. Tyvärr är den baktericida effekten på de flesta aeroba och fakultativt anaeroba bakterierna verksamt först vid tryck och durationer av HBO ej tillämpliga kliniskt, men förstärkning av vårt eget antioxidativa försvar kan kanske komma att tillåta sådan behandling. Det är tydligt att den baktericida effekten till största delen beror på en ökad förekomst av fria syreradikaler.

Vad gäller parasiter är deras försvar mot oxidativ stress generellt sett dålig, vilket förstås gör de känsliga för HBO. Många antiparasitika utnyttjar också denna svaghet hos parasiterna genom att öka den oxidativa stressen.

Vissa svamparter är också känsliga t.ex. Candida albicans och pneumocystis carinii.

Virus är svårare att komma åt eftersom de åtminstone till en del skyddas av värdens antioxidanter. Djurmodeller visar inga enhetliga tecken på vinst med hyperoxi eller HBO.

ANVÄNDNING AV DROGER UNDER TRYCK

Syrgas under tryck uppför sig som en drog, och som andra droger har den förstås också interaktioner. Lyckligtvis är dessa få och de flesta andra droger kan användas utan några oväntade sideeffekter.

Praktiska problem finns, två viktiga är dels den mekaniska effekten tryck kan ha på drogens behållare, dels den vasokonstriktion som HBO leder till som både minskar absorptionen och kan leda till oväntade releaseffekter (vid dekompression) av droger givna intramuskulärt och subkutant.

Droger som är inkompatibla med HBO

- **Cis-platinum.** HBO ökar dess cytotoxiska effekter som påverkar bl.a. fibroblaster och därmed sår läkningen.
- **Doxorubicin.** Toxiskt tillsammans med HBO, minst en vecka mellan sista dos och påbörjad HBO behandling.
- **Mafenid acetat.** Ett antibiotikum som ej är registrerat i FASS.

Droger som fordrar särskilt omnämmande

- **Sterioider.** Ökar risken för syrgaskramper. Håll under extra uppsikt och ge profylaktisk behandling mot kramper.
- **Alkohol.** Baksmälla predisponerar för tryckfallssjuka, förmodligen p.g.a. dehydrering. HBO påverkar inte alkoholhalten i blodet.
- **ASA.** Vissa tycker sig se en ökad risk för syrgastoxicitet, men kliniska bevis för detta är inte övertygande.
- **Opioider.** Sänker andningsdriven vilket även hyperoxi gör varför pCO₂ ytterligare stiger. Detta ger en ökad cerebral genomblödning vilket i sin tur ökar risken för syrgaskramper. Se upp med releasefenomen enligt ovan vid im. administrering!
- **Anestesi.** Speciell beräkning fordras för att korrigera de gasfysiologiska omständigheterna och brandfarliga gaser är uteslutna. Det är förstås svårt att genomföra en totalanestesi under dessa omständigheter, men det är sällsynt att det krävs - lokalanestesi räcker oftast och kräver inga speciella försiktighetsåtgärder.
- **Antiepileptika.** Om man behandlar profylaktiskt mot kramper är det mycket viktigt att man observerar och följer de normala gränserna för HBO behandling annars kan permanenta CNS-skador uppstå. Profylaktisk behandling har en indicerad om patienten har hög feber, krampbenägenhet, pågående steroidbehandling eller lider av toxiskt gas gangrän.
- **Barbiturater.** Se upp med andningsdepression.
- **Diazepam/Lorazepam.** Inte lika andningsdeprimerande, men heller ej lika effektivt som fenobarbital.
- **Disulfiram.** Är effektivt som profylax mot syrgastoxicitet, men då det samtidigt blockerar produktionen av superoxid dismutas som är en del av kroppens egna försvar mot syrgastoxicitet kan det ifrågasättas om det i det långa loppet är bra med disulfiram behandling. Oavsett måste man förstås se till att patienten inte samtidigt på något sätt konsumerar alkohol.
- **Fenytoin.** Effektivt som krampprofylax först i höga doser och besvärligt att administrera.
- **Vit E.** Antioxidant med skyddande effekt.
- **Lidokain.** Har använts experimentellt med gott resultat i antiarrhythmiska doser för att skydda hjärnan efter luftembolism.
- **Digitalis/Digoxin.** Ingen beskriven inverkan av HBO på digitalis-toxicitet under kliniska omständigheter finns. Men viss erfarenhet pekar på att känsligheten för drogen ökar under HBO varför dosen förstås bör minskas temporärt. EKG-övervakning rekommenderas.
- **Heparin.** Delade meningar råder om heparinets nytta vid behandling av DS. Det skulle ju förväntas vara effektivt vid luftembolism, men risken för blödningar föreligger ju alltid.
- **Insulin.** Insulinbehovet minskar vid HBO. Se upp för blodsockerfall.
- **Azetazolamid.** Ökar risken för syrgaskramper genom att öka det cerebrala blodflödet.
- **Klorpromazin.** Minskar risken för syrgaskramper.

Andra faktorer som påverkar syrets toxicitet

- **Hypothermi.** Minskar risken för kramper så länge inte nedkylningen gör att man huttrar och skakar. Hyperthermi å andra sidan verkar i motsatt riktning.
- **Hyperthyroidism.** Ökar risken för syrgaskramper.

MYRINGOTOMI

Öron squeeze är det vanligaste problemet vid HBO. Viktigt att instruera patienterna hur de skall tryckutjämna innan behandling och se till att de har förstått. Luft kan vanligen passera ut ur mellanörat via örontrumpeten, medan flöde inåt fordrar aktivt muskelarbete. Om tryckskillnaden mellan svalget och örontrumpeten blir för stort kläms mynningen ihop och tryckutjämning omöjliggörs.

Myringotomi är indicerat vid akut tryckutjämningsvärta som ej går att hindra på annat sätt.

Myringotomi på medvetslös patient rekommenderas ej. Spontan tryckutjämning kan ske i detta relaxerade tillstånd, trumhinnan kan rupturera eller vätska (blod, exudat) kan tränga in i mellanörat och utjämna trycket. I inget av dessa fallen föreligger stor risk för permanenta skador.

Lokal anestesi är sällan nödvändigt och i många fall mer besvärligt än själva ingreppet. Myringotomi läggs i någon av de inferiora kvadranterna av trumhinnan, företrädesvis den anteriora.

Patienter med kroniska tryckutjämningsbesvär som genomgår HBO-behandling kan få ett rör insatt i trumhinnan som ger fri passage den vägen istället.

BEHANDLING AV KOMPLIKATIONER TILL HBO

Barotit

Undvik HBO vid luftvägsinfektion. Det är lättare att tryckutjämna i upprätt läge. Vid besvär kan det hjälpa att sträcka huvudet från den ömmande sidan. Viktigt att hela tiden följa med och tryckutjämna. Partiell dekompensation kan hjälpa om örontrumpeten "låst sig". Vid den akuta situationen kan myringotomi behöva tillämpas annars kan man sätta ett rör på dem.

Sinus squeeze

Svårare att behandla än barotit, men ovanligare. Försök med vasokonstriktiv nässpray. Vid behov av långvarig behandling trots besvär, kontakta öronspecialist.

Ruptur av runda eller ovala fönstret

Kan ske vid alltför livlig Valsalva. Det intrathorakala trycket sprider sig till endo/perilymfan och ett fönster rupturerar in i mellanörat. Ovala fönstret rupturerar lättare. Symptom som vertigo, tinnitus och dövhet skall leda misstankarna hit och om de inte släpper inom 72 timmar bör exploration ske.

Tandvärk

Barodontit beror sannolikt på små lufffickor i gamla lagningar som trycker på nerver. Enda sättet att komma åt det är att ta bort plomben och sätta dit en ny - denna gång utan luffficka.

Gas embolism

Mycket ovanlig vid HBO p.g.a. de långsamma trycksänkningarna. Ett möjligt scenario är en alltför snabb trycksänkning p.g.a. tekniska problem och en patient med slutet glottis - kanske under en syrgaskramp. Behandling består i rekompensation till 18 meter och syrgasandning. Om patienten ej blir snabbt återställd används tabeller på 30 och 50 meter, med i första hand helium-syrgasandning.

Tryckfallssjuka

HBO i sig ger inte tryckfallssjuka eftersom kväve inte inhaleras, men tekniska misstag kan förstås leda till att patienten får luft i sig. Men trycken som används vid HBO är inte stora och riskerna är därför små även om en felkoppling skulle leda till luftandning. Tillståndet måste ändå havas i åtanke och patienterna skall informeras om att hålla ögonen öppna efter symptom.

Andningsuppehåll

Patienter med KOL som förlitar sig på en hypoxisk drive för att andas kan under HBO förlora denna och därför sluta andas. Dessa patienter skall hållas under extra uppsikt framförallt de första gångerna de behandlas.

Syrgaskramper

Behandlas profylaktiskt hos känsliga individer. Skulle det inträffa ändå tas syrgasmasken av. Incidensen är ungefär 1 på 10000 behandlingar. Dekompensation får ej ske under den kloniska fasen.

Pneumothorax

Behandlas med pleuradrän innan dekompensation får ske. Förvärring av symptom vid dekompensation och lindring vid rekompensation är patognomont för tillståndet.

TRYCKFALLSSJUKA

Viss överlappning mellan tryckfallssjuka (DS) och gasemboli sekundärt till lungbarotrauma (AGE). När en kropp är under tryck löses de gaser den exponeras för successivt tills de når mättnadstrycket, d.v.s. den grad av lösning då lika mycket gas vandrar in i lösningen som ut ur den. Kroppens olika vävnader når detta tillstånd olika snabbt - från ett par minuter upp till tolv timmar. Vid uppstigning då trycket minskar vandrar en större mängd ut ur lösningen och om denna mängd är större än vad cirkulationen kan transportera bort ansamlas den i allt större bubblor vilka ger upphov till tryckfallssjukans symptom. Den vid dykning med luft farliga gasen är kväve som ju står för 79% av lufttrycket. Många olika tabeller finns för att man skall kunna veta hur lång tid som är rimligt säker på olika djup. Det finns också s.k. dykadatorer som hela tiden följer med dykaren och med vägledning av det momentana trycket utför en simulering av dykarens aktuella gasinnehåll och därmed hur dekompensationen måste gå till. Komplicerande faktorer är som sagt eventuell lungbristning och arteriell gasembolisering samt höger-till-vänster-shuntar (öppetstående foramen ovale) som tillåter bubblor från det venösa systemet passera över till det arteriella.

Men uppkomsten av DS är mer komplex än så och påverkas av många olika faktorer. Tabellerna är inte 100% säkra och många av de som drabbas har dykt inom tabellernas ramar.

Manifestationer av DS

Hud DS

Marmoreringar, ej allvarligt i sig, men kan vara tecken på att något värre är att vänta. Peau d'orange - lymfstas p.g.a. bubblor i lymfsystemet.

Muskuloskelettala smärtor

The Bends. Ledsmärtor är det mest allmänt kända symptomet på DS. Kan drabba i princip alla leder, men är vanligast i skuldra och knä.

Allmänsymptom

Malaise, anorexi och trötthet. Är i sig inte indicerande för rekompresion, men en signal att man skall hålla ögonen öppna.

Kardiopulmonell DS

Chokes. Allvarlig form av DS. Venösa gasembolier som påverkar framförallt lungcirkulationen. Retrosternal smärta, dyspné, hosta och i allvarliga fall cirkulatorisk kollaps.

Neurologisk DS

DS kan ge upphov till alla möjliga neurologiska symptom. AGE kan också komplicera bilden och göra det svårt att se vad som är vad. Alla neurologiska symptom som tillkommit efter dyk skall betraktas som DS eller AGE tills motsatsen är bevisad.

Behandling av DS

ej kammare i närhet (oftast)

100% O₂

iv. vätska vb (tills tunn urin)

kateter?

undersökning och värdering av symptom

punktion av ev. Pneumothorax

steroider? heparin? ASA?

transport till närmsta tryckkammare (ej över 300m med flyg)

rekompresion enligt gällande tabeller

GASEMBOLISM

Arteriell gasembolism är betydligt allvarligare än venös. Venösa embolier passerar oftast ut i lungorna, men kan vid vissa tillstånd passera över till det arteriella systemet (paradoxal embolism). Ganska stora mängder gas tolereras injicerat intravenöst (storleksordningen liter) om man ger det tillräckligt långsamt. Höger-till-vänster-shuntar (t.ex. öppetstående forman ovale) ger förstås möjligheter till bypass av lungornas embolifilter med ibland förödande verkan.

Andhållningen eller annan instängning (bronkit etc.) av luft i lungorna kan vid dekompresion ge upphov till lungbristning. Kongenitala svagheter i lungorna predisponerar förstås för detta. Ruptur kan ge inträde av luft i lungvenerna som därefter ger arteriell embolism. Ett tecken på lungbristning är subkutant emfysem f.f.a. på halsen. När luften når det arteriella kretsloppet kan i värsta fall så litet som en halv milliliter embolisera medulla oblongata och leda till mors.

Orsaker till gasembolism

Dykning

Flykt från nedsänkt fordon

T.ex. bilar som kört av broar. Reflexmässigt håller personen ofta andan med lungbristning av samma orsak som vid dykning som följd

Inblåsning av luft i vagina

Ett dussintal rapporter finns om gasembolism som en följd av sexlekar då man blåst in luft i vagina. Risken är störst vid graviditet.

Iatrogen gasemboli

Den mest sedda typen av gasemboli på sjukhus. Från t.ex. hjärt-lung-maskiner, perkutan lungbiopsi, hjärtkateterisering och dialys.

Skademekanism vid gasembolism är inte så enkel som en mekanisk ocklusion av kärlet utan innefattar också skada på endotelet, aktivering av trombocyter och leukocyter.

Plötsligt och allvarlig inträde av symptom direkt efter uppstigning tyder på AGE hellre än DS.

Behandling

Huvudet ner under 10-12 minuter (ej mer p.g.a. ödemrisk!!) för att bubblorna skall bort därifrån. Patienten lägges lämpligen i Trendelenburgs position men om hjärt eller andningsstillestånd föreligger går naturligtvis HLR före.

Rekompressionsbehandling enligt gällande tabeller.

KOLMONOXID OCH CYANIDFÖRGIFTNING.

Hälften av alla CO förgiftningar är självmordsförsök. Svårt att detektera den eftersom den varken syns, luktar, smakar eller irriterar luftvägarna. Farligt för brandmän och andra som kommer i kontakt med bränder. Fetalt Hb har högre affinitet för CO som är teratogent och det är inte ovanligt att fostret dör av doser som modern överlever. De vanligaste permanenta skadorna ses i de basala ganglierna och övriga CNS och tros uppkomma genom minskad oxygenering och blodflöde snarare än genom en direkt toxisk effekt av CO.

De vanligaste symptomen är huvudvärk, svaghet, synstörningar, yrsel och illamående och slutligen kollaps. Den klassiska rödsigheten är sällsynt och förekommer endast vid långvarig exposition av höga doser CO. Bestämning av CO-Hb kan ge ett mått på hur pass allvarlig förgiftningen är, men ger endast en grov uppskattning.

Behandling

på platsen

om möjligt 100% O₂ vid behov ventilering eller intubation
blodprov för senare analys

på sjukhuset

EKG för diff.

mild expos. 3-4 h 100% O₂ sen hem om symptomfri, tillbaks om symptom tillbaks!

Debatt råder om när man skall HBO behandla men följande kriterier brukar användas

- komatös eller tidigare medvetslös patient
- angina eller ischemiskt EKG
- kardiella arrytmier
- patienter med neuropsykiatriska störningar (p.g.a. CO exposition)
- CO-Hb > 40%,
- CO-Hb > 20% och ischemisk anamnes
- CO-Hb > 15% och gravid
- patienter behandlade med 100% O₂ som återfår symptom inom upp till 3 v
- patienter som inte svarar på 100% O₂ under 4-6 h

Mekanismerna bakom HBO terapins positiva effekter är inte fullständigt kartlagda, men de tros innefatta ökad dissociation av CO från Hb och cytokrom c oxidas samt skydda mot reperfusionsskada (paradoxalt).

Cyanidförgiftning förekommer ibland samtidigt med CO-förgiftning. Cyanidjonen binder med hög affinitet till cytokrom oxidas i mitokondrierna och blockerar därför cellandningen.

Behandlas traditionellt med infusion av ämne som binder upp cyanidjonen men goda resultat fås om denna behandling kombineras med HBO.

GASGANGRÄN

Infektioner av olika Clostridium arter, vanligtvis perfringens (kombinationer vanliga). Vanligaste orsaken är trauma med följande infektion i den skadade vävnaden. En annan orsak är kirurgi. Vårdens reaktion mot infektionen är dålig och om inte behandling sätts in snabbt och aggressivt går patienten oftast förlorad. De skador som uppkommer beror på toxiner som produceras av bakterierna. Nyckelenzymet i perfringens arsenal är alfatoxin (ett lecitinas). Lokal hypoxi är nödvändig för att infektionen skall kunna etablera sig och HBO hämmar syntesen av alfatoxin.

Symptom: smärta, takykardi, krepitationer över det infekterade området, hemolys, måttlig feber, gas bullae och utspänd bronsfärgad hud.

Beh.

- HBO (2,8 ATA O₂)
- antibiotika
- kirurgisk resektion av devitaliserad vävnad
- stelkrampsprofylax

ÖVRIGA MJUKDELSINFEKTIONER

Även andra bakterier kan ge upphov till allvarliga mjukdelsinfektioner. Synergistiska infektioner, d.v.s. infektioner av mer än en art där skadan som de ger upphov till är större än summa av vad de skulle gett upphov till var för sig.

Också här är i många fall vävnadshypoxi en bakomliggande faktor varför HBO kan ge goda resultat. Kombineras med antibiotika och kirurgi. Några vanliga agens är grupp A streptokock, *Staph. aureus* och *Bacteroides*.

HBO OCH OSTEOMYELIT

Vanligen bakteriell eller svampinfektion i benet. HBO vid osteomyelit är indicerad då patient har någon annan allvarlig sjukdom som komplicerar bilden som t.ex. undernäring, njur/lever-svikt, lungsjuk, immunnödsupplevelse, malignitet, diabetes etc..

En annan anledning kan vara att kirurgisk behandling inte är möjlig.

En speciell indikation för HBO är sternal osteomyelit eller svårsläkt sår som följd av sternotomi.

RADIONEKROS

Känsligheten för strålning är olika i olika vävnader. Följande vävnader är listade efter strålningskänslighet.

- tumörceller
- endotelceller
- fibroblaster
- muskulceller
- nervceller

Resultaten av strålning är en cellfattig vävnad med successiv devaskularisering och fibros.

HBO's effekt på den bestrålade vävnaden manifesteras sig först som en ökad makrofagaktivitet, kollagenproduktion och endotelproliferation. Effekten på kapillärtätheten når ett maximum efter ca 30-40 behandlingar (2.4 ATA O₂ i 90 min) och har inte minskat efter så lång tid som fyra - vilket tyder på att de nybildade kapillärerna inte påverkas av tiden på något annat sätt än det normala för kapillärer. HBO ökar inte kapillärtätheten i normal vävnad.

Anledningen till att kapillärtillväxt inte sker spontant i radionekrotisk vävnad som i ett vanligt sår tros vara att skadan är så diffus - den normala kraftiga syregradienten mellan hypoxisk sårhåla och normoxisk vävnad vid sårets rand finns inte. Denna kraftiga syregradienten anses vara viktig för en adekvat nybildning av kapillärer och har också visats stimulera angiogenes genom makrofagernas kontroll.

HBO ökar tillfälligt denna gradient och kan därmed initiera kapillärnybildning.

Sår som uppkommer i ett strålningskadat område har mycket svårt att läka utan HBO.

HBO VID STORA BLODFÖRLUSTER

Patienter som förlorat mycket blod kan hamna i ett besvärligt läge om de p.g.a. medicinska eller religiösa skäl inte kan eller vill ta emot en blodtransfusion.

Med. Orsaker.

Ej tillgång till matchande blod, autoimmun hemolytisk anemi, risk för hepatit eller HIV

Religiösa.

Medlemmar i vissa sekter (ex Jehovas vittne) får inte ta emot blod.

Tillfällig HBO kan lösa tillräckligt med syre i plasma så att de kan klara sig utan erythrocyter under den akuta situationen. Användning av EPO kan accelerera den egna nybildningen av erythrocyter.

Alternativ till HBO finns, exempelvis fluorokarbon och fritt hemoglobin men komplikationsrisker och praktiska problem är större än vid HBO.

KROSSKADOR OCH ANDRA ORSAKER TILL AKUT TRAUMATISK PERIFER ISCHEMI (APTI)

APTI innefattar t.ex. krosskador, kompartment syndrom, brännskador, köldskador och transplanterat som inte vill ta sig. De fysiologiska effekterna av HBO gör det till ett logiskt komplement till andra behandlingsformer vid behandling av APTI.

Hyperbar oxygenering förbättrar syretransporten till det ischemiska området samtidigt som den inducerade vasokonstriktionen hjälper till att reducera ödem och på så vis förbättrar möjligheterna till en adekvat mikrocirkulation.

HBO påverkar också infektionsrisken i ett traumatiserat område, både direkt genom en hämmande effekt på ex. Anaeroba infektioner och indirekt genom effektivisering av fagocytosen.

Vid kompartment syndrom är HBO aktuellt då det interstitiella trycket inte riktigt indicerar kirurgisk behandling. HBO kan då förhindra progression av tillståndet.

HBO OCH ISCHEMI-REPURFUSION-SKADOR

Efter en period av ischemi får vävnader stora skador då den åter perfunderas. Det som ger upphov till skadorna är fria syreradikaler. Dessa bildas huvudsakligen på två sätt

- Xantin oxidas (XO). Ischemi och brist på ATP leder till ett ökat Ca^{2+} inflöde i cellerna. Detta aktiverar ett proteasom som omvandlar xantin dehydrogenas till XO. Då syre återigen blir tillgängligt bildar XO fria syreradikaler.
- Neutrofiler släpper ifrån sig superoxid som sedan omvandlas till väteperoxid och hydroxyl radikaler. Dessa neutrofiler adhererar under den ischemiska perioden till mikrovenulärt endotel som följaktligen skadas under reperfusionen vilket leder till svikt i mikrocirkulationen.

Vasoaktiva substanser bildade av dessa skadade mikrovenuler ger i sin tur upphov till en kraftig arteriell vasokonstriktion.

HBO under reperfusionen har experimentellt visats minska de skador som normalt uppkommer då. En trolig mekanism bakom detta är att det minskar leukocytadhereringen till endotelet. Varför den gör det är oklart. Kanske är det dess inverkan på syreradikalmetabolismen, kanske påverkar den fördelningen av leukocyter i kroppen?

Klart är i alla fall att patienter med ischemiska skador vinner på HBO i samband med reperfusionen.

HBO OCH SVÅRLÄKTA SÅR

Risikfaktorer för svårläkta sår:

Ålder, undernäring, hypovolemi, vaskulär insuff., diabetes mellitus, mjukdelinfektion, strålningsskada, hypoxi, immunosuppressiva/cytostatika, främmande kropp, njursvikt etc. .

Eftersom två vanligt förekommande orsaker är *hypoxi* och *infektion* och eftersom HBO hjälper mot båda dessa är det logiskt att behandla svårläkta sår med HBO.

Det är viktigt att utvärdera sårets natur bl.a. vad beträffar arteriell, venös, nervös och mikrocirkulatorisk status.

Diabetesfot:

Makrocirkulationen måste vara optimalt behandlad (kärlkirurgi) innan HBO blir aktuellt.

Granulationsvävnad i såret är ett tecken på att behandling varit effektiv och att den kan avbrytas.

Venösa sår

Stödstrumpa ger bäst resultat vid okomplicerade venösa sår. Venös kirurgi kan bli aktuellt vid vissa defekter. HBO har en begränsad roll i behandlingen.

HBO BEHANDLING VID BRÄNSKADOR

Användandet av HBO vid behandling av brännskador började 1965 då någon av en slump märkte snabbare läkning av brännsår hos patienter som samtidigt behandlades för CO-förgiftning. Skador på mikrocirkulationen och därpå följande ischemiska nekrosor är stora vid allvarliga brännskador. Ödembildningen är omfattande, både i såret och i frisk vävnad på andra ställen vilket ytterligare försvårar för mikrocirkulationen då diffusionsavståndet blir så stort. Förlusten av skyddande barriär mot omvärlden, hypoxi och nekrotisk vävnad som näring för mikroorganismer gör infektionsrisken mycket stor.

Denna patofysiologi gör förstås det frestande att komplettera traditionell behandlingen av brännskador med HBO. Denna behandling är debatterad och somliga menar att den är dyr och riskabel men sammanfattning av kliniska erfarenheter stödjer inte deras resonemang. Minskad mortalitet, snabbare läkning, kortare sjukhusvistelse och mindre behov av kirurgisk behandling är några av slutsatserna av kliniska studier.