
Hyperbar oksygenbehandling ved strålereaksjoner

KLINIKK OG FORSKNING

LEIF AANDERUD

EINAR THORSEN

GUTTORM BRATTEBØ

MARTHA FORLAND

Seksjon for hyperbarmedisin
Yrkesmedisinsk avdeling
Haukeland Sykehus
5021 Bergen

GUNNAR KRISTENSEN

Gynekologisk avdeling
Det Norske Radiumhospital
0310 Oslo

Landsfunksjon i hyperbarmedisin ble opprettet ved Haukeland Sykehus i 1994. Sykehuset fikk nasjonalt ansvar for all hyperbar oksygenbehandling.

234 pasienter fikk elektiv hyperbar oksygenbehandling ved Haukeland Sykehus i 1997, med til sammen 4 048 behandlinger. Hyperbar oksygenbehandling påvirker hypoksisk, strålepåvirket vev ved å stimulere kollagenproduksjonen og angiogenesen, med permanent bedring av lokal mikrosirkulasjon som resultat. 47 pasienter som ble behandlet for symptomatiske strålereaksjoner i bekkenregionen i 1997 fikk tilsendt et spørreskjema 3 – 15 måneder etter behandlingen. 81 % besvarte skjemaet.

Blødning fra endetarm og urinblære ble rapportert som mye bedre hos henholdsvis 61 % og 55 %, mens urininkontinens ble betydelig bedret hos 46 %.

Denne behandlingsformen kan være et alternativ ved kroniske symptomgivende strålereaksjoner i blære og tarm der annen behandling ikke har gitt tilfredsstillende resultater.

Sosialdepartementet har tildelt Haukeland Sykehus landsfunksjon i hyperbarmedisin, og i 1994 ble Seksjon for hyperbarmedisin opprettet ved Yrkesmedisinsk avdeling. Seksjonen har nasjonalt ansvar for hyperbar oksygenbehandling. Dette omfatter akuttbehandling av dykkere med trykkfallssyke, pasienter med kullosforgiftninger og pasienter med gassgangren. På landsbasis samarbeider vi med trykkamrene ved Ullevål sykehus, Vest-Agder Sentralsykehus og Regionsykehuset i Tromsø om pasienter med akutte skader og sykdommer. I Bergen behandles pasienter med akutte tilstander i trykkammer på dykker- og froskemannsskolen, Haakonssvern orlogsstasjon. De øvrige pasienter behandles i trykkammer på Norsk Undervannsintervensjon as i Bergen. Seksjon for hyperbarmedisin ved Haukeland Sykehus er foreløpig den eneste i landet som kan tilby elektiv behandling. I 1997 behandlet vi 234 slike pasienter i trykkammer, i alt 4 048 behandlinger.

Indikasjoner for hyperbar oksygenbehandling

Hovedaktiviteten ved landsfunksjonen i Bergen er behandling med hyperbar oksygen ut fra et sett internasjonalt aksepterte indikasjoner (1). Først og fremst gjelder dette residivfrie pasienter med uttalte vevsreaksjoner etter strålebehandling for kreftsykdom samt pasienter med kroniske, infiserte sår, som bl.a. diabetiske fotsår og enkelte kroniske osteomyelitter.

Hvordan foregår behandlingen?

Haukeland Sykehus har siden 1994 hatt en samarbeidsavtale med Norsk Undervannsintervensjon (tidligere NUTEC), som har landets største trykkammeranlegg, der vi leier behandlingskammer og gir daglig behandling. Trykkammeret som nå benyttes, rommer 18 sittende pasienter, og disse ledsages av to anestesisykepleiere (fig 1).



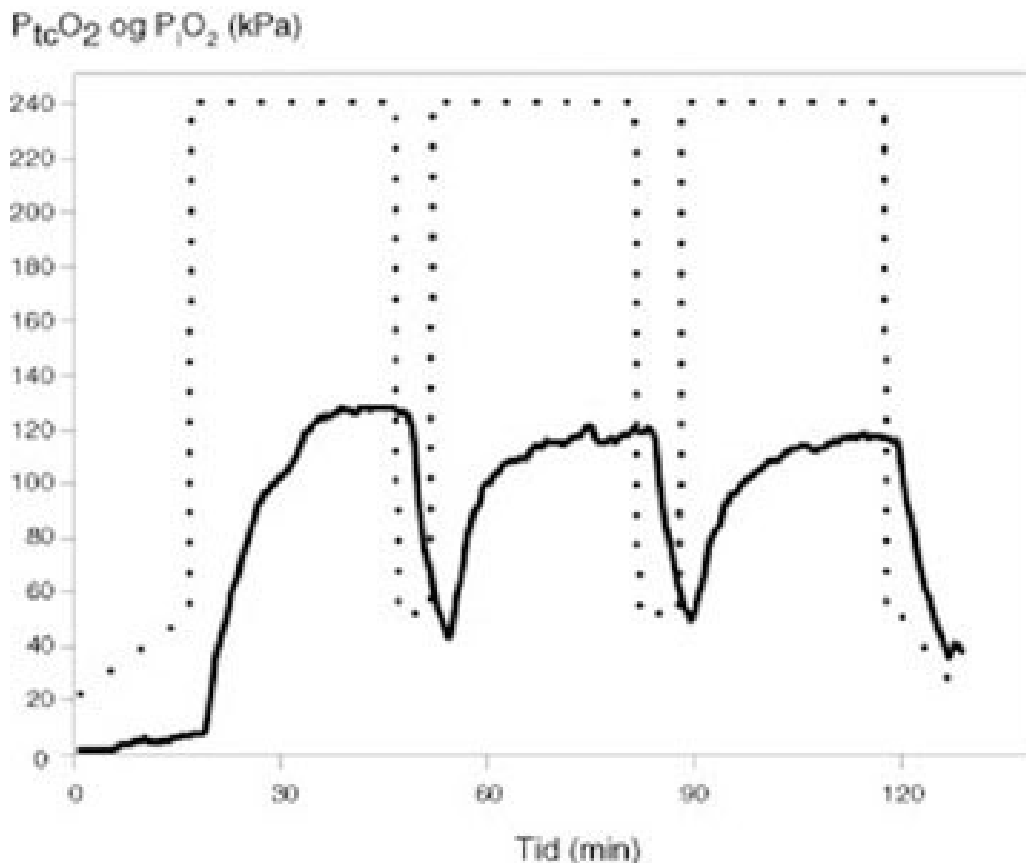
Figur 1 Trykkammeret ved Norsk Undervannsintervensjon, med plass for 18 pasienter og to sykepleiere. Foto Tom Sundar

Behandlingen består av langsom trykksetting med luft i løpet av 15 minutter til 240 kPa (tilsvarende trykket på 14 m dyp) med 90 minutters oksygenpusting daglig, vanligvis i 21 dager uten opphold i helgene. De fleste pasientene behandles poliklinisk, og de kontrolleres under oppholdet ved vår poliklinikk i samarbeid med spesialavdelinger som f.eks. gynekologisk avdeling. Under oppholdet i Bergen bor de fleste pasientene på vårt sykehotell, bare et mindre antall er innlagt i sykehuset. Seksjon for hyperbarmedisin dekker sykehusets behandlingskostnader for innlagte pasienter. Trygdekontorene dekker

kostnadene for poliklinisk trykkammerbehandling samt reiseutgifter når det dreier seg om personer med strålereaksjoner og kronisk osteomyelitt. Oppholdet dekkes over fylkenes gjestepasientbudsjett.

Hvordan virker hyperbar oksygen?

Når omgivelsestrykket stiger, øker mengden fysikalsk løst oksygen i blodplasma proporsjonalt med oksygentrykket i inspirasjonsgassen. Ved pusting av 100 % oksygen øker partialtrykket av oksygen i arterielt blod, $pO_2(a)$, fra ca. 12 kPa, som er normalt på luftpusting, til ca. 73 kPa. Økes inspirert pO_2 til 200 kPa, stiger $pO_2(a)$ til ca. 153 kPa, og ved ytterligere stigning i inspirert pO_2 til 300 kPa vil $pO_2(a)$ stige til ca. 233 kPa (2). Figur 2 viser transkutane oksygentrykk, $pO_2(Tc)$, under hyperbar oksygenbehandling hos en av våre pasienter. Normalt angis $pO_2(Tc)$ ved 1 bar omgivelsestrykk å stige fra ca. 9 kPa på luftpusting til ca. 60 kPa på 100 % oksygen. Ved oksygenpusting på 240 kPa stiger normalt $pO_2(Tc)$ til ca. 175 kPa (3). Denne stigningen i vevsoksygentrykket når også ut i strålepåvirket vev og stimulerer fibroblastene til kollagenproduksjon, noe som er nødvendig for at kapillærer skal knoppskyte inn i oksygenfattig vev (4). Det er i strålepåvirket vev vist at blodgjennomstrømningen reduseres med ca. 30 % av normalverdiene under hyperbar oksygenbehandling, men pga. det høye oksygentrykket blir oksygentilbudet likevel mange ganger høyere.



Figur 2 Transkutane oksygentensjonsverdier hos pasient under tre oksygenperioder à 30 minutter på 240 kPa. Stiplet linje angir oksygentrykk i pustegass. Fallene viser måleverdiene under fem minutters intervaller med luftpusting

Etter at pasientene har fått en ukes hyperbar oksygenbehandling, begynner kapillærinnvekst, og etter 20 behandlinger med hyperbar oksygen er vevsgjennomblødningen økt til ca. 85 % av normalverdier. Dette er godt dokumentert i strålepåvirket vev i hode-hals-området så vel i dyreforsøk som i humane studier, og denne bedringen i lokal sirkulasjon er permanent med økt kapillærtetthet (5 – 9). Nyere isotopstudier med bruk av bildeteknikk tyder på at endringene i karmønsteret ved osteoradionekrose er betydelig mer komplekse (10). Resultater fra kliniske studier tyder på at hyperbar oksygenbehandling påvirker strålereaksjoner i tarm og blære på samme måte (11 – 17). Kroniske sår med infeksjoner oppstår ofte i strålepåvirket vev. Infeksjonsforsvaret i de hvite blodcellene beror bl.a. på danning av frie oksygenradikaler. Hyperbar oksygenbehandling øker oksygentilbudet slik at evnen til intracellulært bakteriedrap gjenopprettes ved normalisering av kapillærtettheten (18). Dette, sammen med lokalbehandling, antibiotikabehandling og ev. kirurgi, bidrar til å bekjempe infeksjon i vev med lavt oksygentrykk.

Bivirkninger av hyperbar oksygen

Behandlingen kan medføre utlikningsproblemer til mellomøre og bihuler, noe som vanligvis avhjelpes med instruksjon om teknikk og bruk av slimhinneavsvellende nesespray. I sjeldne tilfeller utføres tympanotomi med innleggelse av dren. Oksygenutløste generelle kramper er en bivirkning som på de aktuelle behandlingstrykk er anført å opptre hos ca. én per 10 000 behandlinger (19). Vi har i løpet av fem år hatt fem slike tilfeller. Disse pasientene har alle fullført behandlingen etter nevrologisk utredning, men med krampedependende premedikasjon. Alvorlig lungesykdom, spesielt kronisk obstruktiv lungesykdom, er en relativ kontraindikasjon for hyperbar oksygenbehandling, fordi det kan predisponere for lungeruptur med derav følgende arteriell gassemboli i dekompresjonsfasen.

Strålereaksjoner

Strålebehandling av kreft har som hensikt å utrydde kreftceller med minst mulig påvirkning av omliggende vev. Teoretisk er det mulig å utrydde alle kreftsvulster hvis stråledosen er stor nok. Normalvevets toleranse for stråling begrenser imidlertid stråledosen. Noe strålepåvirkning er som regel ikke til å unngå, og man regner med at 5 – 11 % av pasientene får uttalte strålereaksjoner i blære eller tarm etter strålebehandling mot bekkenregionen (20, 21).

Stråleeffekt på kreftceller oppstår ved at cellenes strukturelle proteiner ødelegges, fettmolekyler i cellemembraner peroksidere og cellenes arvestoff (DNA) ødelegges. Strålereaksjoner i omkringliggende vev, først og fremst i endotelcellene i karvegg, foregår langsomt og kan resultere i utvikling av symptomer på kritisk lav perfusjon opptil sju år og mer etter at strålingen er gitt (22). Dette resulterer i avtakende blodforsyning i området, med kroniske sårdanninger, infeksjoner og atrofi av tarm- og blæreslimhinne (22 – 24). Slike

effekter opptrer først og fremst etter stråling i hode-hals-området, der underkjeven og omliggende vev er spesielt sårbart (25, 26), samt i urinblære, tarm og bekkenskjelett.

Uttalte strålereaksjoner

Ved strålecystitt er pollakisuri, dysuri, hematuri, nedsatt blærekapasitet og inkontinens hovedsymptomene, og de kan oppstå lenge etter strålebehandlingen (22). Stråleindusert enteritt er en annen komplikasjon som oppstår hos ca. 5 % av pasienter som har fått stråling mot bekkenregionen (21). Symptomene kan også her oppstå flere år etter strålebehandlingen, og kan være diaré, malabsorpsjon, iskemiske ulcerasjoner, stenoser, ileus, fistler og inkontinens. Både stråleindusert cystitt og enteritt/proktitt har betydelig innvirkning på livskvaliteten, og en rekke behandlingsalternativer har vært forsøkt, uten større suksess. Hyperbar oksygenbehandling er den eneste behandlingsform som antas å reversere patofysiologien, ved at den stimulerer til nyvaskularisering i blære- og tarmvegg.

Resultater

47 pasienter som i 1997 ble behandlet for strålereaksjoner i bekkenregionen med hyperbar oksygen ved Haukeland Sykehus, ble tilskrevet med et spørreformular for utfylling. Det ble spurt spesifikt for hvert mulig symptom, om dette var til stede før behandling med hyperbar oksygen, og om det var ingen, litt eller mye forbedring i symptomet på svartidspunktet, som var 3 – 15 måneder etter behandlingen. 38 av 47 pasienter (81 %) som hadde fått stråling mot bekkenregionen svarte. To tredeler av dem med strålecystitt angav at det etter behandling var bedring av symptomene hyppig vannlating, hematuri og inkontinens, og ca. halvparten av pasientene angav at symptomet var mye bedre.

I gruppen med strålebetinget enteritt/proktitt angav mer enn to tredeler bedring av symptomene hyppig avføring, diaré og blødning fra endetarm. Ca. halvparten av pasientene angav symptombedringen som betydelig (tab 1).

Tabell 1

Resultater fra besvarte spørreskjemaer (n = 38) etter hyperbar oksygenbehandling ved stråleskader i bekken for pasienter behandlet i 1997

Symptomer	Uendret		Litt bedre		Mye bedre	
	Antall	(%)	Antall	(%)	Antall	(%)
Hyppig vannlating (n = 9)	2	22	4	44	3	33
Blod i urin (n = 11)	3	27	2	18	6	55
Urininkontinens (n = 13)	5	38	2	15	6	46
Hyppig avføring (n = 29)	9	31	8	27	12	41

Symptomer	Uendret		Litt bedre		Mye bedre	
	Antall	(%)	Antall	(%)	Antall	(%)
Diaré (n = 27)	6	22	11	40	10	37
Blødning fra endetarm (n = 11)	1	8	4	31	8	61

Diskusjon

Behandling av strålereaksjoner med hyperbar oksygen ble først rapportert for larynxnekrose i 1974 (6). Det har lenge vært kjent at stråling i dette området gir komplikasjoner (26). Senere har en lang rekke publikasjoner rapportert 80 – 90 % tilheling ved osteoradionekrose i mandibula, der hyperbar oksygenbehandling gis som adjuvant behandling til konvensjonell terapi (9). Biopsimateriale og kliniske undersøkelser viser de samme stråleforandringer i tarm og blære som i mandibula/munnslimhinne, der det finnes et betydelig antall publikasjoner (7 – 9). Ut fra kliniske studier av effekt av hyperbar oksygenbehandling på symptomgivende strålereaksjoner i tarm og urinblære (11 – 17, 27 – 30), med positive behandlingsresultater hos 60 – 70 % av pasientene, har det derfor vært nærliggende å forsøke denne behandlingsform der hvor øvrige terapeutiske alternativer ikke har gitt tilfredsstillende resultater. Det er ikke holdepunkter for at hyperbar oksygenbehandling fører til økt residivfrekvens, tumorvekst eller metastasering (31).

Denne forenklede spørreundersøkelsen gir oss løpende orientering om de store trekk i behandlingsresultatene. For de viktigste symptomene som hematuri, urininkontinens, diaré og blødning fra tarm, ser vi av besvarelsene at de er redusert i betydelig grad etter behandling for de fleste. Dette representerer en betydelig bedret livskvalitet etter en behandling som er både uten bivirkninger av betydning og i tillegg billig, idet selve behandlingskostnaden ikke utgjør mer enn ca. seks behandlingsdøgn som inneliggende pasient.

Konklusjon

Subjektiv opplevelse av bedring av symptomgivende strålereaksjoner etter behandling med hyperbar oksygen er i overensstemmelse med tidligere rapporter. Resultatene viser en bedring av plagsomme strålebetingede symptomer hos to tredeler og betydelig bedring hos ca. halvparten av pasientene der det terapeutiske arsenal for øvrig har vært oppbrukt.

Vi takker Jan Risberg og Norsk undervannsintervensjon as for måling av transkutan oksygentensjon i trykkammer.

LITTERATUR

1. Camporesi EM, red. Hyperbaric oxygen therapy: a committee report. Bethesda, Md.: Undersea and Hyperbaric Medical Society, 1996.
2. Lanphier EH, Brown IW. The physiological basis of hyperbaric therapy. I: National Research Council Committee on Hyperbaric Oxygenation: Fundamentals of hyperbaric medicine. Washington D.C.: 1966: 33 – 55.
3. Dooley J, King G, Slade B. Establishment of reference pressure of transcutaneous oxygen for the comparative evaluation of problem wounds. Undersea Hyperb Med 1997; 24: 235 – 44.
4. Hunt TK, Pai MP. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. Sur Gyn Obstetr 1972; 135: 561 – 7.
5. Sheffield PJ. Tissue oxygen measurements. I: Davis JC, Hunt TK, red. Problem wounds. The role of oxygen. New York: Elsevier, 1988: 17 – 51.
6. Greenwood TW, Gilchrist AG. The effect of hyperbaric oxygen on wound healing following ionizing radiation. Proceedings of the Fifth International Conference on Hyperbaric Medicine. Burnaby, British Columbia: Simon Fraser University, 1974: 253 – 63.
7. Marx RE, Johnson RP. Problem wounds in oral and maxillofacial surgery: the role of hyperbaric oxygen. I: Davis JC, Hunt TK, red. Problem wounds – the role of oxygen. New York: Elsevier, 1988: 65 – 123.
8. Marx RE, Ehler WJ, Tayapongsak P, Pierce LW. Relationship of oxygen dose to angiogenesis induction in irradiated tissue. Am J Surg 1990; 160: 519 – 24.
9. Marx RE. Radiation injury to tissue. I: Kindwall EP, red. Hyperbaric medicine practice. Flagstaff, AR: Best Publishing, 1994: 447 – 503.
10. Støre G, Smith H-J, Larheim TA. Dynamic MR imaging of mandibular osteoradionecrosis. Acta Radiologica Scand 2000; 40: 31 – 7.
11. Bevers RFM, Bakker DJ, Kurth KH. Hyperbaric oxygen treatment for haemorrhagic radiation cystitis. Lancet 1995; 346: 803 – 5.
12. Lee HC, Liu CS, Chiao C, Lin SN. Hyperbaric oxygen therapy in haemorrhagic radiation cystitis. Undersea Hyperb Med 1994; 21: 321 – 7.
13. Norkool DM, Hampson NB, Gibbons RP, Weissman RM. Hyperbaric oxygen therapy for radiation-induced hemorrhagic cystitis. J Urol 1993; 150: 332 – 4.
14. Weiss JP, Mattei DM, Neville EC, Hanno PM. Primary treatment of radiation induced haemorrhagic cystitis with hyperbaric oxygen: 10 year experience. J Urol 1994; 151: 1514 – 7.
15. Warren DC, Feehan P, Slade JB, Cianci PE. Chronic radiation proctitis treated with hyperbaric oxygen. Undersea Hyperb Med 1997; 24: 181 – 4.

16. Hart GB, Mainous EG. Treatment of radiation necrosis with hyperbaric oxygen. *Cancer* 1976; 37: 2580 – 5.
17. Rijkmans BG, Bakker DJ, Dabhoiwala NF, Kurth KH. Successful treatment of radiation cystitis with hyperbaric oxygen. *Eur Urol* 1989; 16: 354 – 6.
18. Park MK, Myers RAM, Marzella L. Oxygen tensions and infections: modulation of microbial growth, activity of antimicrobial agents, and immunological responses. *Clin Infect Dis* 1992; 14: 720 – 40.
19. Stone JA, Loar H, Rudge FW. An eleven year review of hyperbaric oxygenation in a military clinical setting. *Undersea Biomed Res* 1991; 18 (suppl): 80.
20. Moss WT, Brand WN, Battifora H. Radiation oncology: rationale, technique, results. St. Louis, MO: Mosby, 1979; 246 – 51.
21. den Hartog Jager FCA, Haastert M, Batterman JJ, Tytgat GNJ. The endoscopic spectrum of late radiation damage of the rectosigmoid colon. *Endoscopy* 1985; 17: 214 – 6.
22. Earnest DL, Trier JS. Radiation enteritis and colitis. I: Sleisinger MH, Fordtran JS, red. *Gastrointestinal disease*. Tokyo: Saunders, 1993: 1257 – 70.
23. Nordzij JW, Dabhoiwala NF. Hemorrhagic radiation cystitis. *Int Urogynecol J* 1993; 4: 160 – 7.
24. Gehrig J, Hacki WH, Schultess HK, Reinisch E, Kunz J, Stamm B. Strahlenproktokolitis nach gynecologischer Radiotherapie: eine endoskopische Studie. *Schweiz Med Wschr* 1987; 117: 1326 – 32.
25. Mainous EG, Boyne PJ. Hyperbaric oxygen in total rehabilitation of patients with mandibular osteoradionecrosis. *Int J Oral Surg* 1974; 3: 297 – 301.
26. Epstein J, van der Meij EE, McKenzie M, Wong F, Lepawski M, Stevenson-Moore P. Postradiation necrosis of the mandible: a long term follow up study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 83: 657 – 62.
27. Bevers RFM, Bakker DJ, Kurth KH. Hyperbaric treatment for haemorrhagic radiation cystitis. *Lancet* 1995; 346: 803 – 5.
28. Feldmeier JJ, Heimbach RD, Davolt DA, Court WD, Stegmann BJ, Sheffield PJ. Hyperbaric oxygen an adjunctive treatment for delayed radiation injuries of the abdomen and pelvis. *Undersea Hyperb Med* 1996; 23: 205 – 13.
29. Warren DC, Feehan P, Slade JB, Cianci PE. Chronic radiation proctitis treated with hyperbaric oxygen. *Undersea Hyperb Med* 1997; 24: 181 – 4.

30. Feldmeier JJ, Davolt DA, Court WS, Onoda JM, Alecu R. Histologic morphometry confirms a prophylactic effect for hyperbaric oxygen in the prevention of delayed radiation enteropathy. *Undersea Hyperb Med* 1998; 25: 93 – 7.

31. Feldmeier JJ, Heimbach RD, Davolt DA, Brakora MJ, Sheffield PJ, Porter AT. Does hyperbaric oxygen have a cancer-causing or -promoting effect? A review of the pertinent literature. *Undersea Hyperb Med* 1994; 21: 467 – 75.

Publisert: 10. april 2000. Tidsskr Nor Legeforen.

© Tidsskrift for Den norske legeforening 2026. Lastet ned fra tidsskriftet.no 18. februar 2026.