

# A túlnyomásos oxigénkezelés és helye az ambuláns ellátásban

Szolnoki Nikolett dr.<sup>1</sup> ■ Gasztonyi Beáta dr.<sup>2</sup> ■ Paizs Teréz<sup>1</sup>  
Földi István dr.<sup>3</sup> ■ Németh László dr.<sup>4</sup> ■ Szódy Róbert dr.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Balance Medical Centrum, Lenti

<sup>2</sup>Zala Megyei Szent Rafael Kórház, Zalaegerszeg

<sup>3</sup>Keszthelyi Kórház, Sebészeti Osztály, Keszthely

<sup>4</sup>Zala Megyei Szent Rafael Kórház, Neurológiai Osztály, Zalaegerszeg

<sup>5</sup>Dr. Manninger Jenő Baleseti Központ, Szeptikus Osztály, Budapest

A túlnyomásos (hyperbaricus) oxigénkezelés az orvostudomány erősen specializált ága. Medicinális felhasználása és elterjedése a múlt század 60-as éveire tehető, azóta alkalmazott, kutatott, fejlesztett tudományág. A kezelés során a páciensek túlnyomásos keszonkamrában 100% oxigént lélegeznek. Klinikai felhasználás esetében a kezelési nyomás a tengerszint nyomásánál (1 abszolút atmoszféra) minimum 0,4 atmoszférával több, jellegzetesen 2,0–2,5 abszolút atmoszféra. A plazmában így oldott extra mennyiségű oxigén a keringéssel a szövetekbe jut, és hyperoxiát eredményez. A megnövekedett oxigénkínálat és a kúraszerűen alkalmazott kezelés kapcsán megjelenő intermittáló szöveti oxigénszint-változás által indukált sejtszintű regeneráció számos betegség gyógyításában, általában komplex kezelési terv részeként használható. További előnye, hogy noninvazív, fájdalommentes terápia. Felhasználási körét, működésének alapelveit a European Underwater and Baromedical Society szabályozza a European Committee of Hyperbaric Medicine összehívásával, a bizonyítékokon alapuló orvoslás elveinek betartásával. A szerzők közleményükben három olyan esetet ismertetnek, amelynél a túlnyomásos oxigénkezelés jelentősen hozzájárult a terápia sikeréhez. Orv Hetil. 2023; 164(25): 993–996.

**Kulcsszavak:** túlnyomásos oxigénkezelés, sebgyógyulás, járóbeteg

## Hyperbaric oxygen therapy in outpatient care

Hyperbaric oxygen therapy, or high pressure oxygen therapy, is a highly specialised branch of medicine. Applications and results date back to the 1960s and it has been used, researched and developed ever since. During the treatment, patients breathe 100% oxygen in a pressurised chamber. For clinical purposes, as defined, the pressure must equal or exceed 1.4 atmosphaera absolute, most of the cases typically higher (2.0–2.5 atmosphaera absolute). Oxygen dissolves by pressure in body fluids, transported by circulation to all tissues. Cellular regeneration and tissue processes are induced by both the increased oxygen supply and the intermittent change in tissue partial oxygen pressure associated with treatment. The effect can be used in the treatment of many diseases, usually as part of a complex treatment plan. Additional advantage is that it is a non-invasive and pain-free therapy. Evidence-based indications and general baseline usage are regulated by the European Underwater and Baromedical Society through the European Committee of Hyperbaric Medicine, in accordance with the principles of evidence-based medicine. The authors describe three cases in their publication where hyperbaric oxygen therapy significantly contributed to the success of overall treatment.

**Keywords:** hyperbaric oxygen therapy, wound healing, outpatient

Szolnoki N, Gasztonyi B, Paizs T, Földi I, Németh L, Szódy R. [Hyperbaric oxygen therapy in outpatient care]. Orv Hetil. 2023; 164(25): 993–996.

(Beérkezett: 2023. március 18.; elfogadva: 2023. április 1.)

## Rövidítések

ATA = (atmosphere absolute) abszolút atmosféra; CT = (computed tomography) komputertomográfia; EKG = elektrokardiográfia; HIF $\alpha$  = hypoxiaindukált faktor- $\alpha$

A keszonkamráról és a túlnyomásos oxigénkezelésről legelőször valószínűleg a bűvárbalesetek kapcsán kialakuló, a gyors nitrogéndeszaturációhoz köthető súlyos tünetek kezelése jut eszünkbe, de napjainkban orvosi felhasználása – folyamatosan bővülő indikációs körrel – egyre nő.

A túlnyomásos oxigénkezelés első dokumentált alkalmazása 1662-ben Henshaw brit orvos nevéhez kötődik, aki pácienseit „Dormicilium”-nak nevezett túlnyomásos levegőt tartalmazó tartályba helyezte, melynek segítségével tüdőbetegségeket kezelt. Ez jóval azelőtt történt, hogy a fizika gáztörvényeket fogalmazott volna meg, vagy 100 évvel később az oxigént felfedezték volna. Évekkel később, 1872-ben Paul Bert, akit a „hyperbaricus fiziológia atyjának” tartanak, leírta a nyomás alatt lévő levegő élettani alapjait az emberi szervezetben, meghatározva az oxigén neurotoxikus hatásait is. Később Lorrain Smith az oxigén tüdőtoxicitására hívta fel a figyelmet. Ezzel párhuzamosan egyre nagyobb érdeklődés mutatkozott a túlnyomásos oxigén alkalmazása iránt a különböző betegségek terápiájában, beleértve a II. világháború alatt dekompresziós betegségben szenvedő bűvárok kezelését. Tudományos orvosi felhasználása, az evidenciák gyűjtése az 1960-as évekre nyúlik vissza. Azóta tanulmányok sokaságát indították el, és a 21. század elején több száz, túlnyomásos oxigénkezelést nyújtó létesítmény kezdte meg működését.

Magyarországon tudományos leíró közlemény a módszerrel először 1967-ben, az *Orvosi Hetilap*-ban jelent meg [1]. Gyakorlati felhasználása sokáig nem terjedt el, hozzáférése az utóbbi években akadozott, jelenleg kiszámíthatóan elérhető.

## Módszer

A Henry-féle gáztörvény értelmében a plazmában oldott oxigénmennyiség a légzőnyomás nagyságával lesz arányos. A megnövekedett parciális szöveti oxigéntenzio az oxigén biológiai hozzáférést növeli, mely többek között antimikrobiális, immunmoduláló és angiogén tulajdonságokkal bír. Szerepet játszik az anaerob fertőzések leküzdésében, ödéma, biofilm, proinflammatoricus citokinek csökkentésében, oxigénfüggő antibiotikumok hatáserősségének növelésében, a sejtes immunválasz facilitálásában. Az ödéma csökkenéséhez fájdalomcsillapító hatás, a helyi mikrocirkuláció javítása társul [2, 3].

A túlnyomásos oxigénkezelés egymást követő napokon, kúraszerűen történik; a szövetekben kialakuló hyperoxia-normoxia intermittáló változását a szervezet relatív hypoxiának érzékeli (hyperoxia-hypoxia paradoxon), és a 2019-ben orvosi Nobel-díjjal értékelt, hypo-

xiaindukált faktor- $\alpha$  (HIF $\alpha$ ) indukciós hatáson keresztül génexpresszió és szöveti regeneráció indul: angiogenezis, őssejt-mobilizáció, erythropoiesis és vasodilatatio [4]. Ezen utóbbi folyamatok a túlnyomásos oxigénkezelés hosszan tartó hatását, a szövetek újraépülését biztosítják (1. ábra).

## Bizonyítékokon alapuló javallatok

A European Committee of Hyperbaric Medicine bizottság a túlnyomásos oxigénkezelés kapcsán összegyűlt tanulmányok és tudományos bizonyítékok osztályozását végzi azok hitelessége, tudományos alátámasztottsága, módszertana, esetszámai és eredményei alapján. Jelenleg a következő diagnózisok szerepelnek a bizonyított javallatok között [5]:

- Szén-monoxid-mérgezés,
- 'crush' (összetörési) szindróma, kompartment-szindróma, gázgangraena,
- mandibula-osteoradionecrosis (prevenció és terápia), egyéb osteonecrosis,
- lágyszövet-, egyéb szöveti radionecrosis,
- refrakter krónikus osteomyelitis,
- besugárzott szöveten lévő gyógyuló sebek,
- diabeteses láb-szindróma,
- ischaemiás fekély,
- egyéb krónikus gyulladásos seb, fekély,
- bűvárbaleset, dekompresziós szindróma,
- gázembólia,
- anaerob és kevert bakteriális fertőzés,
- bőrátültetés, musculocutan lebeny átültetése, végtag-visszaültetés,
- égés, másodfokú égés >20%-nál nagyobb testfelületen,
- sensorineuralis akut hallásvesztés,
- neuroblastoma IV. stádiuma,
- postanoxiás encephalopathia,
- reperfüziós szindróma,
- akut arteria retinalis elzáródás,
- intestinalis pneumatosis,
- 3 hónapnál régebbi stroke.

Ezen diagnózisok a legtöbbször súlyos állapotú, akár intenzív terápiás ellátást igénylő esetek, a legtöbbjük súlyos maradványtünetekkel gyógyuló vagy krónikus állapothoz vezető betegség. Az egészségügyre jelentős anyagi terhet ró mind a terápia, mind később a rokkant állapottal járó munkakiesés, egyéb támogatás, nyugdíj-fizetés, a rehabilitációs-fenntartó kezelések költsége [6]. A túlnyomásos oxigénkezelés alkalmazásával ezen állapotok és költségek a legtöbbször megelőzhetők. Csökken a kórházi ápolási idő, a gyógyszerárfordítás, a csontoló műtétek száma, javul a betegek életminősége. Pontos egészséggazdasági számítások támasztják alá a túlnyomásos oxigénkezelés használatát a világ és Európa számos országában, ahol a fenti diagnózisok esetén való alkalmazását biztosító finanszírozza [7, 8].



1. ábra | Magasnyomású oxigénterápiás kamra

## Ellenjavallatok és szövődmények

A kontraindikációk között súlyos krónikus obstruktív tüdőbetegség, előzményben szereplő spontán pneumothorax, spherocytosis, egyes citosztatikumok szedése, hallócsontplasztikai műtét szerepel. Relatív vagy átmeneti kontraindikáció lehet a lázas állapot, az epilepszia, a klausztrofóbia, a pánikszindróma, a középfül-egyenlíti képtelenség, illetve a graviditás első trimesztere.

Szövődményei – mint az átmeneti lencsehomály, a hypoglykaemia, a középfül-barotrauma – enyhék, vagy gondos előkészülettel megelőzhetők. A kezelést orvosi konzultáció, betegalkalmassági vizsgálat, kezelési terv készítése és a páciens kezelőorvosával, társszakmával történő egyeztetés előzi meg. A kezelés szakszemélyzet folyamatos jelenlétében zajlik, kamratechnikus, kamranővér és túlnyomásos oxigénterápiában jártas orvos közreműködésével.

## Esetismertetések

Bemutatásra kerülő eseteinket a túlnyomásos oxigénkezelés bizonyított indikációs köréből választottuk, és három terület: a sebészeti, a neurológiai és az ortopédiai szakma szoros együttműködésével végeztük.

A túlnyomásos oxigénkezelés klasszikus, legrégebbi felhasználási módja a nem gyógyuló sebek terápiaja. Ezen elváltozások közös jellemzője a kóros hypoxia és a krónikus gyulladásos szöveti környezetben gátolt angiogenezis, ezért a módszer hatékonyságát számos esetben írták már le [9, 10].

Válogatott stroke-esetekben való felhasználása, több évtizedes eredményes empirikus alkalmazást követően, néhány éve tartozik a bizonyított javallatok közé [11].

Csontfolyamatok kapcsán a oxigénkezelésnek mind a rövid távú, mind a hosszú távú hatásai kihasználhatók, a fertőzött sérülések és a klasszikus osteomyelitis folyamatai mellett a protézissebészet és a rehabilitáció is jelentős alkalmazója [12].

### Első eset (*Nem gyógyuló seb*)

A 65 éves férfi beteg kórelőzményében percutan transluminális angioplasztikát nem igénylő arteriális szűkület, II. típusú diabetes mellitus, hypertonia szerepelt. Diabe-



2. ábra | Első eset: a kezelés előtti és utáni állapot



teses angiopathia talaján a jobb láb IV-es ujján gangraena alakult ki, szövődmenyként phlegmone, osteomyelitis, lázas állapot jelentkezett. Kombinált antibiotikumkezelést követően egy hónappal később az ujj amputációjára kényszerültek. A talp duzzanata, nyomásérzékenysége miatt egy ülésben talpi incisiót, drenázst is végeztek. A nyitva kezelt műtési terület egy hónap múlva sem konszolidálódott, a sebalap necroticussá vált, az V. ujj külső és belső oldalán trophicus fekély jelent meg. A talp sebe lassan szanálódni kezdett, de a lábfej továbbra is halványvörös, duzzadt volt, a C-reaktív protein szintje a 20 mg/l-t többször meghaladta (normáltartomány: <5 mg/l). A klasszikus sebkezelés kiegészítéseként, azzal párhuzamosan, a beteg összesen 23 alkalommal túlnyomásos oxigénkezelésben részesült, 2,5 ATA/150 perc kezelési paraméterekkel. Az alkalmazott kezelést követően a sebalap sarjadása hamar megindult, az V. ujj addig terápiareszistens fekélyei hámosodtak, a csonkseb záródása további egy hónap elteltével látványosan érzékelhetővé vált (2. ábra).

## Második eset (Ischaemiás stroke)

A 75 éves nőbeteg kórelőzményében porckorongsér, méhpolipműtétek, diverticulitis szerepelt. A felvétele napját megelőző napon jobb oldali végtaggyengeség alakult ki, másnapra tünetfokozódás, meglassultság és motoros afázia jelentkezett. Thrombolysis, thrombectomiás időablakon túl került felvételre. Natív koponya-CT-vizsgálattal akut-szubakut bal oldali infarctus cerebri ábrázolódott; vérzés nem volt, mellékletként krónikus fehérállományi vascularis laesiók voltak detektálhatók. A nyaki erek duplex ultrahangvizsgálatával mindkét arteria carotis oszlásában kis plakk volt látható, jobb oldalon enyhe stenosis. A kérdéses bal oldali elváltozás embóliaeredete nem volt valószínűsíthető. Az EKG-n sinusritmus, az echokardiográfián megtartott bal kamrai pumpafunkció volt látható, embóliaforrás itt sem volt azonosítható. Osztályos kezelése során thrombocitaaggregáció-gátló és Cavinton infúziós kezelést kapott. Laboratóriumi eredményében hypercholesterinaemia és 2-es típusú diabetes mellitus igazolódott. Távozásakor jobb alsó végtagi bénultság, extenziós enyhe tónusfokozódás, felső végtagon közepes fokú, 3/5-ös paresis, enyhe flexiós tónusfokozódás állt fenn, motoros afáziával.

A páciens három hónap múlva – otthonában 2 × 14 alkalommal végzett, 30 perces, érdemi változást nem hozó gyógytorna után – jelentkezett oxigénterápiás centrumunkban. 16 alkalommal neurológiai séma szerint, 2,5 ATA/90 perc túlnyomásos oxigénkezelésben részesült.

3 héttel később, kontroll neurológiai vizsgálata szerint, jobb felső végtagi paresise gyakorlatilag megszűnt, a kéz szorítóereje teljessé vált. A koordinációs kísérleteket végrehajtotta, ujjügyetlenség fennállt. A jobb alsó végtagban 4/5-ös enyhe spasticus paresis maradt vissza, önállóan, segédeszköz nélkül, jó tempóban járt. Az afá-

zia oldódott, enyhe szómegnevezési zavar maradt, számolni, olvasni jól tudott, az automatikus beszéd ép lett. Statusa regrediált.

## Harmadik eset

### (Csípőprotézis-műtét utáni szövődmeny)

A 64 éves, obesitas, dohányzás, autoimmun betegség miatt septicus szövődmeny tekintetében nagy rizikójú férfi betegnél – a bal csípőben nyugalmi fájdalmat okozó arthrosis miatt – cement nélküli, titán alapanyagú, kerámiafejú totális endoprotézis került beültetésre másik intézményben.

A műtét után másfél héttel fájdalom, hidegrázás miatt először *ex juvantibus* antibiotikumkezelés, majd a panaszok fokozódása miatt a műtési terület debridementje vált szükségessé. Kombinált antibiotikumkezelést indítottak, mely a tenyésztés alapján csak részben fedte le a tenyésztésben szereplő kórokozók antibiogramját. A páciens ezt követően került látóköreinkbe.

A protézis eltávolítását, artikuláló 'spacer' behelyezését, csípőprotézis-revíziót terveztek, azonban a klinikai panaszok nagy fokú hullámozása miatt septicus sebészeti, infektológiai konzíliumot követően a protézis megtartása mellett döntöttek. A C-reaktív protein 19–24 mg/l közötti stagnálása és folyamatos fájdalom miatt oxigénterápiára irányították.

Centrumunkban 12 alkalommal, naponkénti túlnyomásos oxigénkezelésben részesült, 2,5 ATA/150 perc paraméterekkel.

Kezelése 3. napjától a fájdalom nagymértékben csökkent, az ízület mozgásterjedelme és terhelhetősége javult, a páciens mobilizációja gyógytornával, antigravitációs futópaddal és nyirokmasszázs-kezeléssel kiegészülve megkezdődött. 2 hét múlva a kontrollvizsgálaton a C-reaktív protein 5 mg/l volt, a beteg panaszmentes, a protézis szempontjából gyógyult. Az eltelt 12 hétben az operált csípőben panasz nem újult ki, a beteg általános állapota, fizikai teljesítőképessége az elmondása alapján jelentősen javult, így a túlnyomásos oxigénkezelés eredményesnek volt tekinthető.

## Megbeszélés

A túlnyomásos oxigénkezelés alkalmazásának eredményei, bizonyítékokon alapuló javallatok esetén, évtizedek óta ismertek az orvosi szakirodalomban. Számos szakterületi határterületen gyógyítja és csökkenti a sebek és fertőzések súlyosságát, szöveti regenerációs folyamatokat indítva el. Magyarországon jelenleg klinikai szakmai bevezetése zajlik, elérhetősége korlátozott, keresi helyét a különböző betegségek terápiás arzenáljában. Alkalmazását bemutató eseteinkben, a bizonyított indikációk ismeretében, az azokhoz illesztett nemzetközi protokollok alapján javasoltuk és alkalmaztuk.

Alkalmazása mindhárom ismertetett esetünkben eredményesnek, a betegség kimenetele szempontjából jelentősnek ítéltető. A további javallati köröket a jövő fogja megjelölni.

*Anyagi támogatás:* A közlemény megírása, illetve a kapcsolódó kutatómunka anyagi támogatásban nem részesült.

*Szerzői munkamegosztás:* Sz. N.: A közlemény megírása, konzultáció a betegekkel, a betegek nyomon követése. G. B.: A szakmai háttér biztosítása. P. T.: Közvetlen munka a túlnyomásos oxigénterápiás tevékenység során. F. I.: Az 1. beteg kezelőorvosa. N. L.: A 2. beteg kezelőorvosa. Sz. R.: A 3. beteg kezelőorvosa. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

*Érdekltségek:* A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

## Irodalom

- [1] Besznák I. The use of hyperbaric oxygenation in medicine. [A hyperbaricus oxygenisatio alkalmazása az orvostudományban.] Orv Hetil. 1967; 108: 193–198. [Hungarian]
- [2] Mathieu D, Favory R, François Collet F, et al. Physiologic effect of hyperbaric oxygen on hemodynamics and microcirculation. In: Mathieu D. (ed.) Handbook on hyperbaric medicine. Dordrecht, Springer, 2006; pp. 75–101.
- [3] Ortega MA, Fraile-Martinez O, García-Montero C, et al. A general overview on the hyperbaric oxygen therapy: applications, mechanisms and translational opportunities. Medicina (Kanaus) 2021; 57: 864.
- [4] Hong WX, Hu MS, Esquivel M, et al. The role of hypoxia-inducible factor in wound healing. Adv Wound Care (New Rochelle) 2014; 3: 390–399.
- [5] Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. Diving Hyperb Med. 2017; 47: 24–32. Erratum: Diving Hyperb Med. 2017; 47: 131–132.
- [6] Marroni A, Longobardi P, Cali-Corleo R. A cost-effectiveness evaluation of hyperbaric oxygen therapy. In: Mathieu D. (ed.) Handbook on hyperbaric medicine. Springer, Dordrecht, 2006; pp. 671–678.
- [7] Guo S, Counte MA, Gillespie KN, et al. Cost-effectiveness of adjunctive hyperbaric oxygen in the treatment of diabetic ulcers. Int J Technol Assess Health Care 2003; 19: 731–737.
- [8] Stoekenbroek RM, Santema TB, Koelemay MJ, et al. Is additional hyperbaric oxygen therapy cost-effective for treating ischemic diabetic ulcers? Study protocol for the Dutch DAMO-CLES multicenter randomized clinical trial. J Diabetes 2015; 7: 125–132.
- [9] Lindenmann J, Kamolz L, Graier W, et al. Hyperbaric oxygen therapy and tissue regeneration: a literature survey. Biomedicine 2022; 10: 3145.
- [10] Vinkel J, Holm NF, Jakobsen JC, et al. Effects of adding adjunctive hyperbaric oxygen therapy to standard wound care for diabetic foot ulcers: a protocol for a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. BMJ Open 2020; 10: e031708.
- [11] Efrati S, Fishlev G, Bechor Y, et al. Hyperbaric oxygen induces late neuroplasticity in post stroke patients – randomized, prospective trial. PLOS ONE 2013; 8: e53716.
- [12] Savvidou OD, Kaspis A, Bolia IK, et al. Effectiveness of hyperbaric oxygen therapy for the management of chronic osteomyelitis: a systematic review of the literature. Orthopedics 2018; 41: 193–199.

(Szolnoki Nikolett dr.,  
Lenti, Táncsics u. 8., 8960  
e-mail: nikolett.szolnoki@balancemedical.hu

Gasztonyi Beáta dr.,  
Zalaegerszeg, Zrínyi u. 1., 8900  
drgasztonyib.foi@zmkorhaz.hu

„Necessitatem ferre non flere addecet.”  
(A szükségét nem siratni, elviselni kell.)