

Szalkai Iván ny. orvos ezredes:

## A KRÓNIKUS STRESSZHELYZETBEN LÉVŐ ÁLLOMÁNY STRESSZ-SZINTJÉNEK CSÖKKENTÉSE NEUROBIOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉSben

*ÖSSZEFOGLALÁS: A harctevékenységek formája az elmúlt évtizedekben jelentős változásokon esett át, így annak az adott katonai biológiai-pszichológiai egységére gyakorolt hatása is megváltozott. Egyes források szerint az alkalmazási területről hazatérő katonák 20–50%-ánál tapasztalható pszichés sérülés, illetve krónikus stressz. A sérültek, főleg zárt koponyasérülést elszenvedettek között végzett képző és funkcionális vizsgálatok ismételt felvetik az idegrendszeri sérülés oki szerepét a harctéri stressz és következményes betegségei körében. A PTSD-ben (posttraumatic stress disorder – poszttraumás stressz betegség) szenvedő amerikai veteránok között végzett vizsgálatok új terápiás lehetőséget vetnek fel. Fontosnak tűnik az agy anyagcseréjének a helyreállítása ahhoz, hogy a mikrosérülések s azok pszichológiai következményei gyorsabban gyógyuljanak. Ez a kezelés preventív, illetve korai jelleggel, a szerző és kutatótársai által kidolgozott módszerekkel, tábori körülmények között is elkezdhető.*

*KULCSSZAVAK: agyi mikrotrauma, PTSD, poszttraumás stressz betegség, oxigéntartalmú víz*

### BEVEZETÉS

Az elmúlt 20 évben lezajlott aszimmetrikus háborúk tanulmányozásakor (Afganisztán, Irak, Szíria) jelentős változásokat tapasztalunk. Változott a háború jellege, a benne részt vevő parancsnokok, alegységparancsnokok, valamint az egyes katonák felelőssége, harcmodora, de a sérülések összetevői is jelentősen változtak. A döntéshozatal, az önállóság iránti követelmény és felelősség alacsonyabb szintre került. A katonáknak meg kellett ismerniük más kultúrákat – melyek egyes elemeikben a megszokott erkölcsöknek és világgépnek gyökeresen ellentmondanak –, azokhoz alkalmazkodniuk kellett. Megváltozott a harcmodor, gyakorivá vált a lesből történő támadás és a rögtönzött robbanóeszközök alkalmazása. Az ellenség nem várt módon, nem várt módszerrel, nem várt pillanatban jelenik meg és támad.

A változó földrajzi, meteorológiai, kulturális, harcmodorbéli elemek fokozott válaszreakciót kényszerítenek az emberi szervezetre, kialakul a krónikus stressz-szituáció. A klasszikus stressz-elméletben az inger után következik egy fokozott válaszreakció, majd lecseng a folyamat.

Abban a helyzetben, amelyben az aszimmetrikus háborúban részt vevő katonák vannak, a stresszállapot állandósul, amely a megküzdéshez egyéni praktikákat kíván meg. A krónikus stressz elleni küzdelem alapvetően két részből áll: a fizikai és a lelki felkészítésből. Ezek azonban tartósan nem biztos, hogy sikeresen alkalmazhatóak. A krónikus stressz inger tartóssága, a szervezet ellenreakciója befolyásolják az egyén (biológiai, pszichológiai) alkalmazkodó- és reakcióképességét.

## A KRÓNIKUS STRESSZHATÁSOK MEGJELENÉSI FORMÁI

Az emberi szervezetre kifejtett krónikus stresszhatások megjelenési formái a következők:

- a szervezet terhelésviselő képessége csökken,
- a keringési rendszer alkalmazkodóképessége csökken,
- lassulnak egyes fontos mentális folyamatok,
- felborulhat a folyadékháztartás.

A katonai teljesítmény (mint az emberi teljesítmény egyik aspektusa) szélsőséges körülmények közötti alakulása régóta áll több tudományág határterületi kutatásainak homlokterében. Az ötvenes, a hatvanas, majd a nyolcvanas években Mackworth,<sup>1</sup> Pepler<sup>2</sup> és Ramsey<sup>3</sup> munkássága járult hozzá az emberi teljesítmény mérőrendszereinek kidolgozásához. A NATO keretein belül a humán faktor, vagyis az emberi tényező egységes elvek szerinti értékelése egyre fontosabb. Az egészségi alkalmasság, a fáradtság-menedzsment új igényként jelentkezik. A hadviselés és a válsághelyzetek megoldása a jövőben nem a technika színvonalán, hanem az emberi tényezőknél,<sup>4</sup> a harc-képesség megőrzésén és gyors helyreállításán múlik. Olyan humán tényezők kerülnek előtérbe, mint a figyelem, a helyzetfelismerés, a gondolkodás és döntéshozatal sebessége, a vegetatív idegrendszer alkalmazkodó- és szabályzó-képessége.

Az elmúlt évtizedek *humán stressz-válasszal* foglalkozó kutatásai alapján nyilvánvalóvá vált, hogy az endokrin és szervi változások bonyolult pszichoneurológiai szabályozás alatt állnak, illetve hogy a stresszhelyzetek észlelése, valamint az alkalmazkodás során jelentős *egyéni különbségek* tapasztalhatóak. A tartósan fennálló, viszonylag kisebb intenzitású, de elkerülhetetlen mindennapi megterhelések hatására hosszú távon egyensúlyvesztés következhet be, ami maradandó egészségkárosodáshoz is vezethet. Összességében megállapítható, hogy a stressz egészségkárosító hatása gyakrabban áll kapcsolatban krónikus megterhelésekkel, mint akut traumákkal.

A stresszreakció alapvetően gyors válasz a bennünket érintő fenyegető ingerekre. Amennyiben a külső hatás tartósan fennáll, krónikus stresszválaszról beszélünk, amely a belső szervekre a folyamatosan képződő stresszhormonokon keresztül állandó hatással van, s ez az egyensúly felborulásával, adott szervi funkciók gyengülésével jár. A stresszhormonok ösztönzik az alkalmazkodást, amennyiben elősegítik a tapasztalatszerzést, valamint az újszerű helyzetek feldolgozását. Ez azonban csak rövid távú megterhelések esetén működik. A tartós, krónikussá vált stresszreakció a kortizol hormon hatására durván károsíthatja egyes agyi területek neuronális struktúráit. A krónikusan magasabb kortizolszint kapcsolatban áll a zavart emlékezeti funkciókkal. Klinikai vizsgálatok is megerősítik az összefüggést: depressziós, illetve poszttraumás stressz betegségűl szenvedő páciensek esetében jellemző a deklaratív emlékezet zavar.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mackworth 1950, 268–284.

<sup>2</sup> Pepler 1968, 211–219.

<sup>3</sup> Ramsey 1983, 33–60.

<sup>4</sup> Porkoláb 2017, 3–15.

<sup>5</sup> A deklaratív emlékezet vagy explicit emlékezet az eseményekre és tényekre való emlékezet együttes elnevezése, annak alapján, hogy képesek vagyunk-e tapasztalatainknak tudatába kerülni és a tudat tartalmáról nyelviileg beszámolni. Két alrendszerre van: az egyik a szemantikus emlékezet, amely a világról való tudásunkat, ismereteinket tárolja, a másik az epizodikus emlékezet, amely az egyedi eseményekre való emlékezést teszi lehetővé.

A műveleti körülmények között szolgálatot teljesítő katonát érő külső hatások jelentősen eltérnek a polgári életben keletkező hatásoktól. Ezért ezeket a stresszt kiváltó tényezőket külön érdemes vizsgálni és értelmezni.

Fokozottan jelentkeznek, jelen vannak a környezeti meteorológiai hatások, a veszélyes és mérgező anyagok – gondolván az elmúlt s jelenlegi műveleti tevékenységre jellemző robbanásos sérülésekre. A szállító harc- vagy gépjármű specialitása miatt az alkalmazás során nemcsak mechanikai, hanem hő- és zajterhelés is megjelenik. A belső stresszoroknál a folyadékháztartás zavara jelentősen gyakrabban okoz problémát, mint a polgári életben. Az anyagcsere-zavar nemcsak az éhezést jelenti, hanem a szervek elégtelen energiaellátását is maga után vonja.

A katonai harcképességet (teljesítményt) befolyásoló stresszorok:<sup>6</sup>

*Külső stresszorok:*

1. Környezeti stresszorok:

- hideg – fokozatos lehülés vagy hirtelen fagyás
- hypoxia
- napsugárzás
- hőség

2. Veszélyes anyagok:

- robbanószerek, robbanóhatás
- nem ionizáló sugárzás
- fizikai traumák
- fejsérülések
- szállító járművek (önmagukban, illetve sérüléseik esetében)

*Belső stresszorok:*

1. Anyagcsere-stresszorok:

- elégtelen energiabevitel
- fizikai kiképzés elégtelensége vagy túlzásba vitele
- a folyadék-anyagcsere problémái – folyadékvesztés vagy folyadéktöbblet (hyponatraemia)

2. Neuropszichiátriai stresszorok:

- alváshiány
- traumatizáló események
- izoláció
- új és/vagy konfliktusos szerepek
- családtól való távollét
- információs túlterhelés

Mivel a stressz többszintű jelenség, annak megelőzése és kezelése több megközelítésben lehetséges. Bár a stressz kezelésével foglalkozó programok többnyire egy-egy problémaszintre fókuszálnak, a hatékony megközelítéseknek egyaránt figyelembe kell vennie a krónikus megterhelések szociális, kapcsolati és individuális szempontjait. A stresszkezelő és -megelőző programok egy része elsősorban a krónikus megterhelések *kapcsolati szintjével* foglalkozik a stresszt fokozó kommunikációs minták leépítésével, a hatékony konfliktuskezelő módszerek gyakorlásával. A stressz feloldására elterjedt módszerek a fizikai tréning (képződött energiák felhasználása) és a pszichológiai individuális kezelés (megküzdési módszerek).

<sup>6</sup> Friedl 2012, 20.

A stresszreakció agyi sérüléshez kötése az első világháborúban jelent meg: Charles Samuel Myers írta le részletesen, és gránátsokknak („shell shock”) nevezte el. A kezdeti időszakban a kórkép okaként a gerincvelő vagy az agy traumás sérülését írták le, majd a pszichés tünetek vezető jellege miatt, a freudi pszichoanalitikus iskola hatására mind többen „háborús neurózisnak” tekintették s így is kezelték. (A háborús neurózis fogalom Ferenczi Sándor magyar pszichiáterhez köthető, aki Freuddal való levelezésében említi.) Ezt a kezelést hatékonynak tekintették – bár eredményesnek írták le az elektrosokkot és a Kneipp-féle hidroterápiát is.

A trauma által kiváltott reakciók pszichológiai hátterének kutatásai hosszabb előtörténetre tekintenek vissza. Tulajdonképpen csak az utolsó húsz esztendőben kezdett a figyelem arra irányulni, hogy az agy ezeket a folyamatokat hogyan szabályozza. Az erre irányuló kutatások sokban elősegítették a terápiás technikák kifinomodását a PTSD kezelésében.

## NEUROBIOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉS

A számtalan pszichológiai elmélet mellett ismét előtérbe került a gondolat, hogy a trauma során sérülhet az agy, s így megváltozhatnak bizonyos neurohormonális folyamatok. A háborús sérültek között nagyobb számban jelentkezik a PTSD a fej robbanásos sérültjeinél. Ebben az esetben a bekövetkezett mikrotraumák (idegsejtaxon-sérülés, agyrázkódás és vérzés) kiváltják az agy funkciójának a módosulását is. Zárt koponyasérüléseknél a frontális, a fali, az okcipitális lebeny, a corpus callosum és az agytörzs területén lehetséges sérülés.<sup>7,8</sup>

Az evolúció során az emberi agy három egymással összefüggő rendszert alakított ki az információ feldolgozására. Mindhárom rendszernek megvannak a saját anatómiai és neurokémiai sajátosságai. Az agytörzs és a hipotalamusz főként a belső homeosztázis regulációjáért, míg a limbikus rendszer (melynek az amygdala és a hippocampusz is részei) az emóciók szabályozásáért felelős, a neokortex pedig az események jelentését analizálja és az azokra való kíváncsi és adekvát reakciókat programozza. Az agytörzs és a hipotalamusz működéséről általában az az elképzelés, hogy azok viszonylag kevés változást mutatnak, míg a limbikus rendszer, de főleg a neokortex a környezeti hatásokra gyorsan reagálnak.

Ebből kiindulva születtek azok az elképzelések, melyek szerint a traumatikus élményekre főleg a neokortex és a limbikus rendszer reagál – ezzel szemben úgy tűnik, hogy sokkal alapvetőbb szinten szabályozó neuronális rendszerekben is változások jönnek létre. A traumatikus esemény hatására elsősorban olyan agyi struktúrák aktiválódnak, melyek külső behatások esetén a homeosztázis visszaállításáért felelősek, azok, amelyek korábbi traumatikus események idején voltak bevonódva, valamint azok a rendszerek, ahol a beérkező információ jelentése meghatározódik.

A PTSD-nél az általánosságban tapasztalható megnövekedett fiziológiai készenléti állapot (túlérzékenység) mellett egy specifikus kondicionált reakció észlelhető azokra az ingerekre, melyek a traumatikus helyzettel összefüggésben vannak. Emellett fennáll egy túlzott reakció egyéb, a normálisnál erősebb környezeti ingerekre is. Ilyenkor a szívritmus erős fokozódása tapasztalható, a bőrellenállás és az izomfeszültség jelentős mértékben megnő (vegetatív idegrendszeri reakciók). Ezek a reakciók az ismétlések hatására egyáltalán nem, vagy csak elhanyagolható mértékben csökkennek. A hyperarousal jelenségeknek megnöve-

<sup>7</sup> Taber 2006, 141–145.

<sup>8</sup> Havelka 2011.

kedett fiziológiai készenléti állapot, alvás és koncentrációs zavarok, motoros nyugtalanság, túlzott érzékenység) egyrészt a megnövekedett noradrenalin szint áll a háttérben, másrészt a szerotonin kóros aktivációja, mely ugyanakkor a trauma újraátélésében is szerepet játszik.

A zárt koponyasérülés az iraki hadműveletben a sérültek és halottak 80%-ában volt megtalálható. Egy tengerészgyalogos-egységnél a sérülések 97%-a származott robbanástól, ebből 65% ideiglenes robbanószekélytől (IED), 32% aknától. A sérülések 53%-a a fejet és a nyakat érte.

A külvilág ingereinek, így a katonát érő hatások érzékelésének, felfogásának, feldolgozásának elsődleges területe az agy. Az agy működésének, a tudat (gondolkodás) befolyásolásának értelmezése elsődleges a környezeti (harctevékenység előtt, alatt és után) hatásokra való felkészülés, a hatás alatti folyamatok és annak feldolgozása szempontjából.

Az agy az információt (input) az érzékszervek útján gyűjti be. Az érzékszervek fizikai impulzusokat (rezgés, molekuláris inger) továbbítanak, amelyekből feldolgozható információt az adott érzékszervhez tartozó központ állít elő. Ezek feldolgozása és összevetése a tanult és elképzelt valósággal hozza létre a tudatot, a folyamatlevezést, a döntést. A tudat kialakulásához széles körű agyi aktivitás szükséges, de ez nem jelenti azt, hogy az egész agy aktivitásának homogénnek kellene lennie. Éber, tudatos állapotban, az agyban keresztül-kasul, szétszórtan található aktív területek, amelyek együttesen alakítják ki az egységes tudatot, míg tudattalan állapotban az aktivitás lokalizált marad.

Számos célirányos, különböző kognitív feladat kivitelezése során megfigyelték, hogy az agyi régiók állandó összetételű csoportja meglepő módon, az alapszinthez képest rövid időre aktivitáscsökkenést mutat. Az idegrendszer e területeinek csoportját Raichle<sup>9</sup> és munkatársai default mode networknek (az agy alapműködési hálózatának – AMH) nevezték el. Hálózatnak (networknek) nevezzük a térben egymástól távol lévő agyi régiók csoportját, amelyek aktivitási szintje korrelál, vagy funkcionálisan kapcsolatos, és együttesen alakítják ki az adott viselkedést, függetlenül attól, hogy a hálózat adott résztvevőjének aktivitási szintje különbözik az egyes feladatok során. Az AMH-t alkotó középvonalis agyi területek a praecuneus, a posterior cingularis kéreg és a mediális prefrontális kéreg. Mások a superior frontális sulcust, a temporoparietális junctiót és a parahippocampalis kéreg is ide sorolták. A hálózat tagjainak sajátosságai rejtett helyzetüknél fogva a koponya felszínéről elvezetett EEG segítségével nehezen megközelíthetőek. Az utóbbi évek funkcionális idegrendszert ábrázoló technikái segítségével viszont az agynak e rejtett részei vizsgálhatóakká váltak, és a kutatók érdeklődésének a középpontjába kerültek. Felmerült, hogy az AMH képezne a tudat neurológiai bázisát. Nagy valószínűséggel feltételezhetjük, hogy például a kisagyban a tremor alapját az ott jelen lévő neurális háló biztosítja.<sup>10, 11</sup>

Az agy a stressz központi szerve. Az agy veti össze a beérkező ingereket a mintákkal, s dönti el azok fenyegető vagy nem fenyegető jellegét. A stressz nemcsak a klasszikus hipotalamusz–hipofízis–mellékvese tengelyen, illetve a vegetatív idegrendszeren keresztül hat, hanem az anyagcserével és a gyulladási faktorokkal is kapcsolatban áll. A krónikus stressz a gének, a DNS szintjéig hatnak a sejt működésére.

Az emberi agy soha nem pihen, éppen ezért alapállapotának a definiálása nagy kihívás és számos vita tárgya. Jelenlegi konszenzuson alapuló meghatározása szerint alapállapotként tekintjük azt a helyzetet, amikor a vizsgálati alany éber, nyugodtan, csukott szem-

<sup>9</sup> Raichle 2001, 676–682.

<sup>10</sup> Quattrone 2008, 1692–1697.

<sup>11</sup> Bagepally 2012, 275–278.

mel fekszik és specifikus tevékenységben nem vesz részt. Raichle és munkatársai az agy oxigén-felhasználását alapul véve definiálták az alapállapotot. A valóban felhasznált és a keringő vér által szállított oxigén aránya az oxigén extrakciós frakció, amelynek mérése PET-vizsgálattal lehetséges. Meglepő térbeli állandóságot figyeltek meg oxigén extrakciós frakció értékében nyugalomban, az agy egész területén. Ezt az átlagos agyi oxigén extrakciós frakcióval jellemezhető állapotot tekinthetjük alapszintnek, amely valamely feladat hatására rövid időre megváltozik. Energetikai szempontból vizsgálva, amíg az agy valamely környezeti inger által kiváltott aktivitáshoz pusztán az energiaszükségletének a 0,5–1%-át, addig nyugalmi állapotban, a belső aktivitásának a fenntartásához a teljes agyi energiafogyasztás 60–80%-át használja fel. A praecuneus az agy legnagyobb fogyasztója, a kéreg teljes glükózfelhasználásának 35%-át igényli.”<sup>12</sup> Leaw<sup>13</sup> és munkatársai leírták, hogy a sejtben lévő mitokondrium oxigénhiánya az energiatermelés csökkenéséhez, az idegsejtekben gyulladás-hoz, funkcióváltozáshoz vezet. Az oxigénszint csökkenése vagy emelkedése szabad gyökök képződését okozza, a normoxia azonban szabályozza ezt a folyamatot.

## AZ OXIGÉN SZEREPE A FIZIKAI ADAPTÁCIÓS FOLYAMATOKBAN

A szervezet működésének fenntartásában, a környezeti hatásokra való válaszreakciók energiaszükségletének biztosításában elsődleges szerepe van az oxigénnek. Az oxigén a földi élet alapja, a természetben lejátszódó redoxi folyamatok határozzák meg a biológiai szervezet energiatermelését, a belső szabad gyök–antioxidáns kölcsönhatást, egyensúlyt. Számos szerző, köztük Watson<sup>14</sup> vitatja a szabad gyök-ellenességet és az antioxidánsok túlértékelését, az egyensúly jelentőségét emeli ki. Ezek a cikkek már arra mutatnak rá, hogy idősebb lenne a jelenleg népszerű oxidatív stressz, s abban az oxigén és oxigénszármazékok szerepének újrarendelése.

Az oxigén a természetben szabad gáz vagy kötött formában van jelen. Standard hőmérsékleten és nyomáson az oxigén színtelen, szagtalan gáz, molekulaképlete  $O_2$ . A légkör oxigéntartalma tengerszinten 20,8%, amely a magasság fokozódásával arányosan csökken. A 20 fokos víz oxigéntartalma 7,6 mg/l. Az oxigéntartalmat gyakran százalékos formában használjuk, ami az adott légköri nyomáson az adott oldat oxigénelnyelő képességéhez való viszonyítást adja meg. Ezt tekintjük 100%-nak, s ehhez hasonlítjuk a többi adatot.

A törzsfajlás adott fokán az állati szervezetek energiaszükségletüket oxidatív folyamatokból fedezik: azok a vegyületek (elsősorban az ATP), amelyek energiáját a sejtek közvetlenül fel tudják használni, főként a tápanyagok oxidatív lebomlása közben keletkeznek. Az ATP legnagyobb hányada a mitokondriumokban (az energia előállításában és annak elraktározásában szerepet játszó sejtszervecske) szintetizálódik.

A sejt energiatermelésének az oxigén viszonylatában két formáját különítjük el. Az egyik oxigén jelenlétében történik (aerob), amikor egy szőlőcukorból 32 ATP-molekula képződik, s a másik az oxigén hiányában történő (anaerob), amikor egy szőlőcukorból 6 ATP-molekula képződik, s mellette tejsav jön létre. Ez a hypoxiás állapot jellemzője.

Az alacsony oxigénszint patológiás szerepe az eddigi vizsgálatok szerint a katonai műveletekben alapvetően a búvároknál, a repülőhajózáknál, illetve a magas hegyvidéken tevékenykedő állományoknál jelenik meg. Az utóbbi esetben különválasztják a 4500 m felett

<sup>12</sup> Ramsey 1983.

<sup>13</sup> Leaw 2017.

<sup>14</sup> Watson 2013, 120–144.

rövid ideig (kevesebb, mint 4 órát), illetve 2500–3500 m magasságban több mint 4 órát történő tartózkodást.<sup>15,16</sup> A magashegyi oxigénhiány akut magashegyi betegséget, krónikus magashegyi betegséget, agyödémát, tüdőödémát válthat ki.<sup>17</sup> A műszeresen ellenőrzött akklimatizáció időtartama 5–9 nap, de amerikai katonai szerzők véleménye szerint az adaptációs folyamat tovább tart.<sup>18</sup> Kísérleteztek speciális légzőizommedzéssel, de csak 4000 m feletti magasságban volt látható eredménye.<sup>19</sup> Az oxigén biztosítása lehetséges a légzési volumen növelésével, túlnyomásos oxigén belégzésével, valamint vízben oldott oxigén felhasználásával.

A vízben oldott oxigénnel az első kísérleteket Otto Warburg német tudós végezte a múlt század harmincas éveiben, s a tumorsejtek oxigénfüggésének kimutatásáért Nobel-díjat kapott. Az oxigénes víz azonban feledésbe merült egy időre. Magyarországon mintegy 20 éve jelent meg a kaqun-technológia, ami lényegében egy irányított elektrolízis, amely során hidrogén távozik el a vízből, s a víz oxigéntartalma megduplázódik, szabadgyök-tartalma növekszik, klaszterstruktúrája megváltozik.<sup>20</sup>

## MI A KAKUN VÍZ?

A Kaqun név alatt nem egy konkrét terméket értünk, hanem egy technológiát, mely segítségével előállítható egy egyedi molekulaszervezetű víz, mely a rá jellemző módon stabil és kötött formában tartalmaz és tárol oxigént. A közönséges csapvíztisztítás, sótalánítás után egy speciális kezelőegységbe kerül. Ez a kezelőegység hidrolízist végez, amely során a víz H<sub>2</sub>-tartalma és klaszterstruktúrája megváltozik. A vízben O<sub>2</sub>-, O-, OH<sup>-</sup>, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-gyökök jelennek meg. Ezt bizonyítja a víz O<sub>2</sub>-tartalmának a változása (120–250%), a 7,8–8,0 közötti pH-érték, a redukív kapacitás és az rH<sub>2</sub>-érték csökkenése. A vízben megjelenő oxidáló-redukáló vegyületek teszik lehetővé, hogy a Kaqun vízben oldott C-vitamin mennyiségi korlát nélkül szívódjon fel és jusson el a mitokondriumokig. A normál vízszervezet a magányos vízmolekulától a mega gömb vagy fonál alakú klaszterig folyamatosan változik. A kezelés hatására a klaszterstruktúra a 4 molekulás alapklaszter felé módosul, melyet a víz fajlagos hőjének az emelkedése is bizonyít. Megnő a 4 vízmolekulából álló alapklaszterek dominanciája. Ez a vízklaszterméret képes a sejtmembránon ideiglenesen létrejövő fehérjealagutakon való, külön energiafelhasználást nem igénylő áthaladásra, így a sejt szükségleteinek megfelelő bejutásra. Ennek a képességnek nagy jelentősége van a fürdőkezelések során. Bizonyított, hogy a folyadékban oldott oxigén átjut a bőrön keresztül, míg a gáz-halmazállapotú nem.

A Cochrane-adatbázis (bizonyítékokon alapuló, ápolással és egészségtudományokkal kapcsolatos információkat tároló elektronikus *adatbázis*) az oxigénnel kapcsolatosan 9951 cikket közöl, ezek között egy sincs, amely oldott oxigénről szól. A PubMed adatbázis (a leggyakrabban használt orvosi adatbázis) 10 559 oxigénnel kapcsolatos cikket tartalmaz, amelyek között oldott oxigénnel kapcsolatos vizsgálat csak hidrobiológiai témakörben van – a vízi élőlények oldott oxigént használnak. Humán alkalmazásról két magyar cikk jelent

<sup>15</sup> Tarnóczy 2007.

<sup>16</sup> Luo 2014, 2748–2755.

<sup>17</sup> Tannheimer 2013, 507–510.

<sup>18</sup> Lomax 2010, 498–501.

<sup>19</sup> Fonyó 2011, 547.

<sup>20</sup> Szalkai 2011.

meg Bíró Anna<sup>21</sup> és Tóth József<sup>22</sup> tollából, akik szintén Kaqun vízzel kapcsolatos kutatásokat végeztek. Gyakorlatilag elsők vagyunk ennek a kutatásában, a leírtak és állításaink saját méréseinken alapulnak.

## A KAKUN VÍZ HATÁSA A SZERVEZETRE – SAJÁT VIZSGÁLATAINK ALAPJÁN

A Kaqun vízzel kapcsolatos saját vizsgálataink alapján az alábbi következtetésekre jutottunk:

1. Csökkenti a hypoxiát a sejtek oxigén- és C-vitamin-szintjének az emelésével. Ennek következtében csökken az anaerob glikolízisre átváltás lehetősége, normalizálódik a sejt anyagcsereje, energiatermelő képessége.
2. Gyorsan emeli a szöveti oxigénszintet (a víz elfogyasztása után 1 perccel a szöveti oxigénszint növekedése mérhető), ezáltal az izomszövet teljesítőképességét növeli, a tejsav termelését csökkenti.
3. Jelentősen javítja a celluláris (elsősorban vírus és tumor elleni) immunrendszer működését.
4. Javítja az erek tágulékenységét, ezáltal a keringés hatékonyságát. Csökkenti (gyorsítja) a reflex- és kognitív (gondolkodási) időt.
5. Csökkenti a szervezet stresszreakcióit, elősegíti a vegetatív idegrendszer normál működését.
6. Javítja a munkamemória használatának a hatékonyságát.
7. Csökkenti a fáradtságérzetet, javítja az összpontosítási képességet.

Alkalmazásának lehetőségei katonai körülmények között:

1. Állomány fizikai és pszichikai képességének a szinten tartása – a jelenleg alkalmazott fizikai és lelki kiképzési módszerek kiegészítéseként.
2. Bevetéseken a víz fogyasztása javítja a fizikai és mentális állóképességet, csökkenti a fáradtságérzetet.
3. Napjaink műveleteiben, tábori elhelyezési körülmények között az állomány bevetés utáni pihenésének elősegítése érdekében felgyorsítja a fizikai-pszichikai rekreációt, valamint a testfelszíni sérülések gyorsabb gyógyulását teszi lehetővé. A szárazföldi csapatok, valamint a légierő állománya esetében egyaránt alkalmazható (elősegíti a pilóták, a radarmegfigyelő személyzet gyorsabb rekreációját).
4. A sérülést szenvedett állomány gyorsabb rehabilitációja. Egyrészt elősegíti a harcból kivont, kifáradt személyzet, katonák gyors talpra állítását (a fizikai, pszichológiai módszerek mellett), másrészt felgyorsítja a sérültek sebgyógyulását (mechanikai sérülések, másodlagos sebek, égett sebek, vegyi-sugár sérülések).
5. Alkalmos a hátszágba került, PTSD-ben szenvedő sérültek ellátásának kiegészítő kezelésére. A PTSD elméletében a lelki tényezők szerepelnek elsődleges jelleggel, a neurobiológiai okok értelmezése háttérbe szorult az utóbbi időben. A Kaqun víz kedvező hatása azonban felveti ismét az agy mikrotraumáinak, valamint a stressz neurohumorális folyamatának a lehetséges szerepét a betegség kialakulásában. A Kaqun víz szerepének kimutatása a DNS-metilációban (a DNS bizonyos helyeihez kapcsolódó metilcsoportok

<sup>21</sup> Bíró–Tompa 2014, 949–953.

<sup>22</sup> Tóth 2007.



megléte vagy hiánya) felveti a genetikai rendszerre való hatását. A pszichikai folyamatok géntevékenységgel való kapcsolata pedig ismert. Ez a hipotézis természetesen további kutatásokat igényel. A PTSD-vel kapcsolatos ismeretek amerikai veterán állományon végzett méréseinkre alapozódnak, a Kaqun víz terápiájukban való megjelenése jelentősen felgyorsította a betegek gyógyulását. Az eredmény közzésre még nem került.

## ÖSSZEGZÉS

A krónikus stressz a modern hadviselés egyik, a személyi állományt kiemelten terhelő kísérője. Az állandó stresszhelyzet befolyásolja a személyi állomány harcképességét. Felismerve ezt a problémát, a fokozott stressz kiváltotta hormonális és pszichés reakciók elégetése és feldolgozása céljából a katonai kiképzés során kiemelt figyelmet fordítanak a fizikai és pszichológiai felkészítésre. A legújabb megfigyelések – főleg a poszttraumás stressz betegség kapcsán – ismételten igazolták a krónikus stressz és az agyi mikrotraumák, anyagcsere-zavarok kapcsolatát. Ehhez a megközelítéshez kapcsolódnak az általunk kidolgozott és alkalmazott, emelt oxigéntartalmú vízzel elért eredmények, mind a vegetatív idegrendszer zavarainak, mind a PTSD kezelésének kapcsán. Kutatócsoportunk kidolgozta az emelt oxigéntartalmú víz tábori elhelyezési körülmények közötti előállításának és használatbavételének technológiáját és módszertanát.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bagepally, B. S. et al.: *Decrease in cerebral and cerebellar gray matter in essential tremor: a voxel-based morphometric analysis under 3T MRI*. Neuroimaging 2012.
- Bíró Anna – Tompa Anna: *A Kaqun víz hatása egészséges önkéntesek immunológiai paramétereire*. Orvosi Hetilap, vol. 155, issue 24, 2014.
- Fonyó Attila: *Orvosi élettan tankönyve*. Medicina, 2011.
- Friedl, Karl E.: *Predicting human limits – the special relationship between physiology research and the army mission. Military quantitative physiology: problems and concepts in military operational medicine*. United States Government US Army, 2012.
- Havelka Judit: *A transzgenerációs traumaátvitel egy lehetséges módja*. PhD disszertáció. Pécs, 2011.
- Leaw, B. et al.: *Mitochondria, Bioenergetics and Excitotoxicity: New Therapeutic Targets in Perinatal Brain Injury*. Front Cell Neurosci, 2017. július 12.
- Lomax, M.: *Inspiratory muscle training, altitude, and arterial oxygen desaturation: a preliminary investigation*. Aviat Space Environ Med., 2010 May.
- Luo, Y. et al.: *'Ome' on the range: update on high-altitude acclimatization/adaptation and disease*. Mol Biosyst, 2014. november
- Mackworth, N. H.: *Researches on the Measurement of Human Performance*. London, England, Medical Research Council, Report Series, 1950.
- Pepler, R. D. – Warner, R. E.: *Temperature and learning: An experimental study*. American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers Transactions, 1968.
- Porkoláb Imre: *Aszimmetrikus konfliktusok tapasztalatai a nemzetbiztonsági tanácsadó szemszögéből*. Honvédségi Szemle, 2017/4. [http://www.honvedelem.hu/container/files/attachments/64203/hsz\\_2017\\_4\\_beliv\\_003\\_015.pdf](http://www.honvedelem.hu/container/files/attachments/64203/hsz_2017_4_beliv_003_015.pdf)
- Quattrone, A. et al.: *Essential head tremor is associated with cerebellar vermis atrophy: a volumetric and voxelbased morphometric MR imaging study*. AJNR Am J Neuroradiol, 2008.

- Raichle, M. E.: *A default mode of brain function*. Proc Natl Acad Sci USA. 2001.
- Ramsey, J. D.: *Heat and cold*. In: Hockey, R. (ed.): *Stress and Fatigue in Human Performance*. New York, NY, John Wiley & Sons Ltd., 1983.
- Dr. Szalkai Iván (szerk.): *Kaun víz. Tudományos alapokon nyugvó alkalmazási eredmények*. Radnai Kiadó, Budapest, 2011.
- Taber, K. H. et al.: *Blast-related traumatic brain injury: what is know?* Neuropsychiatry Clin Neurosci, 2006. tavasza.
- Tannheimer, M. et al.: *Improvement in altitude performance test after further acclimatization in pre-acclimatized soldiers*. Mil Med. 2013. május.
- Tarnóczi Richárd: *Határainkon túl szolgálatot teljesítő katonai állomány kiválasztási rendszerének kialakítása. (Az Értékelő Központ alkalmazásának lehetséges aspektusai a Magyar Honvédség személyzeti kiválasztása során.)* Doktori értekezés. Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, 2007. [http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2007/tarnoczi\\_richard.pdf](http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2007/tarnoczi_richard.pdf)
- Tóth József: *The effect of oxygenation on the biological behaviour of tumours*. Orvosi Hetilap, Volume 148, Issue 30, 2007.
- Watson, J.: *Oxidants, antioxidants and the current incurability of metastatic cancers*. Open Biol 3, 2013.