

Dr. KOHUT László

KATONÁK TERHELTŰRÉSE MELEG, SZÁRAZ KÖRNYEZETI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT— A FIZIOLÓGIA

SOLDIERS' LOAD TOLERANCE IN WARM AND DRY ENVIRONMENT — THE PHYSIOLOGY

Az elmúlt években nagyobb érdeklődéssel fordultunk az eredetileg mérsékelt égövön született emberek sivatagi éghajlaton való terhelhetőségének fiziológiája felé, főleg mióta a Magyar Honvédség aktívan részt vesz az ENSZ békefenntartó tevékenységében és NATO katonai szolgálatban a Közel-Keleten. Ez a cikk ismerteti a hőmérsékleti fiziológiát a száraz, meleg környezetben való munkavégzés során.

In the past years since our troops have been actively involved in UN peacekeeping and — more recently — NATO military operations especially in the Middle East, there has been a need to study the exercise tolerance of soldiers of originally temperate climates in these hot and dry environments. This article will review the heat physiology of the human body during exercise in dry heat.

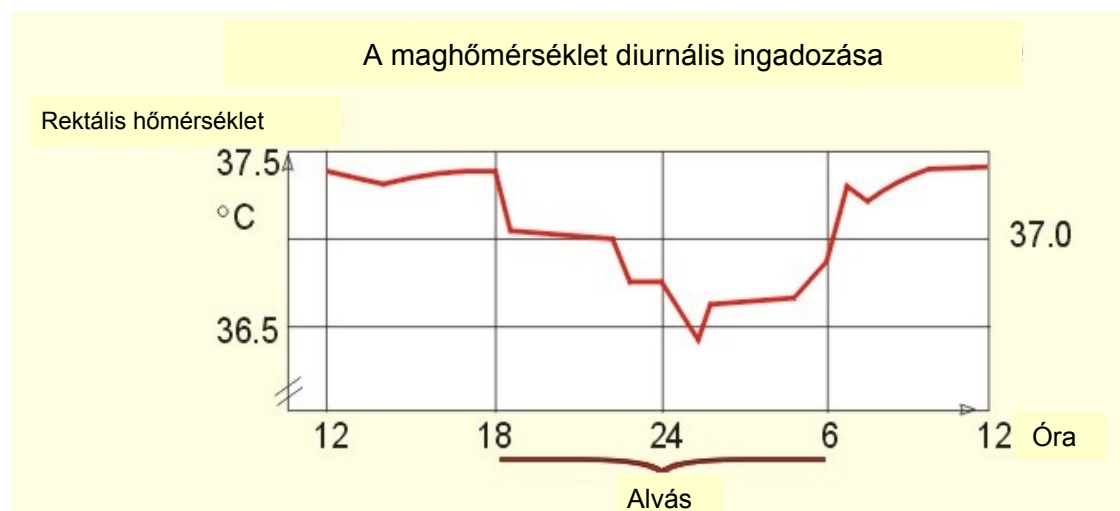
BEVEZETŐ

Most, hogy a Magyar Honvédség egyre nagyobb szerepet játszik az afganisztáni katonai műveletekben, figyelmünk katonai körökben az emberi test hő leadásának fiziológiája felé fordult. Minél többet tudunk erről a fontos témáról, annál többet tudunk segíteni katonáinknak abban, hogy könnyebben akklimatizálódjanak ezen sivatagi területek száraz melegéhez. A magyar katonákat jobban el is tudjuk látni védő- és harci felszereléssel, valamint korlátozni tudjuk terhelésüket a külső hőmérséklet alapján.

HŐMÉRSÉKLET-SZABÁLYOZÁS

AZ EMBERI TEST FIZIOLÓGIÁS VÁLASZA A MAGAS HŐMÉRSÉKLETRE

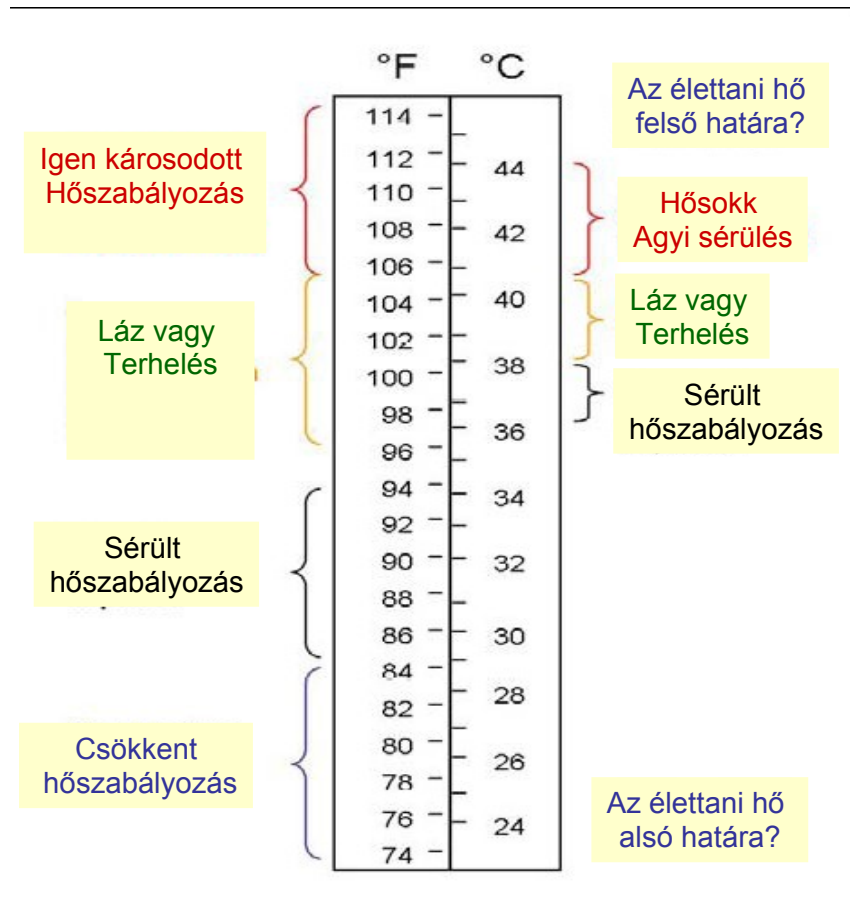
Fiziológiásan diurnális ingadozások figyelhetők meg az emberi maghőmérsékletben (1. ábra). Ezek a diurnális változások a hipotalamusz spontán diurnálisításából fakadnak.¹



1. számú ábra: A rektális hőmérséklet diurnális ritmusa.

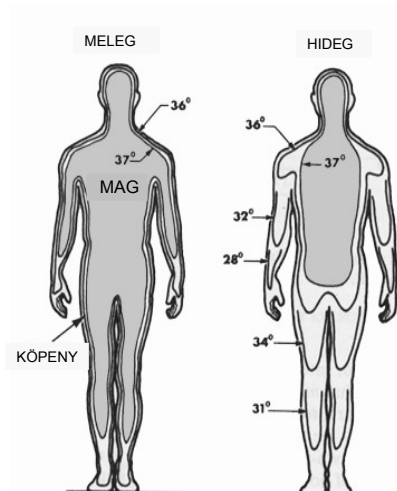
¹ Guyton, AC. Body temperature, temperature regulation and fever. In: Textbook of medical physiology, Philadelphia, WB Saunders Co. 1996, 911-922.

A hőnek kitett emberi test (napsugárzás, tűz, túl sok ruha) hőmérséklete emelkedik. A magasabb hőmérsékleten egyre romlik a hőszabályozás hatásfoka (2. ábra).²



2. számú ábra: A homeosztatisz szabályozás a hőmérséklet függvényében.

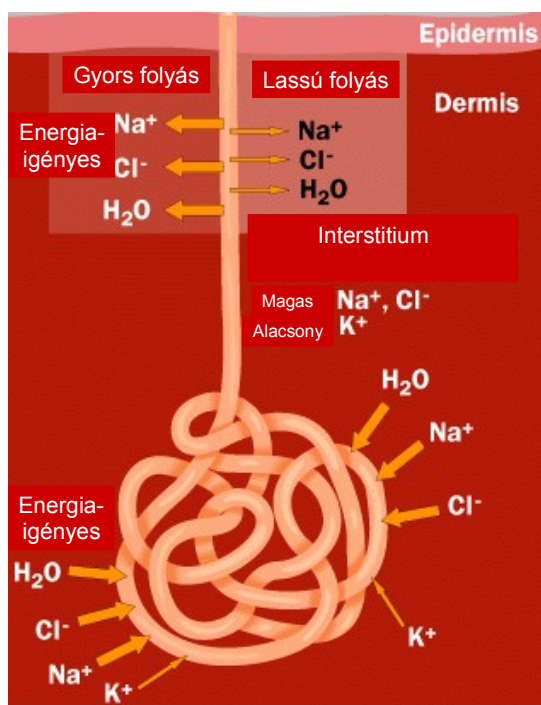
A bőr hőreceptorai és a vér szállítják az információkat ezekről a változásokról a hypothalamikus termostátba. A termostát megátolja a szimpatikus idegrendszer adrenerg aktivitását, mely amúgy a vasoconstríciót és metabolikus rátát szabályozza, és ezzel a bőrben vasodilatációt és csökkent alap metabolikus rátát okoz (basic metabolic rate /BMR/). Ez fokozza a hő leadást a bőrön keresztül, és csökkenti a hőtermelést a test központi részében (3. ábra).



3. számú ábra: A köpeny és mag méretének változása a külső hőmérséklet függvényében.

Ha a hőhatás kellőképp intenzív, az izzadságmirigyeket beidegző kolínerg szimpatikus idegrostok aktiválják az izzadás termelését. Az izzadás a leghatékonyabb akarattalan belső hőmérséklet-csökkentő mechanizmus az emberi testben (4. ábra).

² Derchak, P.A., Ostertag, K.L. and M.A. Coyle. LifeShirt® as a monitor for heat stress and dehydration. 2002, 1-18.



4. számú ábra: Az izzadság termelődésének sematikus ábrája

A viselkedésbeli válaszok, mint a letargia, pihenés, lefekvés szétterpesztett végtagokkal, csökkenti a hőtermelést és növeli a hő leadást. A laza, világos öltözet, legyezés és hideg italok fogyasztása ugyancsak növeli a hőleadást.

AZ EMBERI TEST FIZIOLÓGIÁS VÁLASZA A MAGAS HŐMÉRSÉKLETRE TERHELÉS SORÁN

A magas hőmérsékletre való terhelés közbeni adaptációnak három fő komponense van:

1. a bőr vazodilatációja, mely arányos a külső és belső hőtermeléssel³;
2. a terhelés által kiváltott vazodilatáció az izmokban, mely a terhelés intenzitásától és a külső hőmérséklettől függ;
3. a splanchnikus vaszkulátúra konstriktiója (mely a veséket, a gyomrot és egyéb hasi szerveket lát el). Ezek együttesen növelik a perctérfogatot és több vért juttatnak az aktív szövetekhez.⁴

Azonban, mikor hosszú távú intenzív terhelés történik, mint a sivatagi területeken történő bevetések során, a perctérfogat nem tudja ellátni a vázizomrendszer igényeit a fenti mechanizmusokkal. Ezért a végső cél az lesz, hogy a vérnyomás stabilizálódjon, még a terhelt szövetek kárára is. A célt az összpériási rezisztencia növelésével éri el szervezetünk, ami végül hyperthermiához és a metabolikus hatékonyság csökkenéséhez vezet. Továbbá, a száraz melegben történő terhelés hatására kialakuló izzadás miatt fokozott folyadék- és elektrolit veszteséssel kell számolni. A környezeti hő terhelés hatékony mérője a WGBT (wet bulb globe temperature), melyet a következőképp lehet leírni (1. egyenlet):⁵

$$WGBT = 0.7 \times Twb + 0.2 \times Tbg + 0.1 \times Tdb,$$

ahol Twb a nedves hőmérő hőmérséklete (°C-ban), melyet a hőmérő tartályának nedves vászondarabbal való beburkolása után mérünk, (ezért ez a levegő sebességének és nedvességtartalmának kombinációját veszi figyelembe), Tdb a száraz hőmérő által mért hőmérséklet (mely a levegő hőmérsékletének direkt mértéke) és Tbg, azaz egy matt feketére festett rézgömb belsejében mérhető hőmérséklet, (mely a sugárzó hő mértékét adja meg). Az egyenlet szerint a WGBT 70%-t a Twb adja, melynek az a magyarázata, hogy ez a komponens a környezet rela-

³ Kenney, W.L. and J.M. Johnson. Control of skin blood flow during exercise. Med. Sci. Sports Exerc. 1992, 24:303-312.

⁴ Rowell, L.B., Blackmon J.R., Martin, R.H., Mazzarella, J.A. and R.A. Bruce. Hepatic clearance of indocyanine green in man under thermal and exercise stresses. J. Appl. Physiol. 1965, 20:384-394.

⁵ Gleeson, M. Body temperature regulation during exercise. Medirect. 2006, 56-60.

tív páratartalmát és a kisebb levegősebességet veszi figyelembe. Az alábbi táblázatban összefoglaltunk néhány környezeti körülményt az izzadás fokának függvényében (1. táblázat):⁶

Relatív páratartalom (%)	Hőmérséklet				Izzadási ráta (l/óra)	Szívfrekvencia (ütés/perc)
	Tdb(°C)	Twb(°C)	Tbg(°C)	WBGT (°C)		
45	22.0	14.7	30.0	18.5	0.4	150
50	35.0	26.0	45.0	30.7	1.0	155
60	35.0	33.4	42.0	35.3	1.6	165

1. számú táblázat: Típusos izzadási ráták és szívfrekvenciák 30 perces terhelésnél, a VO₂max 60%-n különböző környezeti körülmények során. WBGT: Wet Bulb Globe Temperature

Tehát védenünk kell a katonákat a hőgutától, például a bőr vérellátásának (hűtő védőruha) és az izom aktivitás-szintjének megőrzésével (a gyakorlatozás pihenéssel való megszakításával), valamint hangsúlyt kell fektetni a ki-vezényelt katonák adott operációs terephez való akklimatizálódáshoz. A hő veszteség különféle változatait a 2. táblázat mutatja be:⁷

A hő veszteség mechanizmusa	Nyugalom		Terhelés	
	Az összes %-a	kcal/perc	Az összes %-a	kcal/perc
Kondukción és konvekción	20	0.3	15	2.2
Sugárzás	60	0.9	5	0.8
Párolgás	20	0.3	80	12
Összes	100	1.5	100	15

2. számú táblázat A hővesztés mechanizmusai nyugalomban, és terhelés hatására.

A hő felvétel (metabolikus és környezetből felvett hő) és a hő leadás (sugárzás, kondukción, konvekción és párolgás) közötti kényes egyensúlyt kell meg tartani (5. ábra).



A testhőmérséklet konstans, amíg a hőfelvétel és hőleadás egyensúlyban van

5. számú ábra. A hőfelvétel és hőleadás közötti kényes egyensúly.

PATOLÓGIÁS VÁLASZOK A HŐHATÁSRA

Ezek a patológiás állapotok nehezen meghatározhatók, mivel egy skála mentén mozognak. A környezeti tényezők mellett személyi és gyógyszeres tényezők⁸ is befolyásolják a patológiás hő válasz kialakulását (3. táblázat):⁹

⁶ Gleeson, M. Body temperature regulation during exercise. Medidirect. 2006, 56-60.

⁷ King, J. Physiological responses and adaptations to exercise in hot and cold environments. J. Hyperplasia Res. 2004, 4(3): 103-121.

⁸ Cheung, S.S. and G.G. Sleivert. Multiple triggers of hyperthermic fatigue. Exerc. Sport Sci. Rev. 2004, 32:100-106.

⁹ Glazer, J.L. Management of heat stroke and heat exhaustion. Am. Fam. Physician. 2005, 71:2133-2140.

Alkohol
 Alfa andrenerg
 Amfetaminok
 Antikolinergikumok
 Antihisztaminok
 Benzodiazepinek
 Béta blokkolók
 Kalcium csatorna blokkolók
 Kokain
 Diuretikumok
 Laxatívumok
 Neuroleptikumok
 Fenotiazinek
 Tiroid agonisták
 Triciklikus antidepresszánsok

3. számú táblázat: Gyógyszerek és drogok, melyek a hőszabályozást befolyásolják.

A hőmérséklet emelkedése által okozott tünetegyütteseket a legenyhébbtől a legsúlyosabbig az alábbiakban ismertetjük.¹⁰

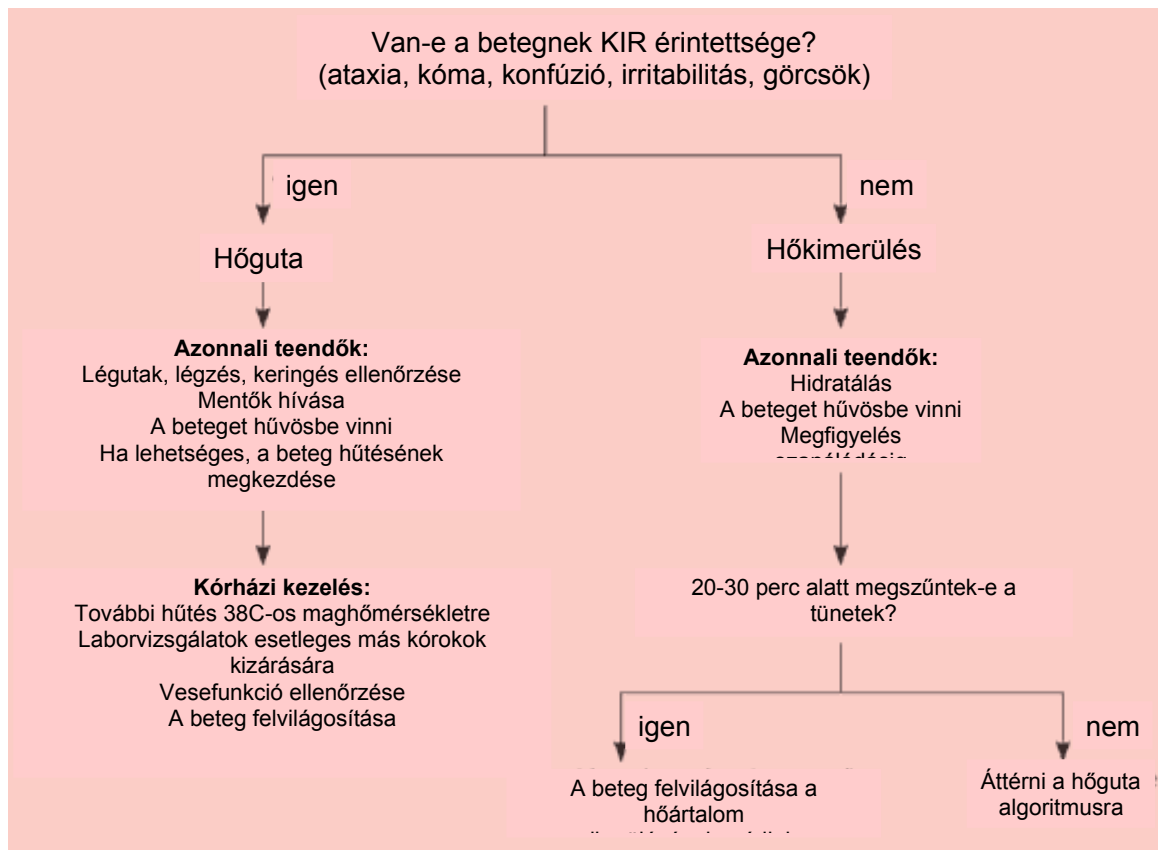
1. *Hő ödéma* a legenyhébb hő ártalom, mely a klímához nem szokott személyeknél ödéma képződést okoz a nyomásnak kitett területeken. Ezt az átmeneti vazodilatáció és az ortosztatikus folyadékfelgyülemelés okozza a hosszabb ideig álló vagy ülő egyéneknél. A tünetek mérséklődnek a lábak megemeléssel, rendszeresen végzett tornáztatással és akklimatizációval.
2. *Izomgörcsök*, melyek a has és végtagok vázizmaira korlátozódó fájdalmas spazmusok. Predisponáló faktorok lehetnek a klimatizáció hiánya, nátriumhiány (mint például fokozott izzadásnál) vagy diuretikumok használata. Terápiájának részét képezi a per os vagy intravénás nátriumpótlás. Fokozott figyelmet kell fordítani erre a tünet együttesre a bevetések alatt, mivel ez elővetítheti a hő kimerülés lehetőségét.
3. *Hőszinkope* ortosztatikus szinkopés/preszinkopés epizódként jelentkezik azoknál, akik ülő vagy fekvő helyzetből gyorsan állnak fel. Az akklimatizáció hiánya, kiszáradás és a levezető fázis nélküli tréning is predisponálhat erre a tünet együttesre. Patofiziológiai magyarázata a nem elegendő perctérfogat, és az ennek következtében létrejövő testhelyzettől függő hipotonia. Szánalódás általában azonnal bekövetkezik, amikor a beteg a földre esik, így elegendő perfúziós nyomást biztosítva az agy számára. Kezelésének része a beteg vízszintes helyzetbe hozása és a volumenpótlás. Ennél a tünet együttesnél a megelőzés a legfontosabb.
4. *Hőkimerülés* a skála súlyosabb végén található. Akkor fordul elő, ha meleg környezetben fokozott izzadás hatására intravaszkuláris volumenhiány alakul ki. Ezen felül a test maghőmérséklete a normális fölé emelkedik (38-40.5°C). A tünetek változatosak: szapora szívverés, hipotonia, gyengeségérzés, fáradtság, hányás, szédülés, hidegrázás, étvágytalanság, hányinger, látászavarok és bőrkipirulás nagyobb neurológiai elváltozás nélkül. Kezelése során a beteget hűvös helyre kell vinni, ha ez nem lehetséges, külső hűtést kell alkalmazni (például vizes törölközővel) és, ha lehetséges, per os rehidratálást folytatni.
5. *Hőguta* a legsúlyosabb formája a meleg által okozott tünet együtteseknek.¹¹ Akkor fordul elő, mikor a hőterhelés mértéke meghaladja a hő leadás felső határát. Így a maghőmérséklet 40,5°C fölé emelkedik, és akut tudatzavarok alakulnak ki, mivel a hipertermia sok szervrendszerben okoz kárt, így az agyban is. Kezelés nélkül a mortalitás magas, elérheti a 10%-ot is, ezért a hőguta igazi orvosi sürgősségi diagnózis. Két formája van, a klasszikus és a terhelésre kialakuló. A meleg, száraz klímában feladatot végrehajtó katonák körében inkább a terhelésre kialakuló hőgutával kell számolni, mely a betegség súlyosabb formája. Tünetei közé tartozik a fokozott izzadékonyság, gyakran disszeminált intravaszkuláris koagulációval (DIC), akut ve-

¹⁰ Wexler, R.K. Evaluation and treatment of heat-related illness. Am. Fam. Physician. 2002, 65:2307-2314.

¹¹ Mehta, S.R. and D.S. Jaswal. Heat stroke. MJAFI. 2003, 59:140-143.

seelégtelenséggel, laktát acidózissal, hiperurikémiával, hipokalémiával és rabdmiolízissal, melyek háttérében a melegben való hosszan tartó fizikai megterhelés által okozott vázizom kimerülés és lebomlás áll. Kezelése komplex, melynek része a külső és belső hűtés, lázgörcsök kialakulásának megelőzése, volumenpótlás és a további célszervkárosodás megelőzése. A hóguta komplikációja lehet a központi idegrendszer, a máj és a vesék végleges károsodása.

A 6. ábra összefoglalja a magas hőmérséklet által okozott tünetegyüttesek kezelési algoritmusát:¹²



6. számú ábra: A hő ártalmak kezelési algoritmus. (KIR: központi idegrendszer)

A FOLYADÉKHÁZTARTÁS SZABÁLYOZÁSA SZÁRAZ MELEG HŐMÉRSÉKLETI VISZONYOK KÖZÖTT

A fentebbi okfejtésből láthatjuk, hogy a folyadék- és hőháztartás szabályozása szorosan összefügg a hőmérsékleti stresszre adott fiziológias válasz esetén. Alább részletezzük azon tényezőket, melyek a folyadék- és hőháztartás felborulásához vezetnek a sivatagi körülmények között feladatot teljesítő katonák körében.

1. *Nem megfelelő mennyiségű folyadék- és elektrolit bevitel* a legfőbb, a katona által is könnyedén befolyásolható tényező. Több tanulmány szerint a szomjúságérzet nem biztos markere a folyadékstátusnak vagy kiszáradásnak. Szomjúságérzet csak a teljes testvíz mennyiség 5%-ának elvesztése után lép fel.¹³ Azonban még ez a relatív kis mennyiség is kedvezőtlenül befolyásolhatja, csökkentheti a perctérfogatot és, ennélfogva csökkentheti a katona teljesítményét egy fontos feladat teljesítése közben. A kezelés egyszerű: meg kell tanítani a katonai személyzetet, hogy rendszeres időközönként vegyenek magukhoz folyadékot, és ne hagyatkozzanak kizárólag a szomjúságérzetükre.¹⁴

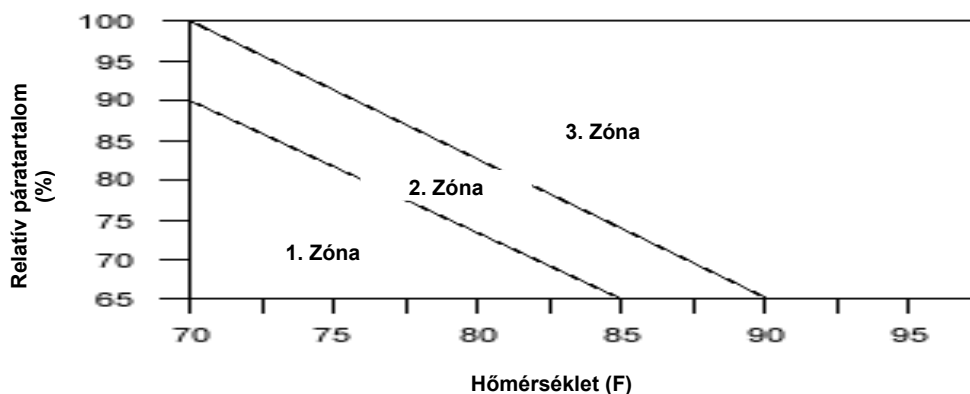
¹² Carter, R., Chevront, S.N., Williams, J.O., Kolka, M.A., Stephenson, L.A., Sawka, M.N. and P.J. Amoroso. Epidemiology of hospitalizations and deaths from heat illness in soldiers. Med. Sci. Sports Exerc. 2005, 37(8):1338-1344.

¹³ Taylor, N.A.S. and J.D. Cotter. Heat adaptation: guidelines for the optimization of heat performance. Intl. Sport. Med. J. 2006, 14(3):226-235.

¹⁴ Sawka, M.N. and S.J. Montain. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. Am. J. Clin. Nutr. 2000, 72(suppl.):564S-572S.

2. Az akarattalan veszteségek két csoportra oszthatók: légzés és izzadás. Tanulmányok szerint¹⁵ egy nem akklimatizált katona perclégzése több és izzadása kisebb mértékű, mint a klímához szokott társáé. A száraz meleghez szokott katonáknak jobb a terhelhetősége, valamint jobban tudják szabályozni maghőmérsékletüket is, főleg az izzadás mértékének növelésével. Az akklimatizált felnőtt maximum izzadási rátáját 50 ml/percnek (azaz 2 l/óra) becsüljük. Természetesen ez a folyadékmennyiség olyan nagy, hogy elvesztésének sebességét nem lehet hosszú ideig fenntartani, de még így is, a teljes testvíz 25%-nak elvesztése is lehetséges súlyos hőmérsékleti stresszhatás esetén, amely már akár halálos következményekkel is járhat. Az izzadás kis mennyiségben oldott anyagokat is tartalmaz (0.2-1%), melyek a nem akklimatizált felnőtt esetén maximum 350 mmol/nap nátrium (mely 90 mmol/nap a klímához szokott felnőttnél) a legextrémebb hőmérsékleti körülmények között. Ezek az adatok azt is kimutatják, hogy habár a klímához szokott katona jobban tudja ellátni feladatát a száraz melegben, ehhez a teljesítményhez sokkal több folyadékpótlásra van szüksége, mint nem akklimatizált katonatársainak.¹⁶

Három hőmérsékleti zónát különítünk el annak alapján, hogy mekkora a hőmérsékleti stressz, és mekkora az ennek megfelelő mértékű viselkedésváltozás (7. ábra):¹⁷



7. számú ábra: Hőmérsékleti stressz veszélyzónák.

Az 1. zónában csak rutin elővigyázatosság szükséges. A 2. zóna már a közepes szintű környezeti ártalom sávja, ahol már a viselkedésbeli változások közül a több folyadék bevitelle, rövidebb, és kisebb igénybevételt jelentő feladatok végzése, valamint hosszabb szünetek, pihenések beiktatása kiemelendő. A 3. zóna a magas környezeti kockázat sávja, melyben, ha lehetséges, gyakorlatozást csak a nap hűvösebb szakában végezzenek a katonák, és ezek intenzitását a lehetőséghez mérten csökkenteni kell. A katonák könnyű egyenruhát és minimális felszerelést viseljenek, sok folyadékot fogyasszanak, valamint a hő ártalom első tüneteire fokozott figyelemmel legyenek.

KÖVETKEZTETÉSEK

Magyarország egyre nagyobb szerepet vállal a sivatagi hadviselésben szerte a világon, először a Nemzetközi Haderő és Megfigyelők (Multinational Force and Observers (MFO) részeként a Sínai-félszigeten 1985-ben. Ugyanabban az évben könnyűgyalogságunk részt vett egy ciprusi ENSZ misszióban is (UNFICYP). Országunk politikai és morális kötelességének tartja, hogy békefenntartó kötelezettségeinket az ENSZ, az OSCE, a NATO és más nemzetközi szervezetek misszióiban sikeresen ellássuk. Jelenleg békefenntartóink a világ számos segítség-re szoruló országában jelen vannak, – Koszovó, Irak, Ciprus és Afganisztán, az EUFOR, KFOR, NHQT, MINURSO, NHQSA, AU-EU DARFUR, MFO, UNOMIG, ISAF, UNMIK, NTM-I, NHQS – a nemzetközi erők részeként. Haderőink feladatai sokrétűek, a legtöbb országban főleg katonai békefenntartásból állnak, más országokban, így

¹⁵ Medical aspects of harsh environments. Vol. 1. Ed. by V.J. Fink, Indianapolis, IN. Cooper Publishing Group. 1998. Chapter 3. pp. 87-133.

¹⁶ Latzka, W.A., Sawka, M.N., Montain, S.J., Skrinar, G.S., Fielding, R.A., Matott, R.P. and K.B. Pandolf. Hyperhydration: tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exercise-heat stress. J. Appl. Physiol. 1998, 84:1858-1864.

¹⁷ Barrow, M.W. and K.A. Clark. Heat-related illnesses. Am. Fam. Physician. 1998, 58:110-125.

Afganisztánban is 2006 októberétől részesei lettünk a Tartományi Helyreállítási Csoportnak, így ezt a kontingenst több civil szakemberrel bővítették. Mivel jelenlétünk a nemzetközi békefenntartásban nem elhanyagolható, ezért módot kell arra is találnunk, hogyan maximalizálhatnánk csapataink teljesítőképességét. A hőmérsékletfiziológia és folyadék-elektrolit háztartás kimerítő ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy csapatainknak megfelelő tanácsot adjunk a meleg, száraz hőmérsékleti viszonyokhoz való alkalmazkodáshoz.¹⁸ Ismertetnünk kell a missziók személyzetével a hő ártalmak fokozatait, azok tüneteit és megjelenési formáit, valamint ezek önmaguk által való kezelését, amennyiben ez lehetséges. Hangsúlyoznunk kell továbbá a megfelelő folyadékbevitel fontosságát¹⁹ a sivatagi körülmények között való feladatteljesítés során, mivel a szomjúságérzet nem megfelelő jelzője a kiszáradás mértékének. Fiziológiánk ismerete és ezek a lépések segítenek abban, hogy az eddig is kiemelkedően teljesítő magyar csapatok a jövőben még hatékonyabban bevetethők legyenek sivatagi körülmények között.

Kulcsszavak: hő fiziológia; száraz, meleg éghajlat; Magyar Honvédség, folyadékgyensúly

Keywords: heat physiology, hot and dry environment, Hungarian Defence Forces

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ARMSTRONG, L. E., SZLYK, P. C., SILS, I. V., De LUCA, J. P., O'BRIEN, C., and HUBBARD, R. W. HUBBARD.: *Prediction of the exercise-heat tolerance of soldiers wearing protective over garments*. Aviat. Space Environ. Med. 1991, 62(7):673-677.
- BARROW, M. W., CLARK and K. A. Clark.: *Heat-related illnesses*. Am. Fam. Physician. 1998, 58:110-125.
- CARTER, R., CHEUVRON, S. N., WILLIAMS, J. O., KOLKA, M. A., STEPHENSON, L.A., SAWKA, M. N., AMOROSO, and PP. .J. AMOROSO.: *Epidemiology of hospitalizations and deaths from heat illness in soldiers*. Med. Sci. Sports Exerc. 2005, 37(8):1338-1344.
- CASA, D. J.: *Exercise in the heat. I. Fundamentals of thermal physiology, performance implications, and dehydration*. J. of Athl. Training. 1999, 34(3):246-252.
- CHEUNG, S. S., MCLELLAN, T.M., TENAGLIA, and S. Tenaglia.: *The thermo physiology of uncompressible heat stress. Physiological manipulations and individual characteristics*. Sports Med. 2000, 29(5):329-359.
- CHEUNG, S. S., Sleivert and G.G. Sleivert.: *Multiple triggers of hyperthermic fatigue*. Exerc. Sport Sci. Rev. 2004, 32:100-106.
- COTTER, J. D., ROBERTS, W. S., AMOS, D., LAU, W., and PRIGG, S. K. PRIGG.: *Soldier performance and heat strain during evaluation of a combat fitness assessment in Northern Australia*. Department of Defence of Australia., 2001. DSTO-TR-1023.
- DERCHAK, P. A., OSTERTAG, K.L., and COYLE, M.A.: COYLE. *LifeShirt® as a monitor for heat stress and dehydration*. 2002, 1-18.
- EPSTEIN, Y., and MORAN, D.S. MORAN.: *Thermal comfort and the heat stress indices*. Industrial Health. 2006, 44:388-398.
- GISOLFI, C.V., WENGER, and C.B. Wenger.: *Temperature regulation during exercise: old concepts, new ideas*. Exerc. Sport Sci. Rev. 1984, 12:339-372.
- GLAZER, J. L.: *Management of heat stroke and heat exhaustion*. Am. Fam. Physician. 2005, 71:2133-2140.
- GLEESON, M.: *Body temperature regulation during exercise*. Medidirect. 2006, 56-60.
- GRANGJEAN, A.: *Water requirements, impinging factors, and recommended intakes*. Rolling revision of the WHO guidelines for drinking-water quality. WHO 2004. August, 1-27.

¹⁸ Epstein, Y, and D.S. Moran. Thermal comfort and the heat stress indices. Industrial Health. 2006, 44:388-398.

¹⁹ Nadel E.R. Control of sweating rate while exercising in the heat. Med. Sci. Sports Exerc. 1979, 11:31-35.

- GUYTON, A. C.: *Body temperature, temperature regulation and fever*. In: Textbook of medical physiology, Philadelphia, WB Saunders Co. 1996, 911-922.
- HARDY, J. D. : *The physical laws of heat loss from the human body*. Physiology. 1937, (23):631-623.
- Heat acclimatization guide*. U.S. Army CHPPM. 2003.
- KENNEY, W. L., JOHNSON, J. M.: Johnson. *Control of skin blood flow during exercise*. Med. Sci. Sports Exerc. 1992, 24:303-312.
- KING, J.: *Physiological responses and adaptations to exercise in hot and cold environments*. J. Hyperplasia Res. 2004, 4(3): 103-121.
- LATZKA, W. A., SAWKA, M. N., MONTAIN, S. J., SKRINAR, G. S., FIELDING, R. A., MATOTT, R. P. and, PANDOLF, K. B. PANDOLF.: *Hyper hydration: tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exercise-heat stress*. J. Appl. Physiol. 1998, 84:1858-1864.
- LAU, W. M., FORBES-EWAN, R., FORBES-EWAN, C.: *Physiological performance of soldiers conducting long range surveillance and reconnaissance in hot, dry environments*. 2000:Dept. of Defence of Australia, DSTO-TR-0894.
- LAUGHLIN, M.H., KORTUHHIS, R. J., DUNCKER, D.J. BACHE, and R. J. Bache.: *Control of blood flow to cardiac and skeletal muscle during exercise*. In: Rowell, L.B and J. T. Sheperd, eds. Exercise: regulation and integration of multiple systems. New York, NY: Oxford University Press. 1996, pp. 705-769.
- McLELLAN, T. M., CHEUNG, and S. S. Cheung.: *Impact of fluid replacement on heat storage while wearing protective clothing*. Ergonomics. 2000, 43:2020-2030.
- McLELLAN, T. M., CHEUNG, S. S.: *Cheung, S.S. and T.M. McLellan. Influence of hydration status and short-term aerobic training on tolerance during uncompensable heat stress*. J. Appl. Physiol. 1998, 84:1731-1739.
- Medical aspects of harsh environments*. Vol. 1. Ed. by V.J. Fink, Indianapolis, IN. Cooper Publishing Group. 1998. Chapter 3. pp. 87-133.
- MEHTA, S. R., JASWAL, and D.S.: Jaswal. *Heat stroke*. MJAFI. 2003, 59:140-143.
- NADEL, E. R.: Circulatory and thermal regulations during exercise. Fed. Proc. 1980, 39:1491-1497.
- NADEL, E. R.: *Control of sweating rate while exercising in the heat*. Med. Sci. Sports Exerc. 1979, 11:31-35.
- ROWELL, L. B., BERGELMAN, G. L. BLACKMON, J. R., TWISS, R.D., and KUSUMI, F. KUSUMI.: *Splanchnic blood flow and metabolism in heat-stressed man*. J. Appl. Physiol. 1968, 24:475-484.
- ROWELL, L.B., BLACKMON J. R., MARTIN, R.H., MAZZARELLA, J. A. and, BRUCE, R.A.: Bruce. *Hepatic clearance of indocyanine green in man under thermal and exercise stresses*. J. Appl. Physiol. 1965, 20:384-394.
- SAWKA, M. N. and, WENGER, C. B. Wenger.: *Physiological responses to acute exercise-heat stress*. In: Pandolf, K.B., Sawka, M.N. and R.R. Gonzalez, eds. Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes. Dubuque, IA: Brown and Benchmark. 1988, pp.97-152.
- SAWKA, M. N., MONTAIN, and S. J. MONTAIN. : *Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress*. Am. J. Clin. Nutr. 2000, 72 (suppl.):564S-572S.
- TAYLOR, N. A. S. and, COTTER, J. D.: Cotter. *Heat adaptation: guidelines for the optimization of heat performance*. Intl. Sport. Med. J. 2006, 14(3):226-235.
- WEXLER, R. K.: *Evaluation and treatment of heat-related illness*. Am. Fam. Physician. 2002, 65:2307-2314.