

Az emberi test hőszabályozása

Az emberi egészség és életminőség egyik meghatározója az ún. termikus komfort. Az ember állandó testhőmérsékletű élőlény, ami azt jelenti, hogy szervezetünk igyekszik a testmag (a létfontosságú szerveink, mint a szív, tüdő, máj, valamint az agy környezete) hőmérsékletét minden körülmény ellenére állandó, nagyjából 37,5 °C-os hőmérsékleten tartani. A testmag hőmérsékletének állandósága biztosítja szervezetünk normál működését, a hatékony anyagcserét, életfolyamataink optimális lefolyását. Az állandó testhőmérséklet fenntartásáért a szervezet hőszabályozó (termoregulációs) rendszere felel, melynek irányító központja a hipotalamusz. A bőrben, a szájüregben és a garatban, valamint a gerincvelő és a belső szervek közelében található hőérzékelő receptorok információit feldolgozva agyunk a megfelelő válaszreakciót indítja be.

Ha szervezetünk azt érzékeli, hogy a testmag hőmérséklete csökken, akkor egyrészt beindítja a hőtermelést, másrészt akadályozza a szervezet hőleadását. Az erek összehúzódnak, a bőr sápadttá válik, a szőrszálak felemelkednek a bőrről (libabőr). A hőtermelést az izmok akaratlan, ritmusos összehúzódásával (didergés, vacogás), valamint a testünk energiatartalékainak elégetésével éri el.

Melegben ezzel szemben a hőleadás elősegítése a cél, így az erek kitágulnak (ennek látható jele a bőr kipirosodása), a véráramlás felgyorsul. Ha a testmag hőmérséklete ennek ellenére nem csökken, beindul a hőszabályozó rendszer második fokozata, a verejtékezés. Az izzadság elpárologtatása különösen hatékony módja a hőmérséklet csökkentésének.

A hatékony hőszabályozás szintén fontos pillére az ún. *viselkedéses hőszabályozás*, melynek során valamilyen akarattalossal tevékenységgel éri el a maghőmérséklet állandóságának biztosítását. Ilyen lehet a tudatos helyváltoztatás, illetve az öltözködés.

A szervezet hőháztartása és az időjárás

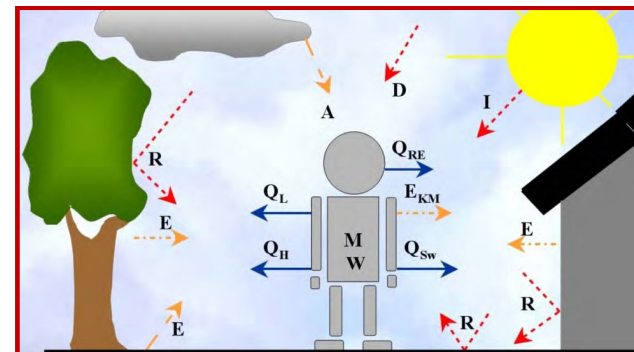
A szervezet hőháztartása rendkívül bonyolult, számtalan külső és belső tényezőtől függ. Az egyik legfontosabb külső tényező az embert körülölelő atmoszférikus környezet.

A légkör fizikai állapotának jellemzőit a meteorológiai megfigyelések alapján pontosan megismerhetjük. De milyen szerepe van ezeknek a meteorológiai paramétereknek az emberi hőháztartásra? Erre a kérdésre nem egyszerű a válasz. Fontos azonban tudnunk, hogy az egyes meteorológiai tényezőket nem szabad külön-külön vizsgálni, hiszen ezek egymással „együttműködve”, komplex módon hatnak szervezetünkre. Ezért a biometeorológiai gyakorlatban az egyes meteorológiai paraméterek helyett ún. hatáskomplexeket vizsgálunk.

A *termikus hatáskomplex* az emberi szervezet hőszabályozási folyamatait meghatározó és befolyásoló meteorológiai paraméterek összessége. A termikus komplex közé tartozik a levegő hőmérséklete, a légáramlás sebessége, a levegő nedvességtartalma és a környezetben megfigyelhető rövid- és hosszuhullámú sugárzás erőssége.

A testet körülvevő termikus környezet pontos jellemzésének alapja a test és a környezet közötti energiaáramlások minden részletre kiterjedő leírása. A termodinamika I. főtételének megfelelően a felvett és a leadott energia mennyisége hosszabb távon egyensúlyban kell, hogy legyen, mert a rendszer (ez esetben a szervezet) csak rövid ideig viseli el károsodás nélkül a raktározott energia nagymértékű megváltozását és az ezzel járó testhőmérséklet változást. Másképp fogalmazva, ideális esetben az energiaegyenleg bevételi (metabolikus hőtermelés, külső környezet hőátadása) és kiadási (környezet felé történő hőleadás) oldalának összege 0-hoz közeli érték.

Az emberi test és az atmoszférikus környezet közötti energiaáramlások leírása az 1930-as években megtörtént. Ezt az alapelvet az elmúlt évtizedekben tökéletesítették, de a mai napig a humán biometeorológiai vizsgálatok alapját képezik.



1. ábra: Az ember energiaegyenlegében résztvevő áramlások (Jendritzky, 1993; Havenith, 2005 nyomán)

Az 1. ábrán láthatók a környezetből a test felé, illetve a testünkből a környezet felé irányuló energiaáramlások. A folyamatot egyenlettel is leírhatjuk:

$$M+W+Q^*+Q_H+Q_L+Q_{SW}+Q_{RE}=\Delta S$$

ahol az M a metabolikus ráta, amely a testben zajló biológiai oxidáció során felszabaduló energia. Ennek egy része az izomtevékenység (W) által felhasználódik (a folyamat során pedig hő szabadul fel). Q_H az érzékelhető (konvektív) hőáramlás, Q_L a bőrön és a nyálkahártyán átdiffundáló víz, míg a Q_{SW} a verejték elpárologásának hatására történő hőáramlás, Q_{RE} kilelegzett levegővel történő hőcsere, ΔS pedig a testben raktározott hőmennyiség változása. Az egyenletben szereplő Q^* a testet érő teljes sugárzási mérleg, mely az alábbi egyenlettel fejezhető ki:

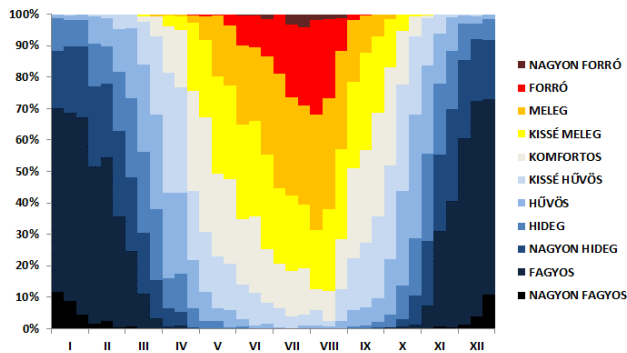
$$Q^*=I+D+R+A+E+E_{KM}$$

ahol I a Naptól érkező rövidhullámú direkt sugárzás, D a légkör elemein szétszóródó rövidhullámú (diffúz) sugárzás, R a tereptárgyakról visszaverődő rövidhullámú sugárzás, A az atmoszférikus hosszuhullámú sugárzás, E a környező tereptárgyak hosszuhullámú kisugárzása, melyek a testet érik, valamint E_{KM} a test hosszuhullámú kisugárzása.

A hőérzet számszerűsítése

Azt, hogy az adott hőmérsékleti környezet milyen hatást gyakorol a szervezetünkre, mennyire megterhelő számunkra, az ún. *bioklíma indexek* segítségével jellemezhetjük. Ma már számtalan ilyen index áll rendelkezésünkre az egyszerű (csupán meteorológiai paramétereket kombináló) mutatóktól az összetettebb (az emberi test energiaegyensúlyát is figyelembe vevő), ún. energia alapú indexig.

Az egyik legismertebb ilyen index, a *fiziológiai ekvivalens hőmérséklet* (PET). A PET definíciója szerint annak a standardizált, fiktív szobának a hőmérséklete, ahol az emberi test ugyanolyan élettani válaszreakciókat (bőrhőmérséklet, verejtékezés) ad, mint a valós környezetben. A PET-et általában egy 35 éves, 180 cm magas, 75 kg testtömegű férfira határozzák meg, aki ülő tevékenységet végez, ruházata pedig egy vékony öltöny hőszigetelésének felel meg. Ha a PET értéke 18 és 23 °C között alakul, az emberek többségében szubjektív komfortérzet alakul ki. A 23 °C feletti PET egyre jelentősebb hőterhelést jelent, amit a szervezet hőszabályozó rendszere egyre kevésbé tud kompenzálni. Ugyanígy, a 18 °C alatti PET értékek is fokozódó hőstresszt jeleznek. A hőérzet, a komfortklíma értékelése a **2. ábrán** látható ún. *bioklíma diagram* segítségével történik.



2. ábra: A különböző hőérzeti kategóriák relatív gyakorisága Budapesten, a PET index alapján (1981–2010)

Hőségriasztás az OMSZ honlapján

Az OMSZ nyilvános honlapján általános élet- és vagyonvédelmi célokat szolgáló figyelmeztető rendszert működtet. Ennek része a hőségre vonatkozó speciális figyelmeztetés is. A hőség előrejelzésének alapja a napi középhőmérséklet. 2016. április 1-től a korábban alkalmazott küszöbhőmérsékletek helyett új kritériumrendszer lépett életbe (lásd az alábbi táblázatot). A hőségre vonatkozó figyelmeztető előrejelzés kritériumainak módosítása az OMSZ és a Nemzeti Közegészségügyi Központ szakemberei között lefolytatott egyeztetés eredménye, így a figyelmeztető előrejelzések, valamint az elrendelt hőségriasztások rendje összhangban van.

Jel	Veszélyességi szint rövid jelentése
1	A napi középhőmérséklet várhatóan eléri vagy meghaladja a 25°C-ot.
2	A napi középhőmérséklet várhatóan eléri vagy meghaladja a 27°C-ot.
3	A napi középhőmérséklet 29°C felett alakulhat.

Figyelem!

Az OMSZ által kiadott figyelmeztető előrejelzés nem azonos az országos tisztifőorvos által, jogszabályi felhatalmazás alapján kiadható hőségriasztással.

További információk:



www.met.hu

Kiadja az Országos Meteorológiai Szolgálat
Kiadásért felel az OMSZ elnöke

Időjárás és egészség

II.

HŐÉRZET

HŐSÉG

