

PREDAVANJE 7

KLIMA I MIKROKLIMA KAO FAKTORI TERMALNOG STRESA, AKLIMATIZACIJA

Fiziološki mehanizmi čovjeka su osposobljeni da se adaptiraju spoljašnjim uslovima od 0°C do 50°C, dok van ovih granica čovjek može preživjeti uz upotrebu adekvatne odjeće, klimatizacije, zaklona i sl.

Po mehanizmima za održavanje tjelesne temperature, čovjek bi mogao da se svsta u *tropska bića*, optimalna temperatura okruženja čovjeka iznosi od 28°C do 30 °C. Ovaj temperaturni raspon predstavlja uslove termičkog komfora, kada čovjek može da preživi bez odjeće i zaklona i kada nema bitnog opterećenja fizioloških funkcija uključenih u procese termoregulacije (čija je funkcija održavanje stalne temperature tijela).

Ljudski organizam može samo veoma kratko vrijeme da toleriše skok temperature preko 41°C, jer se gornja granica preživljavanja nalazi veoma blizu stalne temperature. Stalna temperatura tijela odnosi se na tjelesno jezgro, koje sačinjavaju: mozak, srce, pluća i abdominalni organi koji ne trpe varijacije veće od 4°C. Pri metaboličkim procesima stvara se određena količina toplote kao nusproizvod. U stanju mirovanja oko 75% tako stvorene toplote odstranjuje se procesima radijacije i konvekcije a ostatak od 25% uglavnom pasivnom evaporacijom.

Kada se čovjek izloži nekom fizičkom opterećenju, produkcija toplote raste i može se povećati 20-30 puta, u odnosu na uobičajenih 69 do 90 kcal/h i povećati se na 1200 do 2000 kcal/h.

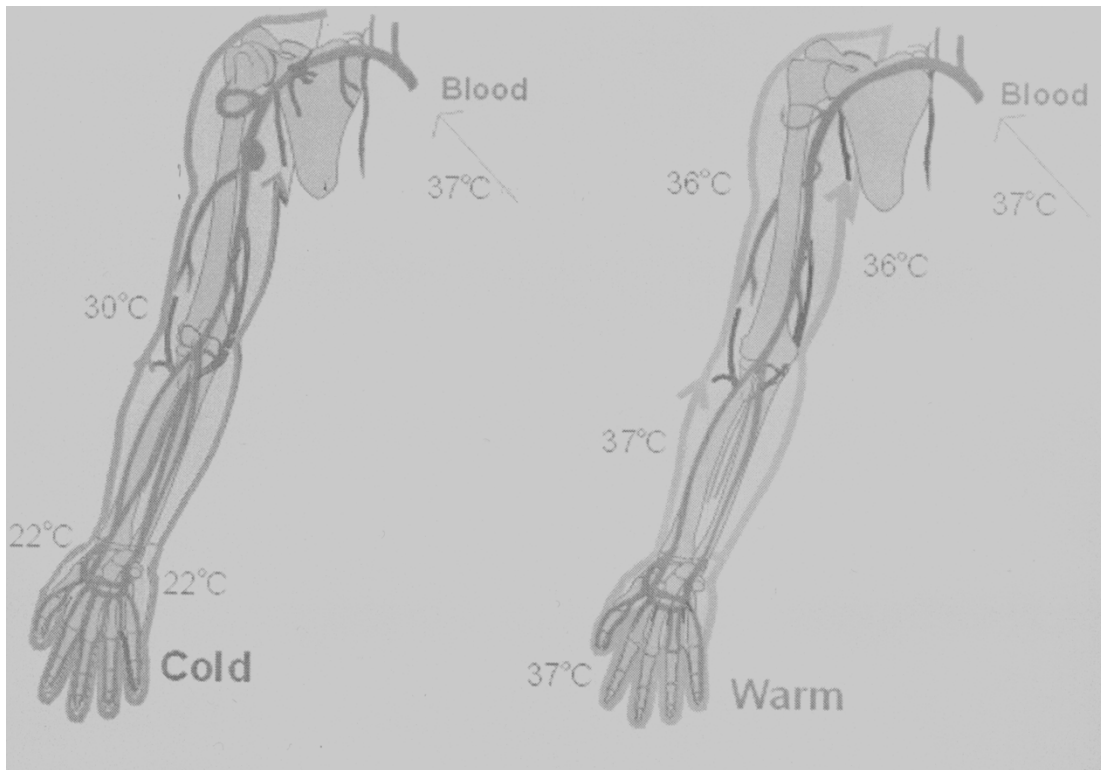
Teoretski, bez mehanizama za odavanje toplote, temperatura bi mogla samo za 1 h da poraste sa 37°C na 60°C. Poželjna temperatura okoline varira od 17 do 31°C .

Pojedini djelovi tijela različito djeluju na jednake uslove, noge su hladnije nego osatli djelovi tijela (ako čovjek hoda bos po površini sa podnim grijanjem dobiće lažnu informaciju o temperaturi okoline, te će gubiti dragocjenu toplotu).

Temperatura od 33 °C ne daje isti osjećaj kao i voda. Voda treba da bude 35°C da bi se čovjek osjećao u njoj prijatno i da bi se tijelo pri tome grijalo.

U uslovima niske temperature gubici toplote mogu biti znatni. Da bi se pad temperature spriječio, dolazi do različitih adaptacionih promjena: povećava se produkcija toplote, smanjuju se gubici. Povećanje produkcije toplote postiže se drhtanjem ili povećanom fizičkom aktivnošću. Drhtanje je kao mišićna aktivnost nastaje sinhronom aktivacijom gotovo svih mišića, neefikasno u mehaničkom smislu ali izuzetno efikasno u termalnom. Drhtanje povećava metaboličku stopu od 2 do 4 puta i tako dovodi do produkcije toplote. Fizička aktivnost je efikasnija. Čak i lagana

fizička aktivnost omogućava toliku produkciju toplote da tijelo može da održava temperaturu jezgra na 30°C u sasvim laganoj odjeći.



Sl.7.A.- Temperature šake pri toplom i hladnom okruženju

Spoljašnja temperatura nije dovoljan parametar za procjenu individualnog termičkog stresa. Pri procjeni temperature dodatan važan faktor je vjetar ili kretanje vazduha. Kada je brzina strujanja velika, dolazi do brze zamjene toplog vazduha sa hladnim u tzv. privatnoj zoni, onoj koja je neposredno oko tijela, te je i gubitak toplote brži. Kada brzina vjetra poraste na 24.8 km/h, temperatura okoline od + 1.7°C djeluje na tijelo kao da je – 17.2°C.

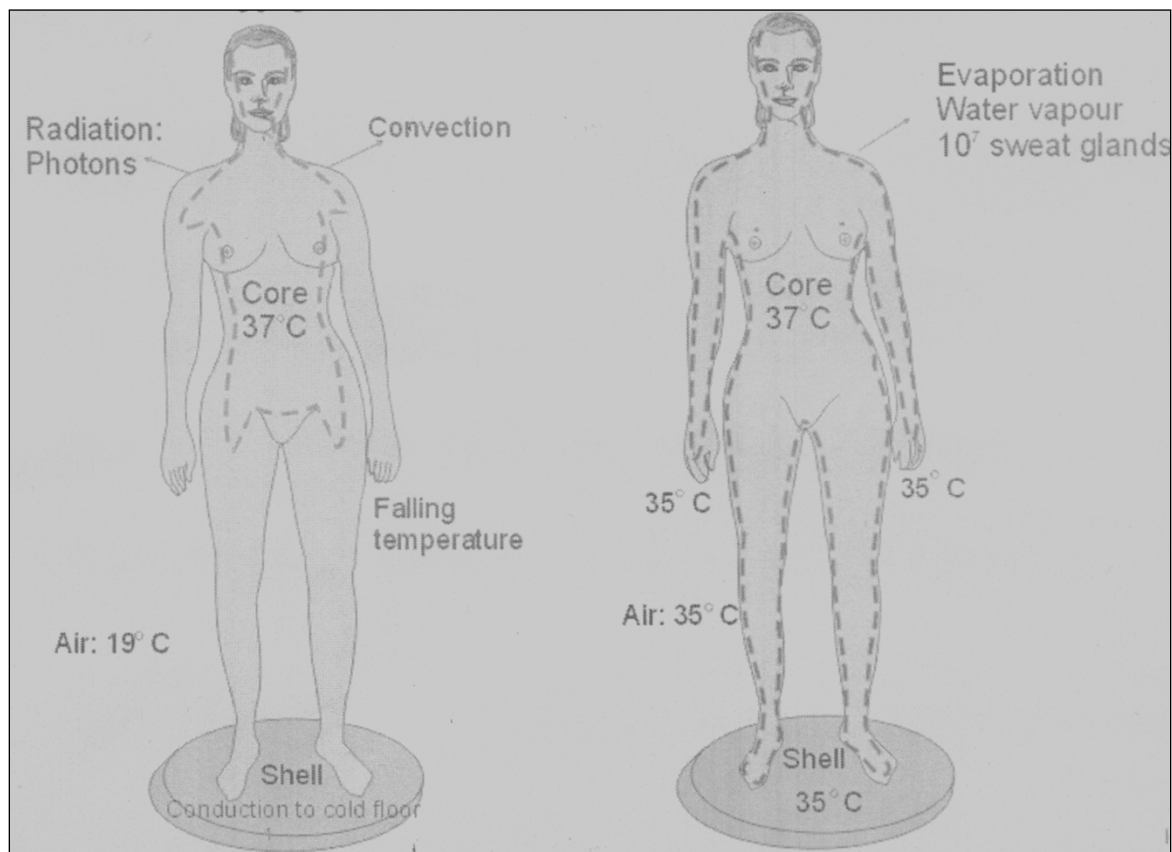
Hipotermija

Klinički ispoljena hipotermija je stanje kada temperatura tijela padne ispod 35°C. U početku dolazi do izraženog drhtanja, zatim se javlja apatija, dezorijentacija, halucinacije ili agresivnost, ekscitiranost sve do euforije.

Sa daljim padom temperature nastaju poremećaji svijesti, respiracija je površna, puls slab, gube se refleksi i proširuju zenice. Padom rektalne temperature ispod 30°C započinje paralitički stadijum u kojem je koža potpuno hladna, nema pulsa, ne čuju se srčani tonovi. Ulokiko se osobapronadje u takvom stanju, prije transporta u bolnicu preporučuje se vrlo lagano zagrijevanje 0.5°C/h, da ne bi doslo do nagle vazodilatacije kožnih krvnih sudova što bi moglo da dovede do fatalne srčane aritmije.

Aklimatizacija na hladnoću, odjeća i termoregulacija

Odjeća ima ulogu izolatora tijela od okoline. Ona može da smanji količinu toplote koju tijelo prima ali i da smanji odavanje toplote kondukcijom (provodjenje toplote) i konvekcijom (strujanje toplog vazduha). Pri niskim temperaturama odjeća je ta koja zarobljava vazduh koji onda kao slab provodnik smanjuje gubitak toplote. Što je deblji sloj zarobljenog vazduha, to je bolja izolacija, te se preporučuje odjeća u slojevima. Vuna i polipropilen imaju dobre izolatorske osobine i brzo se suše, što je veoma bitno jer mokra odjeća gubi 90% svojih izolatorskih sposobnosti pošto vrlo brzo provodi toplotu. Vunena kapa može imati vrlo važnu ulogu jer se 30 do 40% ukupnog viška toplote gubi preko kože glave.



Sl.7.B- Temperatura tijela pri spoljašnjoj temperaturi vazduha od 19°C i 35°C.

Izolatorska aktivnost većine odjevnih materijala zavisi od količine vazduha zarobljenog unutar samog materijala, u krznu je u pitanju vazduh koji se nalazi između dlaka. Jedinica koja mjeri otpornost odjeće na odavanje toplote naziva se K_{lo}. K_{lo} je takav stepen izolacije toplote koji omogućava čovjeku u stanju mirovanja da se osjeća ugodno u sredini gdje je temperatura vazduha 21°C a relativna vlažnost niža od 50% pri brzini strujanja vazduha od 6 m/min.

Ako čovjek spava napolju na -40°C , za zaštitu mu je potrebno 12 Klo-a. Toliko imaju dva krzna karibua, vrsta irvasa koga Eskimi koriste za pravljenje odjeće. Većina odjeće ima izolatorsku sposobnost od 1.6 Klo-a.

Mehanizmi termoregulacije pri kojima se gubi toplota, a koji služe zaštiti organizma od pregrijavanja su radijacija (isijavanje), konvekcija (strujanje, strujanje toplog vazduha od Zemlje uvis i njegovo miješanje sa gornjim hladnijim vazduhom), kondukcija (provodjenje toplote, elektriciteta ili prostiranje od sloja do sloja) i evaporacija. Njihovo učešće je raličito u zavisnosti od temperature okoline. U uslovima optimalne temperature nema aktivacije znojnih žlijezda, ali u uslovima povećane temperature okoline, tim mehanizmom se oslobadja 100% toplote.

Kada je čovjek izložen temperaturi okruženja iznad 30°C ili obavlja neku mišićnu aktivnost, temperatura tijela ima tendenciju naglog porasta.

Kada temperatura okruženja postane viša od temperature tijela, koža se hladi isparavanjem izlučenog znoja. Kada je čovjek izložen duže vrijeme dejstvu visoke temperature količina znoja se povećava i može dostići nekoliko litara na sat. Poslije izvjesnog perioda dolazi do iscrpljivanja mehanizma znojenja i pored nadoknadjivanja tečnosti. Taj zamor znojnih žlijezda, nije do kraja objašnjen, ali je poznato da brisanje tijela, dodatni fizički napor ili izlaganje strujanju vazduha može reaktivirati taj proces.

Drugi bitan fiziološki mehanizam koji omogućava oslobadjanje viška toplote je i pojačan dotok krvi u kožu procesom vazodilatacije i povećanjem minutnog volumena srca.

Termalni stres

Kao odgovor na termalni stres javljaju se: žeđ, zamor, teturanje, tahikardija, poremećaj vida. Ako se nešto u tom stadijumu ne preduzme doći će do pregrijavanja organizma koje se ispoljava u različitim stepenima, kao: toplotni grčevi, toplotno iscrpljenje i toplotni udar.

Toplotni grčevi nastaju kao posledica poremećaja ravnoteže u tjelesnim tečnostima i elektrolotima u tijelu, nastalih zbog gubitka znojenjem i nagomilavanjem kiselih metabolita. Pored spazma mišića javlja se i intenzivan bol. Prevencija ovog poremećaja ostvaruje se optimalnom hidratacijom i dodavanjem soli na najadekvatniji način, najlakše unosom hrane.

Toplotno iscrpljenje karakteriše: pad krvnog pritiska, veoma slab puls (gotovo nemerljiv), glavobolja, opšta slabost, povišena temperatura tijela ali ne preko 40°C (osoba se sklanja na hladnije mjesto i rehidrira).

Toplotni udar je najozbiljnija komplikacija termičkog stresa, koja iziskuje urgentnu medicinsku intervenciju. Nastaje na visokim spoljnim temperaturama uz visoku vlažnost.

Toplotni udar predstavlja stanje povećane temperature koja može nastati i zbog pojačane tjelesne aktivnosti (u uslovima visoke spoljašnje temperature i vlažnosti vazduha) kada prirodni

termoregulacijski mehanizmi nisu više sposobni da oslobode višak toplote (ako je procenat vlage u vazduhu visok, znoj se ne isparava i tijelo nema načina da se oslobodi toplote). Sve to izaziva poremećaj termoregulatornih mehanizama (znojenje se zaustavlja, koža postaje suva i topla, temperatura tijela brzo raste i ide preko 40°C, znaci nastaju postepeno.

Toplotni udar je veoma opasno stanje iz kojeg se organizam ne može izvući sam. Svi takvi bolesnici umiru, ako im se ne pruži pomoć, tj. ukoliko se pravovremeno ne interveniše može doći do smrtnog ishoda. Mortalitet je direktno proporcionalan visini i dužini trajanja hipertermije (neophodno je što prije snižavati temperaturu: kockama leda, alkoholnim oblogama ili cijelo tijelo treba potopiti u hladnu vodu i obezbijediti što komfornije uslove okoline).

Tipične okolnosti koje mogu uzrokovati toplotni udar su:

- rad u kotlarnicama i praonicama veša
- sportisti i vojnici izloženi tjelesnim naporima na vrućini
- debele osobe, alkoholičari i stariji ljudi, skloniji su toplotnom udaru

Znaci toplotnog udara

- osjećaj vrućine, glavobolja, vrtoglavica, pomućenost, nemir
- koža je suva i crvena, dok kod mlađjih osoba može biti znojawa
- gubitak svijesti

Aklimatizacija i faktori aklimatizacije

Znojenje samo po sebi ne snižava temperaturu, već je hladjenje posljedica isparavanja znoja sa površine kože. *Nekoliko osnovnih faktora* određuje stopu isparavanja:

- slobodna površina kože
- temperatura vazduha
- relativna vlažnost
- brzina strujanja vazduha

Relativna vlažnost, odnosno deficit vlažnosti su najvažniji parametri okruženja od kojih zavisi stepen evaporacije. Ako je vlažnost vazduha velika, to znači da se pritisak vlage u vazduhu približava pritisku znoja na koži, koji iznosi 40 mm Hg, te znoj ne može da isparava, već se sliva niz tijelo. Brzina strujanja vazduha u takvim uslovima je veoma važna. Ako je ona veća, dolazi do brže izmjene u privatnoj-intimnoj zoni vazduha, te se deficit vlažnosti neposredno uz tijelo povećava, što omogućava isparavanje znoja sa površine tijela. Zbog svega toga, čovjek lakše toleriše visoku temperaturu u uslovima niske vlažnosti. Suva pustinjska klima lakše se podnosi od vlažne tropske klime.

Tokom aklimatizacije na toplo, promjene su uočljive već na kraju prve sedmice a završne već desetog dana. Neophodno vrijeme ekspozicije je od 2 do 4 sata dnevno. U praksi, to znači da oni koji počinju da rade u takvim makro ili mikroklimatskim uslovima treba postepeno da produžavaju vrijeme tj. dužinu ekspozicije i da puno radno vrijeme uspostave za desetak dana.

Aklimatizacija podrazumijeva dva osnovna procesa:

- cirkulatornu aklimatizaciju i
- povećanu efikasnost znojenja.

Poslije deset dana izloženosti toploti, kapacitet za znojenje je gotovo udvostručen, znoj je "razblažen" znojenje je ravnomjernije raspoređeno po cijeloj površini kože i tijela. Navedeno, uz cirkulatornu aklimatizaciju omogućava nižu temperature kože i jezgra i manju srčanu frekvenciju pri identičnom opterećenju (manja potreba da krv dolazi u kožne krvne sudove radi hlađenja, omogućava bolju prokrvljenost mišića i njihov bolji rad).

U procesu aklimatizacije veoma je bitna optimalna nadoknada tečnosti. Poslije 2 do 3 sedmice, po prestanku izloženosti toplom okruženju, sve promjene u smislu aklimatizacije prestaju.

Adaptacija

Ponavljana ili stalna izloženost tijela visokoj temperaturi (a i niskoj) izaziva niz fizioloških promjena u smislu adaptacije, koje povećavaju toleranciju na visoku ili nisku temperaturu. U tijelu pojedinih insekata, tokom jeseni nakuplja se "antifrizna", glicerol, koji im omogućava da prežive zimu.

Ljudi nemaju neki sličan mehanizam (za sada nije sa sigurnošću utvrđena neka zaista efikasna fiziološka promjena koja omogućava preživljavanje u surovim uslovima). Nasuprot tome, već poslije nekoliko dana boravka u toploj klimi čovjek je sposoban da sasvim dobro toleriše visoku temperaturu, neuporedivo bolje nego u prvom kontaktu.