

Gli esseri umani hanno un sistema di controllo termico che permette un adattamento a condizioni ambientali molto variabili. Tenendo presente che il nostro organismo è in grado di misurare il flusso termico in ingresso e quello in uscita e di attivare delle regolazioni affinché la temperatura corporea rimanga sempre mediamente attorno ai 37 °C. La temperatura cutanea può invece variare molto di più al mutare delle condizioni ambientali. La pelle funziona infatti come scambiatore di calore con l'esterno. Si hanno quindi differenze fra la temperatura corporea interna (praticamente costante) e quella cutanea variabile in funzione della temperatura ambientale e della posizione corporea.

In **ambienti caldi** o per attività intense il meccanismo di regolazione adottato è in primo luogo la dilatazione dei vasi sanguigni dell'epidermide con conseguente aumento del flusso di calore verso la pelle e aumento del calore superficiale. Nel caso la vasodilatazione fosse insufficiente si attiva la produzione di sudore che evaporando causa una ulteriore dissipazione di calore.

In **ambienti freddi** inversamente l'organismo economizza il calore riducendo l'afflusso di sangue verso la cute attraverso la vasocostrizione e quindi riducendo il calore disperso per convezione e irraggiamento. Nel caso la vasocostrizione risultasse insufficiente sopraggiungono i brividi che incrementano il metabolismo muscolare e quindi la produzione di calore. Oltre un dato limite queste regolazioni automatiche del nostro organismo non sono più sufficienti ed allora si hanno sensazioni di malessere di troppo caldo o troppo freddo. Andando oltre possono sopraggiungere gravi disturbi fino alla morte (mediamente sotto i 35 °C e sopra i 40 °C di temperatura corporea profonda). Per avere l'equilibrio termico la somma delle quantità espresse in termini di flusso termico deve essere nulla:

Si ha quindi l'equazione del bilancio termico del corpo umano in condizioni stazionarie:

$$M - E \pm R \pm C = 0$$

con: C = scambi di calore per convezione e conduzione;

R = scambi di calore per irraggiamento;

M = calore prodotto dal corpo per effetto del metabolismo corporeo;

E = calore disperso per la traspirazione della pelle, l'evaporazione dell'umidità e del sudore sulla pelle e per effetto della respirazione.

In particolare nel caso di un soggetto intento in attività sedentarie all'interno di un locale climatizzato, nel periodo invernale, si hanno le seguenti dispersioni di calore:

- Irraggiamento: 40 %;
- Convezione: 25-30 %;
- Evaporazione: 20-25 %;
- Conduzione: trascurabile

I parametri principali che influenzano il benessere termico sono quindi:

- Temperatura dell'aria;
- Temperatura media radiante;
- Velocità dell'aria;
- Umidità relativa;
- Attività (metabolismo);
- Abbigliamento;
- Fattori soggettivi.

Temperatura dell'aria

La temperatura dell'aria, intesa come temperatura di bulbo secco, è il fattore più importante nella determinazione del benessere termico

Temperatura radianti (TMR)

Viene definita come la temperatura media pesata delle temperature delle superfici che delimitano l'ambiente incluso l'effetto dell'irraggiamento solare incidente. Influisce sugli scambi per irraggiamento. Assieme alla temperatura dell'aria, la TMR è il fattore che influenza maggiormente la sensazione di calore perché la radiazione che cade sulla cute ne attiva gli stessi organi sensoriali. Se il corpo è esposto a superfici fredde, una quantità sensibile di calore è emessa sotto forma di radiazione verso queste superfici, producendo una sensazione di freddo. La variazione di 1 °C nella temperatura dell'aria può essere compensata da una variazione contraria da 0.5 a 0.8 °C nella TMR: la condizione più confortevole è stata considerata quella corrispondente ad una TMR di 2 °C più alta della temperatura dell'aria. Una TMR più bassa di 2 °C è pure tollerabile se la radiazione emessa dal corpo è quasi la stessa in tutte le direzioni e ciò avviene solo se le temperature superficiali dell'ambiente circostante sono praticamente uniformi. Si definisce anche la temperatura operante come la media fra la temperatura dell'aria e quella media radiante proprio per valutare con un unico valore gli scambi termici per convezione e irraggiamento.

Velocità dell'aria (m/s)

Il movimento dell'aria produce effetti termici anche senza variazione della temperatura dell'aria e può favorire la dissipazione del calore, attraverso la superficie dell'epidermide, nei seguenti modi:

- Aumento della dissipazione del calore per convezione, fino a quando la temperatura dell'aria rimane inferiore a quella dell'epidermide;
- Accelerazione dell'evaporazione e quindi produzione di raffreddamento fisiologico; alle basse umidità (80 %) l'evaporazione è comunque limitata e il movimento dell'aria non ha grandi effetti rinfrescanti. L'evaporazione può essere invece notevolmente accelerata alle medie umidità (40-50 %): se l'aria è ferma, lo strato più vicino all'epidermide si satura velocemente, impedendo un'ulteriore evaporazione, il movimento dell'aria invece può assicurare un ricambio e quindi una continua evaporazione.

Umidità dell'aria (UR%)

Viene definita come il rapporto fra la quantità di acqua contenuta in un Kg d'aria secca ad una certa temperatura e la quantità massima di acqua che potrebbe essere contenuta alla stessa temperatura dallo stesso kg d'aria. L'umidità dell'atmosfera, se non è estremamente alta o bassa, ha un effetto lieve sulla sensazione di benessere. Alle temperature di benessere non c'è necessità di raffrescamento evaporativo mentre a temperature più alte questo diventa il mezzo più importante di dissipazione del calore. L'aria satura (100 % di UR) impedisce qualsiasi raffrescamento di tipo evaporativo. Quando l'umidità relativa è minore del 20 % le membrane mucose si seccano ed aumentano le possibilità di infezione. A basse temperature l'aria molto secca accresce la sensazione di freddo in quanto l'umidità che raggiunge la superficie dell'epidermide evaporando provoca una spiacevole sensazione di freddo.

Per temperature dell'aria superiori ai 32 °C con UR oltre il 70 % si accentua la sensazione di caldo in quanto il sudore prodotto non può evaporare. In regime stazionario un aumento di UR del 10 % ha lo stesso effetto di un aumento di temperatura di 0,3 °C. L'influenza dell'UR aumenta se ci si sposta fra ambienti con diverse quantità della stessa (cioè in regime dinamico) aumentando l'incidenza sulla sensazione di benessere fino a 2 o 3 volte. Il corpo produce costantemente calore in quantità variabile: "metabolismo" è il termine che descrive tali processi biologici. Il tasso di metabolismo è l'energia liberata per unità di tempo dalla trasformazione degli alimenti. La quantità richiesta dal corpo dipende dal livello di attività. Si esprime in Watt/mq di superficie corporea (circa 1,8 mq) o in "Met" (1 Met = tasso metabolico di una persona in riposo = 58 W/mq).