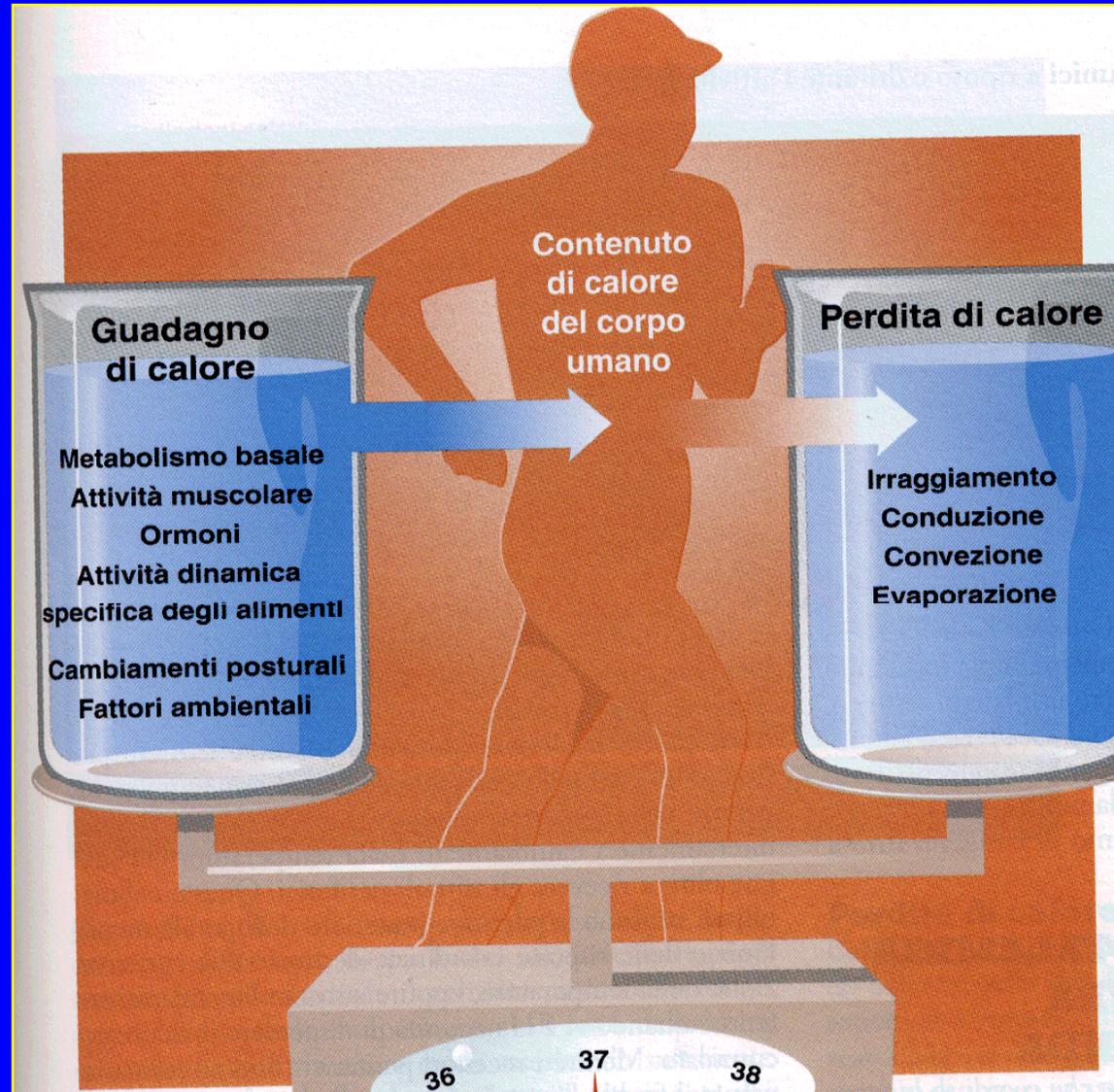


Termoregolazione

Gli esseri umani possono tollerare solo piccole variazioni della temperatura corporea profonda. E' possibile sopportare un abbassamento della temperatura profonda di 10° ma difficilmente si può sopportare aumenti > ai 5 °

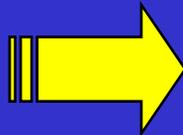


Bilancio Termico



Bilancio Termico durante esercizio

Produzione di calore corporeo



A riposo

1,2 kcal/min

Attività fisica max

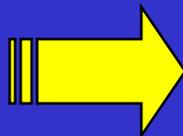
20 kcal/min

Aumento Temperatura Corporea Profonda Teorica



+ 1 C° / 5-min

Perdita di calore per evaporazione



18 kcal/min
(sudorazione massimale)

Regolazione Ipotalamica della Temperatura Corporea Profonda

Corteccia cerebrale

Ipotalamo

**Centro Neuronale
"Termostato" ~ 37±1 °C**

**Recettori termici cutanei
(sensori di risposta a
rapidi cambiamenti)**

Temperatura ematica

Adattamenti termoregolatori

Modificazioni comportamentali

**Vasocostrizione o
Vasodilatazione cutanea
Brivido (1000 ml/min VO₂)
Sudorazione**

Termoregolazione durante stress da calore: perdita di calore

Irraggiamento: senza contatto molecolare tra gli oggetti

Conduzione: trasferimento diretto tra una molecola e l'altra

Convezione: dipende dalla velocità di ricambio dell'aria

in prossimità della superficie corporea

Evaporazione (maggiore difesa fisiologica contro

l'eccessiva produzione di calore) :

- dalla superficie cutanea con il sudore (in condizioni di stress termico le ghiandole sudoripare secernono grandi quantità di soluzione salina ipotonica -0,2-0,4% di NaCl)
- perspiratio insensibilis (evaporazione dalla cute)
- respirazione

IRRAGGIAMENTO

- Gli oggetti emettono continuamente radiazioni termiche di natura elettromagnetica
- Il nostro corpo è generalmente più caldo rispetto all'ambiente circostante per cui perde energia irradiando calore , attraverso l'atmosfera, ai corpi solidi che sono nell'ambiente (come i raggi solari riscaldano la terra)
- Non richiede il contatto molecolare

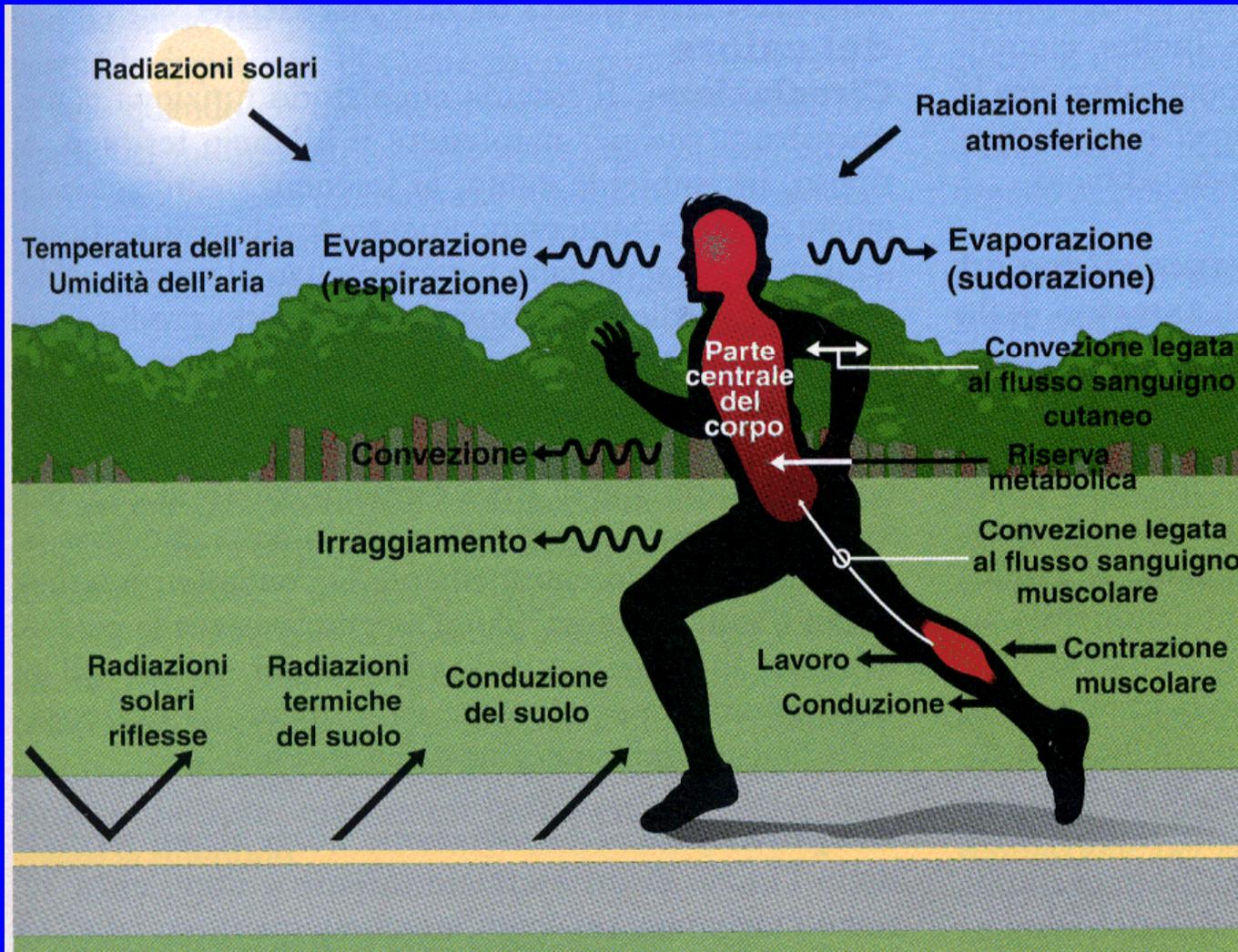
CONDUZIONE

- Diretto trasferimento del calore ad un liquido, un solido o un gas da una molecola all'altra
- Si ha con questo meccanismo un riscaldamento delle molecole dell'aria e delle superfici più fredde che vengono a contatto con la cute
- Il calore perso per conduzione dipende dal gradiente di temperatura fra la cute e le superfici circostanti

CONVEZIONE

- L'efficacia di questo meccanismo dipende dalla velocità con la quale l'aria in prossimità della cute, una volta che si è riscaldata, viene scambiata con aria più fresca
- Se non c'è ricambio l'aria riscaldata in prossimità della cute forma uno schermo isolante facendo diminuire anche la conduzione

Termoregolazione durante stress da calore: perdita di calore



ALTA TEMPERATURA AMBIENTALE

- L' > della temperatura ambientale riduce l'efficacia dei meccanismi di perdita di calore per conduzione, convezione e irraggiamento
- Quando la temperatura dell'ambiente supera quella del corpo questi tre meccanismi contribuiscono all'aumento della temperatura
- La sudorazione > proporzionalmente alla temperatura ambientale : in ambiente caldo umido un soggetto in completo relax che normalmente necessita di circa 2 l di fluidi raddoppia o triplica questa richiesta per via della evaporazione (sudorazione)

Evaporazione cutanea del sudore

- Superficie cutanea esposta all'ambiente
- Temperatura e umidità dell'aria ambientale
 - umidità relativa:** acqua (%) presente nell'aria ad una data temperatura in confronto alla quantità totale di umidità che essa potrebbe contenere
- Correnti aeree convettive

Evaporazione cutanea del sudore

In presenza di umidità elevata la pressione del vapore acqueo presente nell'aria si avvicina a quello presente sulla cute e l'evaporazione si riduce. Questo sistema di dispersione è dunque ostacolato anche se sono presenti grandi quantità di sudore sulla cute (inutile e dannosa perdita di acqua).

Il sudore non raffredda la cute, piuttosto il raffreddamento della cute avviene per evaporazione (asciugare la cute prima che si abbia l'evaporazione del sudore ostacola la dispersione del calore)

L'organismo può tollerare temperature relativamente alte purché l'umidità rimanga bassa (preferibile un clima caldo ma secco che caldo umido!!!)

Sistemi integrati di dispersione del calore

Circolazione: in condizioni di stress termico il sangue caldo viene deviato dalle zone profonde dell'organismo verso la superficie (dal 15 al 25% della gittata cardiaca).

Evaporazione: inizia dopo alcuni secondi dall'inizio dell'esercizio intenso e dopo circa 30' raggiunge un equilibrio correlato al lavoro

Adattamenti ormonali (per preservare la perdita di Sali e liquidi)

Rilascio di **ADH** dall'ipofisi con incremento del riassorbimento di acqua da parte dei tubuli renali.

Rilascio di **ALDOSTERONE**, che incrementa il riassorbimento di sodio dai tubuli renali e riduce l'osmolarità del sudore.

CIRCOLAZIONE

IN AMBIENTE CALDO :

- la frequenza cardiaca e la gettata cardiaca aumentano
- I vasi superficiali si dilatano e quindi si ha arrossamento e stato congestizio della cute

Termoregolazione in condizione di stress termico



Gittata sistolica (GS) in proporzione al deficit di liquidi



FC (submax)

Gittata cardiaca (GC=GS x FC) e **capacità aerobica (VO₂max)** diminuiscono durante l'esercizio in condizioni di calore in quanto l'incremento della FC non controbilancia la diminuzione della GS

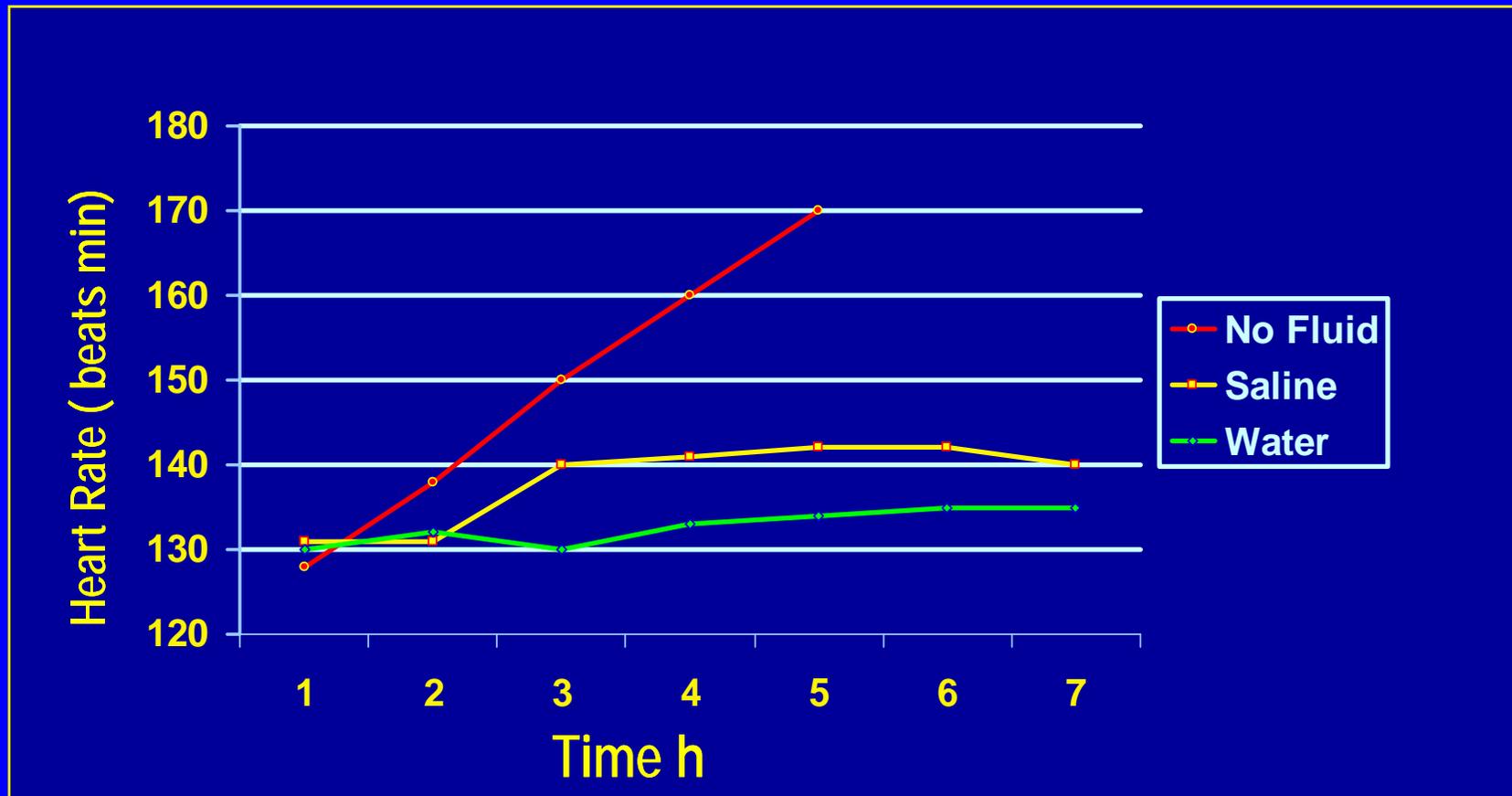
Termoregolazione e stress ambientale durante attività fisica

Adattamenti cardiovascolari
+
raffreddamento per evaporazione

garantiscono la dispersione del calore di origine metabolica durante esercizio fisico, in particolare in condizioni di elevata temperatura.

Tuttavia i liquidi persi spesso creano uno stato di **DISIDRATAZIONE**.

Benefits of Fluids during Prolonged Exercise



Barr et al 1991

Termoregolazione e stress ambientale durante attività fisica

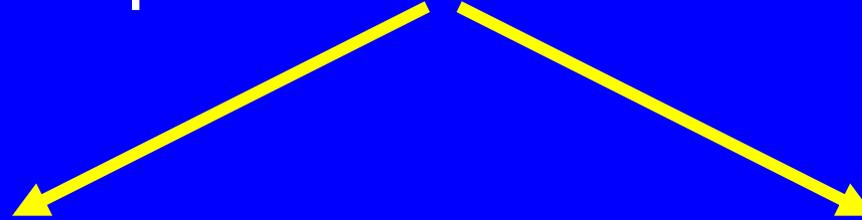
L'organismo deve fronteggiare due esigenze:

- **Sostenere il trasporto di ossigeno ai muscoli per soddisfare il fabbisogno energetico
(PRECEDENZA)**
- **Trasferire, attraverso il sangue, il calore di origine metabolica, prodotto durante attività fisica, alla periferia per il raffreddamento dell'organismo.**

Heat related illnesses

Pathophysiology

Heat production exceeds heat loss



Endogenous heat

(from muscle activity and metabolism)
temperature)

Exogenous heat

(environmental

MALATTIA DA CALORE

- Sono affezioni diverse dal punto di vista clinico che sono dovute ad uno squilibrio fra calore ambientale e capacità dell'organismo ad adattarvisi:
 - A) crampi
 - B) sincope
 - C) esaurimento da calore
 - D) colpo di calore

Heat related illnesses

- 4000 deaths/year in USA
- 3rd most common cause of death in athletes from 1955 to 1990 in USA

Heat illness among athletes is predictable and preventable

1. **Minor illnesses:** cramps, edema, syncope
Respond to rest and hydration
2. **Heat exhaustion:** without CNS (central nervous system) dysfunction
From serious to life-threatening
3. **Heat stroke:** with CNS dysfunction
From serious to life-threatening

Minor heat-related illnesses

1. Heat cramps

Large muscle of the legs (occasionally abdominal)

Result from excessive salt loss from sweating

Even in highly acclimatized individuals who drink large volumes of water

Responds by rest, massage, 1% oral salt solutions

2. Heat edema

In unacclimatized individuals

Results from peripheral vasodilation, decreased intravascular volume, increased hydrostatic pressure in response to aldosterone-mediated sodium retention

Responds to elevation of the extremities, ambulation, acclimatization, no diuretics

3. Heat syncope

Results from same mechanism of edema. But with severe changes able to cause orthostatic hypotension

May be avoided by lying down

Heat Exhaustion

Core body temperature rises but $< 40^{\circ}\text{C}$

Athletes cannot continue activity in the heat

Symptoms include generalized malaise, weakness, headache, anorexia, nausea, vomiting, tachycardia, hypotension
Major neurologic impairment is absent

Diagnosis of exclusion from heat stroke



Heat Stroke (HS)

Is an emergency that requires immediate treatment because core body temperature in excess of 40°C may rapidly cause irreversible central nervous system (CNS) damage

Classic HS

In elderly or debilitated individuals

1. Hypertermia ($>40^{\circ}\text{C}$)
2. Anhidrosis
3. CNS changes: headache, confusion, seizures, stupor, coma

In addition: hypotension, vomiting, diarrhea, mental status changes

Exertional HS

In young, healthy athletes and individuals exercising in hot humid environments. Profuse sweating.

COLPO DI CALORE

- Stato di insufficienza termoregolatoria, generalmente ad inizio improvviso, caratterizzato da ipertermia, disturbi neurologici, tachicardia, polipnea e anidrosi (cessazione della sudorazione)
- Condizioni ambientali :esposizione brusca a climi caldi, ondate di calore estivo, esposizioni professionali, gare sportive ad alto impegno, microclimi particolari come bagno turco , sauna

Heat Stroke (HS)

Complications

- Permanent CNS injury
- Rhabdomyolysis
- Acute renal failure
- Liver injury (not apparent initially)
- Pulmonary edema
- Disseminated intravascular coagulation

Mortality correlates with duration and intensity of hyperthermia

Heat Stroke (HS)

Treatment

Whenever HS is suspected, treatment should not be delayed

1. To lower core body temperature $<39^{\circ}\text{C}$: move to a cooler location, active cooling measures (external or internal).
Warm water!
2. Intravenous hydration
3. Blood and urine tests monitor organ damage, core body temperature (rectally) monitoring
4. Medications

TRATTAMENTO

- Preospedaliero: togliere gli indumenti, trasportare in luogo fresco, spugnature con acqua fresca, borsa di ghiaccio sul capo, via venosa (liquidi),ossigenoterapia.
- Ospedaliero:correzione degli squilibri idro-elettrolitici , misure antishock ,trattamento delle complicanze.

Heat related illnesses

Acclimatization

Acclimatization is the essential component of an athlete's adaptation to exercise in the heat

Heat exposure lasting **60 to 90** min/day for **1 to 2** weeks is required for adequate adaptation of the cardiovascular, endocrine and exocrine systems

- increased cardiac output
- extracellular expansion
- diminished sweat sodium concentration
- increased sweat volume

ACCLIMATAZIONE

- I primi allenamenti in primavera sono quelli più rischiosi per l'ipertermia perché i meccanismi della termoregolazione non sono ancora preparati a fronteggiare il doppio impegno legato all'attività fisica e al calore ambientale.

Heat related illnesses

Factors interact to increase the risk for heat illness

1. Temperature, humidity, wind, cloud cover

2. Predisposing individual factors

(age, obesity, dehydration, cardiovascular disease, sweat gland dysfunction, sunburn, overeating)

3. Medical factors

(Thyroid hormones, amphetamines)

(Antihistamines, anticholinergics, phenothiazines, benztropine, drugs, alcohol)

(Sedative, haloperidol)