

Szöveti oxigenizáció mérésének újabb módszerei

Ökrös Ilona

B-A-Z Megyei Kórház és Egyetemi Oktató Kórház

Miskolc

Központi Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Osztály

Szöveti oxigenizáció - miért?

A fiziológias sejtműködés feltételei

- ép sejtmorfológia

sejtmembrán és subcellularis elemek

- ép sejtfunkció

sufficiens energetikai állapot - aerob glykolízis

tápanyagok (minőség, mennyiség)

oxigén

Oxigén hiányában

⇒ anaerob viszonyok

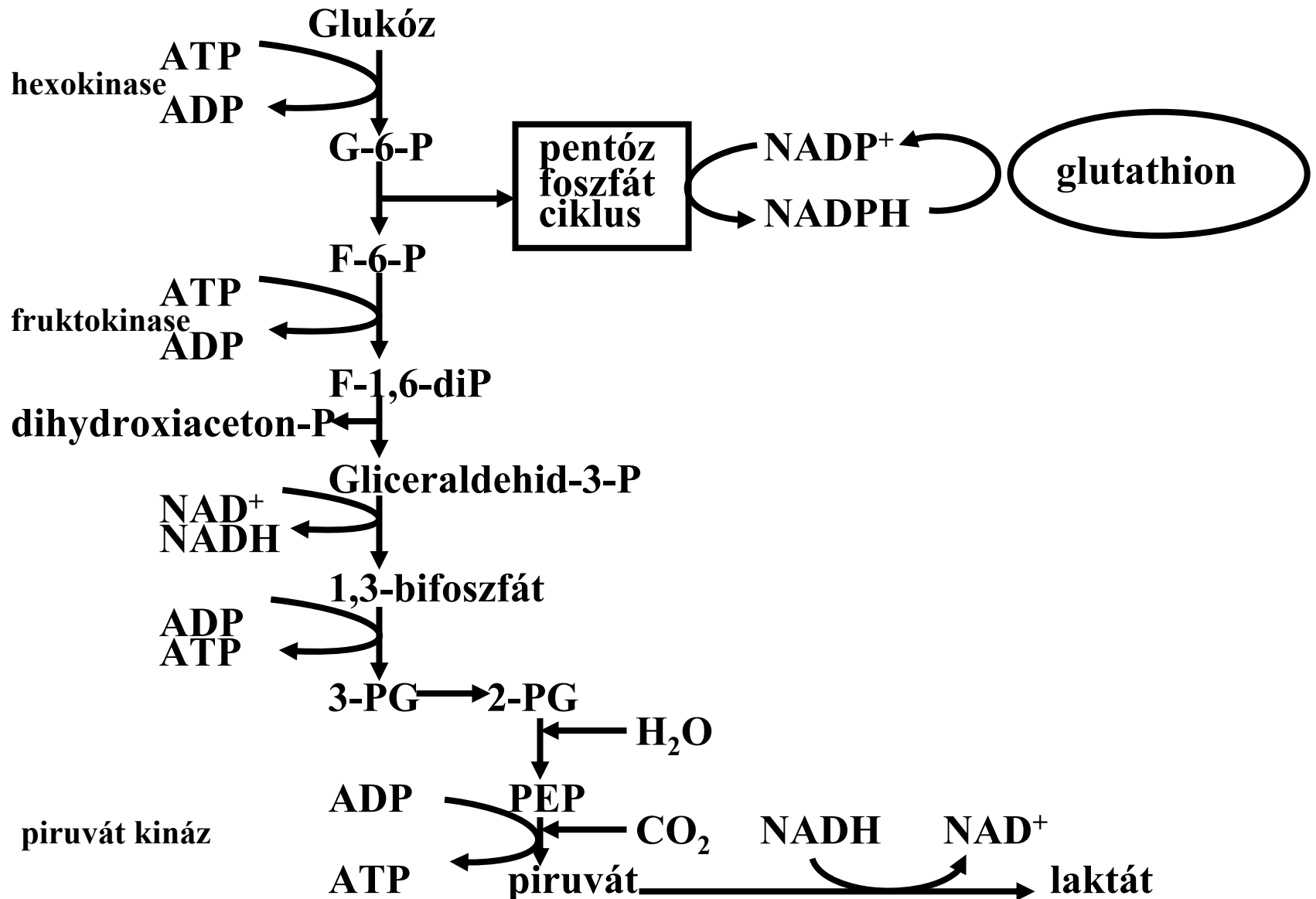
⇒ anaerob anyagcsere (6 ATP/1 mol glukóz)

glukóz → piruvát → laktát

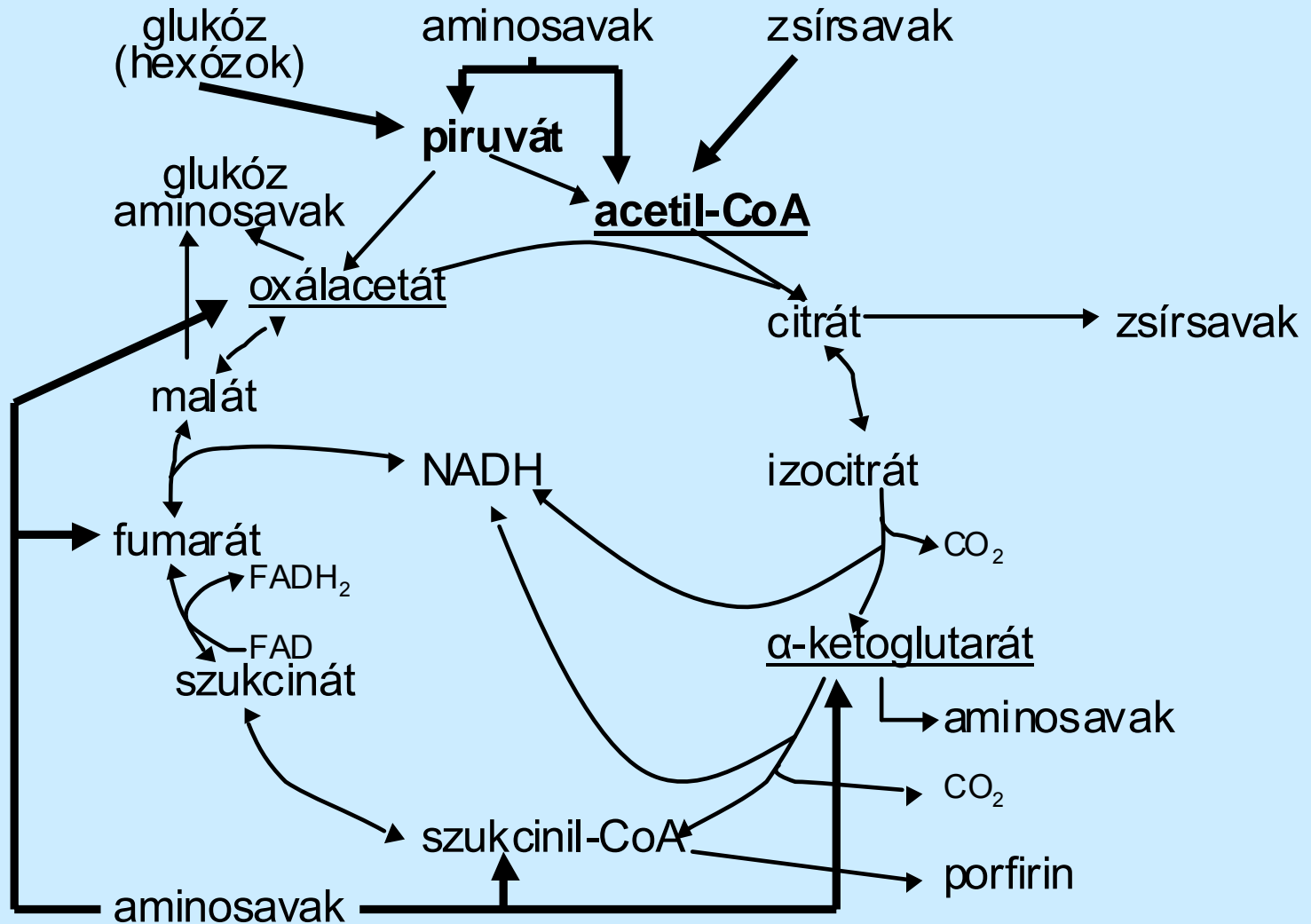
⇒ energetikai insufficiencia

⇒ laktát-acidosis

Glikolízis és a pentóz-foszfát ciklus



A citrátkör kapcsolódásai



Fiziológiás szöveti oxigenizáció feltételei

- megfelelő oxigénkínálat (FiO_2)
- ventiláció
- transzport (Hb)
- ép szöveti perfúzió (áramlás)

globális - regionális - szöveti (= mikrocirkuláció)

**Az áramlások mérése azonban nem függetleníthető a lényegtől
– milyen az anyagcsere állapota?**

Fiziológiás szöveti oxigenizáció feltételei

- megfelelő oxigénkínálat
- ventiláció
- transzport (Hb)
- ép szöveti perfúzió, áramlás

globális - regionális - mikrocirkuláció

A globális hemodinamikai paraméterek

...

- a szív pumpafunkciója
- a nagy- és középvastagságú erek állapota

... által meghatározottak.

Globális hemodinamikai paraméterek

1. Pumpafunkció -

→ cardiac output (CO) monitorozás

- termodilúciós módszer (S-G)
- folyamatos CO meghatározás pulzus-kontúr analízissel (PiCCO)
- transoesophagealis echo (TEE)
- bioimpedancia

Globális hemodinamikai paraméterek

2. Az erek állapota (és intravasalis térfogat)

→ invazív nyomásmérés

- artériás BP

⇒ artériás kanül

- vénás BP (CVP)

⇒ centr. vénás kanül

- pulmonális kapilláris éknyomás (PCWP)

- balkamrai töltőnyomás

⇒ artéria pulmonalis katéter (Swan-Ganz)

→ non-invazív vérnyomásmérés

Globális hemodinamikai paraméterek

A globális hemodinamika megfelelője/jellemzője a szervezet teljes oxigénfelhasználása (DO_2 , VO_2 , O_2ER) – erről később

Fiziológiás szöveti oxigenizáció feltételei

- megfelelő oxigénkínálat
- ventilláció
- transzport (Hb)
- ép szöveti perfúzió, áramlás

globális - regionális - mikrocirkuláció

Regionális perfúzió

Az egyes szervek perfúzióját jelenti. Meghatározói

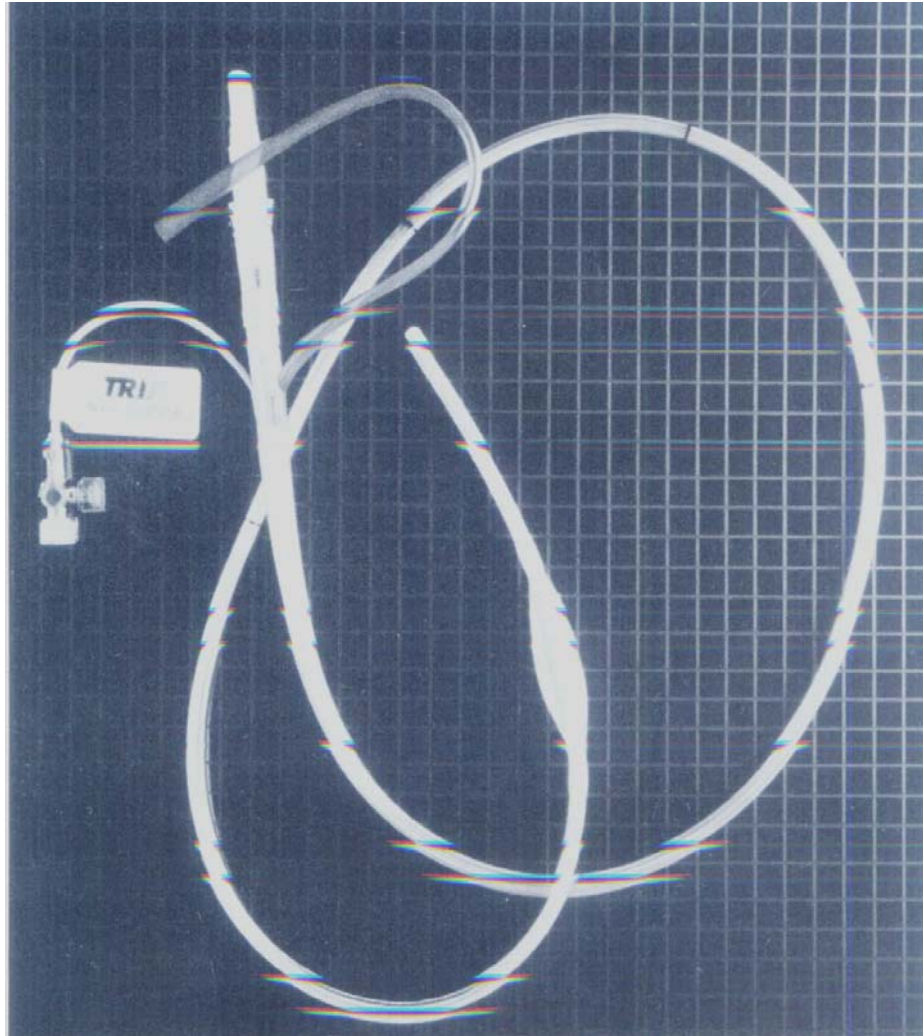
- a töltőnyomás**
- a CO-ból való részesedés**
- amennyiben nem biztosított, szervfunkció-zavarok, MODS, ill. MOF alakul ki**

Mérésére kevés lehetőség van

- intragastricus pH**
- jugularis oximetria**

Mivel mérni kevésbé tudjuk, a szervek perfúziójának zavarára funkcionális jelekből értesülünk

Gastrotonometriás katéter



Gastrotonometriás készülék



Intragastricus pH mérés

Módszer:

- sóval töltött ballon, 30'ekvilibrium
- pH, pCO₂ meghatározás vérgázanalizátorral
- mintavétel egyidejűleg artériából

Értékelés:

- PCO₂ jobb indikátor, mint a pHi
(pl. renalis acidosis miatt!), sőt a gap megfelelő
PaCO₂-PgCO₂ ⇒ gap
- egyébként a pHi korrelál a se laktáttal
- laktát és pHi együtt jobb predictív értékű, mint külön

- pHi < 7.35 ⇒ hypoperfusio, intramucosalis acidosis
- gap > 8 Hgmm ⇒ hypoperfusio

Tonometria

Klinikai értéke:

1. egyres betegcsoportokban (szívsebészet, trauma korai szaka) prognosztikai érték
2. kimutatja a rejtett cardiovascularis elégtelenséget
 - ha pHi alacsony, nem volt sikeres a leszoktatás
 - azonban
 - drága, körülményes, felhasználófüggő
 - sok egyéb körülmény befolyásolja (bár van automata mérési lehetőség is)

Új módszerek

- fiberoptika az ileumba
- a tonometert kapnográfhoz kapcsolják
- miniatűr ion-szelektív tranzisztor

Regionális perfúzió és oxigenizáció

Bulbus oximetria ($S_{vj}O_2$) és laktát-meghatározás

- v. jugularis interna O_2 -szaturációja
- ha $S_{vj}O_2$ azonos az SaO_2 -vel \Rightarrow az agyban nincs O_2 -felhasználás
- informatív az SaO_2 - $S_{vj}O_2$ - ICP viszonya
- agy-koponya-sérült és egyéb agyi inzultust elszenvedett betegekben prognosztikai értékkel bír

Cerebral Oxygen Transport

- $SjO_2 = SaO_2 - \frac{CMRO_2}{CBF \times Hb \times 1.34 \times 10}$

Fiziológiás szöveti oxigenizáció feltételei

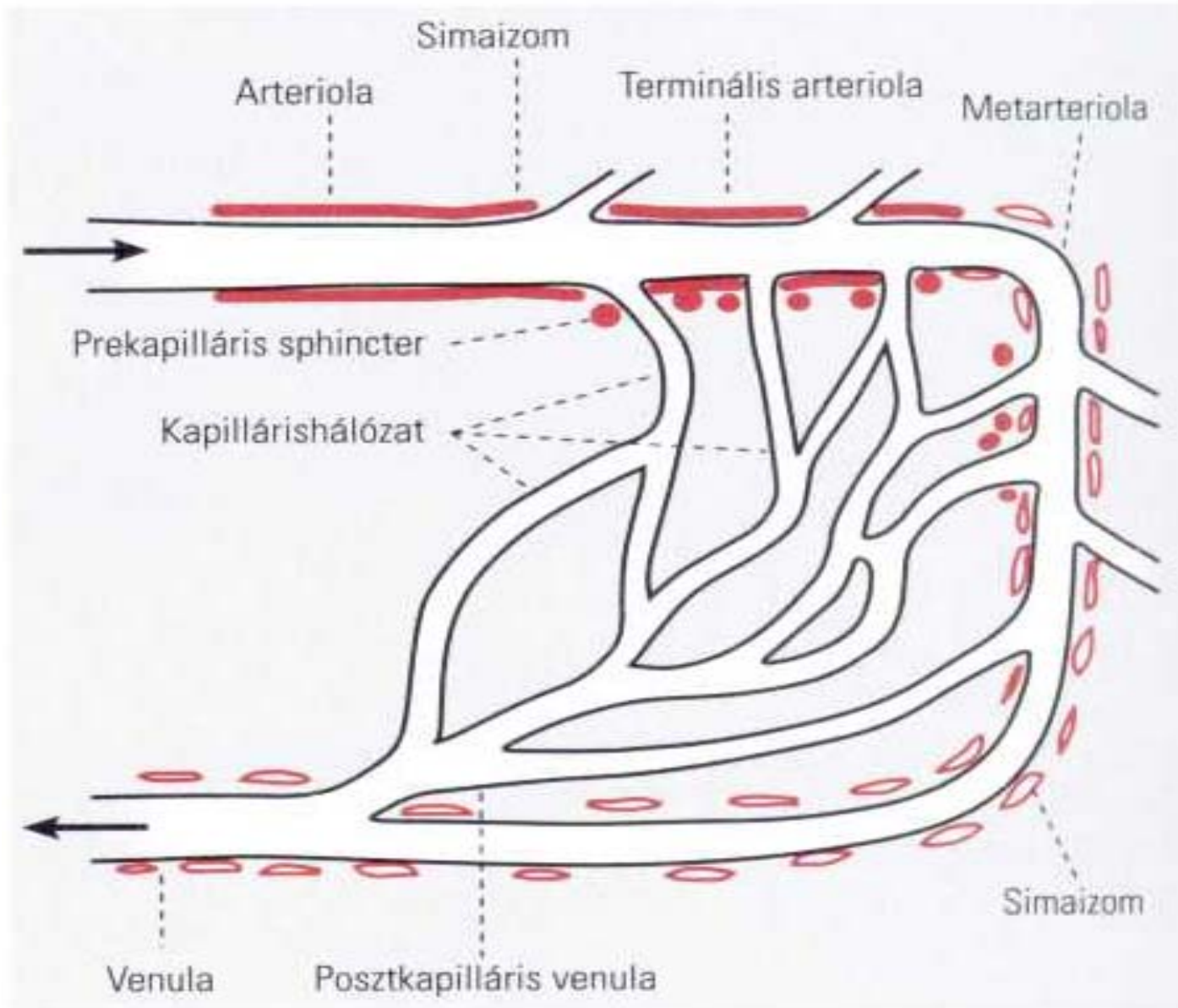
- megfelelő oxigénkínálat
- ventiláció
- transzport (Hb)
- ép szöveti perfúzió, áramlás

globális - regionális - mikrocirkuláció

Mikrocirkuláció

- meghatározója az arteriolák állapota (rezisztencia-erek)
- mérése/becslés: SVR

Mikrocirkuláció



Mikrovaszkulatóra

A mikrocirkulációról alkotott fogalmunk többnyire változatlan és többnyire változott

1. Alapmorfológia: arteriola-capillaris-venula

- csak mikroszkóppal vizsgálható

- arteriola: 10-150 μm (simaizom, tónus)

- capillaris: 3- 8 μm (nincs simaizom)

10- 20 μm is lehet egyes szervekben (tüdő, bél)

- venula: simaizom nélküli

O_2 -extractio mindenütt!

Mikrovaszkulatóra

2. Heterogenitás

- a capillárisok heterogenitásának felismerése az utóbbi idők legnagyobb felfedezése!

- a capillaris eloszlásnál az erek átmérője nem azonos, mely...

- a capillaris transit idővel (CTT) jellemezhető

⇒ a vvt art-ven.transit-ideje

- az egyes szervek capilláris hálózata is különböző, egyedi variációkat mutat (izom, máj), mely azonban a szervperfuziót/működést nem befolyásolja.

Mikrovaszkulatóra

3. Denzitas

- a capilláris denzitas életkori, aktuális állapotbeli variációkat mutat
- pl. endotoxin (szepszis) csökkenti a capilláris denzitas
- nő az elzárt területek száma, változik a distributio
 - az álló cap. aránya egészségesen 4%
szepszisben 32%
 - a lassult cap. aránya egészségesen 5%
szepszisben 32%

Tehát perfundált és nem perfundált területek, változó eloszlásban (térben és időben)

- ischaemiás/reperfúziós syndroma
- a SIRS, sepsis teljes idejében zajlik

Mikrocirkuláció , áramlás

A mikrocirkuláció különböző szakaszain

- a Ht eloszlása nem egyenletes (heterogenitás)
- a helyi Ht más, mint a szisztémás

A mikrocirkuláció állapotának kontrolljai

1. fizikai tényezők

- értónus
- viszkozitás, áramlás



a legfontosabb

önmagában is nyitja a kapillárist!

2. helyi metabolikus (pH)

3. helyi, humoralis (NO) (iNOS, cNOS, argininből)

4. szisztémás, humoralis (katekolamin)

Endothelium

- az endothelium fala a legnagyobb felszín az emberi szervezetben
- a coagulatio kaszkád és az inflammatio folyamatok terepe
- ma már önálló szerv, önálló metabolizmusa van
- az endothelium legtöbb funkciója energiaigényes
- az O_2 -gyökök képzése ill. eliminációja gyors turnover-ű folyamat (erősen energiaigényes)

Mi történik az oxigénnel a mikrocirkulációban?

Jelentős különbségek a szisztémás keringéstől

- a $PcO_2 \ll PaO_2$
- az oxigén az arteriolákból diffundál
szaturáció $\downarrow\downarrow\downarrow$ 90-30%-ra
- jelentős az oxigén-consumptio , viszont az RBC visszaoxigenizálódik a szövetekből

Mikrocirkuláció állapotának mérése

1. SVR - globalis, derivált érték

2. Perifériás pulzus-oximetria (pulzoximéter, SpO₂) (1977 óta)

3. Reflexiós (részben abszorpciós) spektrophotometria

- oxy- és desoxy Hb a fényt különböző módon reflektálják
- non-invazív módszer

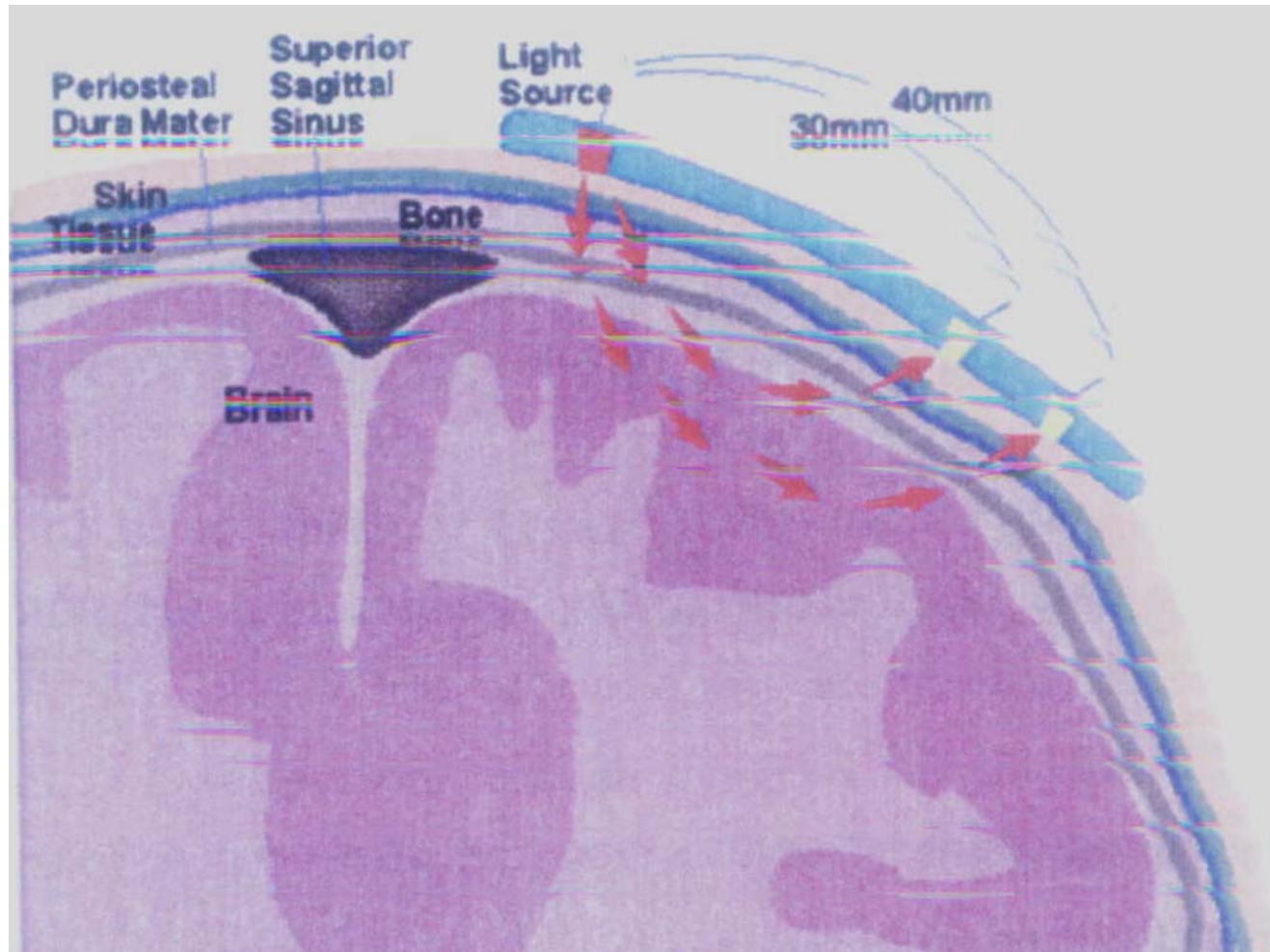
Mikrocirkuláció, oxigenizáció

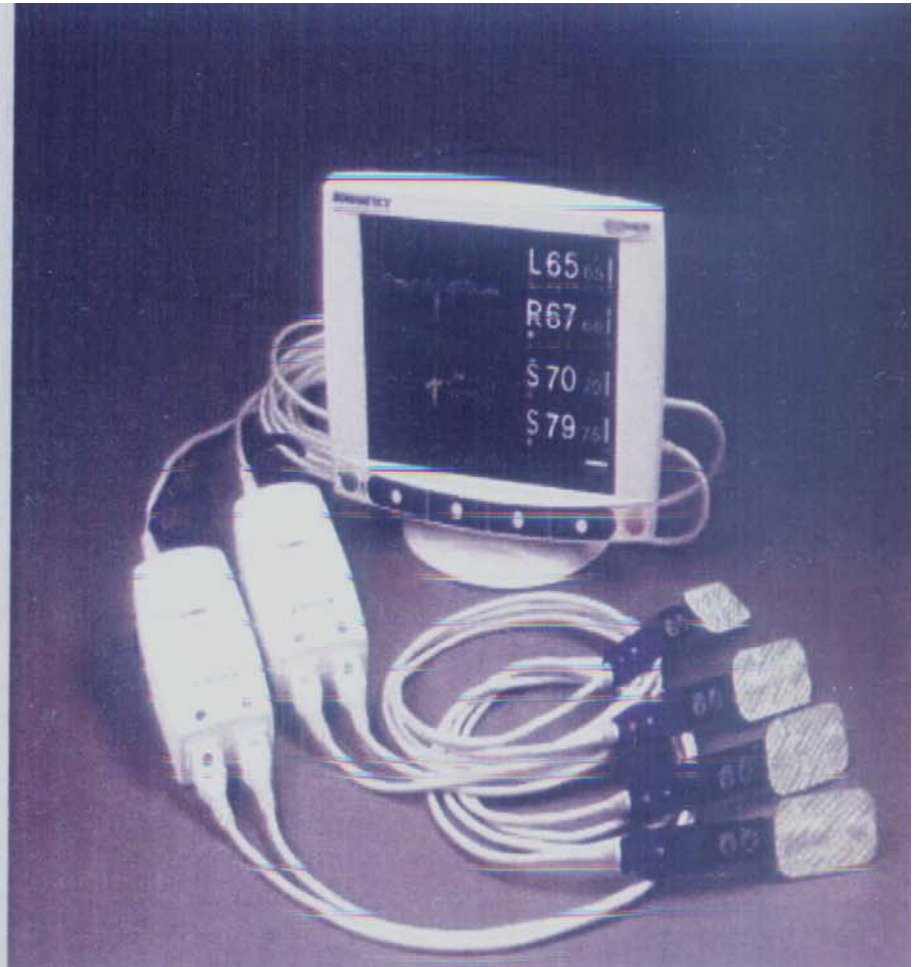
NIRS - Near Infrared Reflexiós Spectrophotometria

- oxy-, desoxy Hb és citokrómok elnyelik a fényt
- a Caa3 redox állapota különösen fontos az O₂ utilisatio szempontjából
- ha fényelnyelés van - megy az oxidatív foszforiláció
- ha fényelnyelés nincs - nem megy az oxidatív foszforiláció

Alkalmazás:

- újszülöttek, gyermekek cerebralis oxigenizációjának mérésére (több klinikai vizsgálat)
- felnőttek CABG műtété közben az agyi oxigenizáció mérésére





A mikrocirkuláció vizsgálati módszerei

Gold standard

- intravitalis video-mikroskop

Human

- lézer Doppler (bőr, izom)
videomikroskop
plethysmographia (pulzoximeter)

Lézer-Doppler flowmeter

- a kompartment-eket nem tudja elkülöníteni
- a heterogenitásra megjelenítésére megfelelő

Ortogonalis polarizációs spektroskop (OPS)

- direkt vizualizáció polaroid fénnyel
- sublingualis régió, ill. conjunctiva, vagina, rectum...

Sublingualisan alkalmazva az OPS lenne a megfelelő módszer

Sublingualis $p\text{CO}_2$

- bélmucosával azonos embrionális eredet
- non-invazív mérési módszer lenne, a gastricus tonometriával is azonosan változik,
- szepszisben vannak klinikai vizsgálatok

azonban

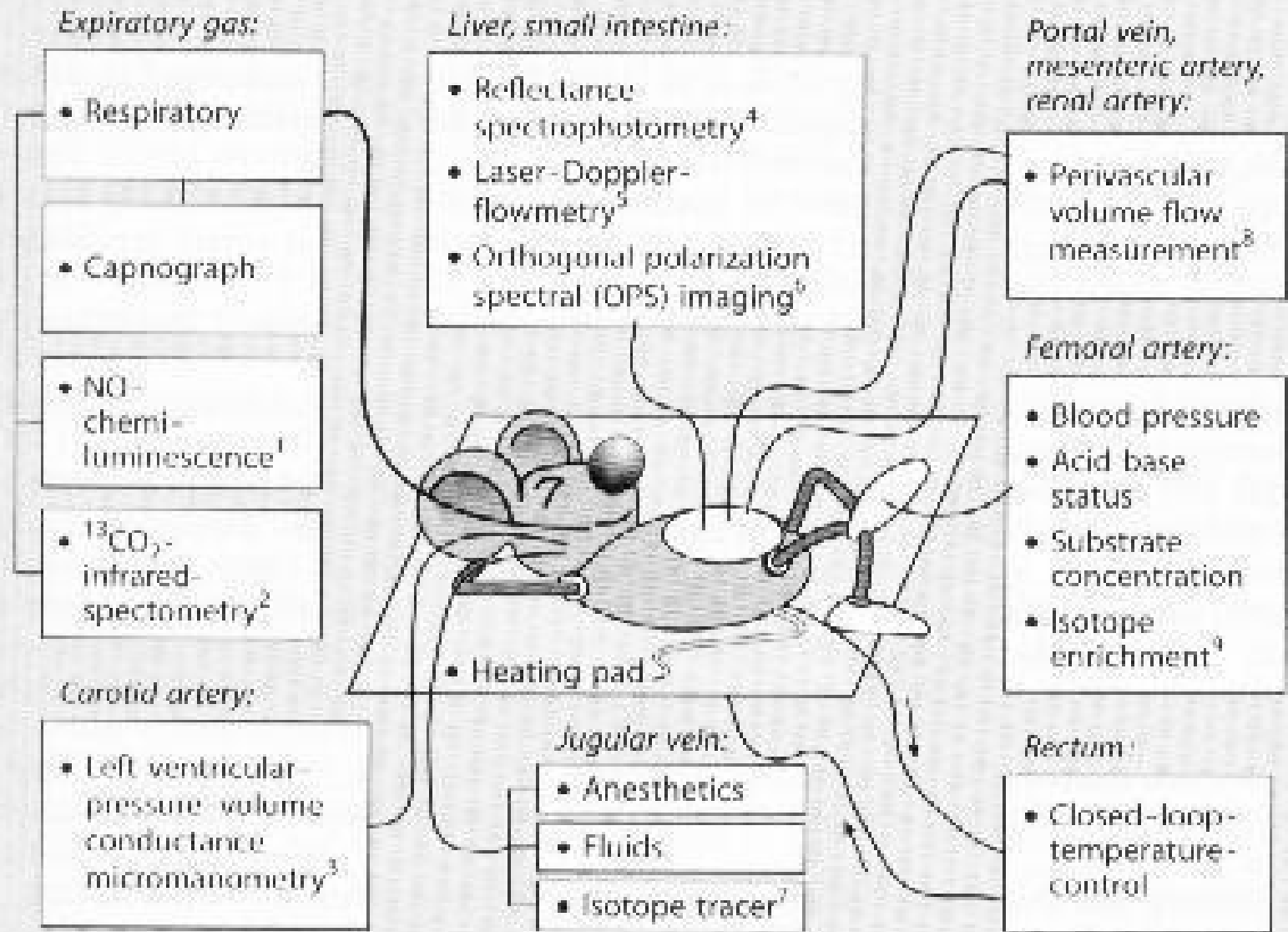
- nehéz értékelni

Növekszik a érdeklődés

- $P_t\text{CO}_2$ és $P_t\text{O}_2$
- laktát
- laser Doppler flowmeter
- heptosplanchnicus BF
- mitochondrium redox state
- OPS

Mikrocirkuláció mérésének további lehetőségei

- 1. Mikrodialízis tubusok (intracerebralis)**
- 2. Szövetbe, felületre helyezhető elektródák
korlátozott mélység és kiterjedés**
- 3. Funkcionális MRI**
- 4. Áramlásméréssel kombinált funkcionális MRI**
- 5. Szöveti polarográfiás szenzor - ortogonális polarizációs spect (P_tO_2)**
- 6. Lézer-Doppler áramlásmérés**
- 7. Intravitalis video - mikroszkóp**
- 8. Kapilláris tranzit - idő meghatározása**
- 9. NADH - fluoreszcencia**



Azonban a szöveti oxigenizáció mérése csak egy dolog – a lényeg, hogy a sejtek hasznosítják-e?

- oxigénkivonás mértéke

- metabolizmus

- CO₂ produkció - de ebben a transzport és a ventiláció is szerepet játszik, ezért a

- legfontosabb paraméter a szérum laktát-szint

O₂ kínálat (delivery)

Definíció: a szövetekhez szállított O₂ mennyiség

$$\text{DO}_2 = \text{CI} \times \text{CaO}_2 \times 10$$

$$\text{CaO}_2 = (\text{Hb} \times 1.34 \times \text{SaO}_2) + \underline{0.0031 \times \text{PaO}_2}$$

(oldott O₂, elhanyagolható)

$$\text{DO}_2 = \text{CI} \times \text{Hb} \times 13.4 \times \text{SaO}_2$$

A Hb és SaO₂ csökkenést a CI kompenzálja (vérzéses shock)

→ DO₂ változatlan

A CI csökkenést Hb és SaO₂ nem kompenzálja (cardiogen shock)

→ DO₂ ↓

O₂ felvétel (uptake)

$$VO_2 = CI \times Hb \times (SaO_2 - SvO_2) \times 13.4$$

⇒ a szervezet összes metabolikus igénye

1. Indirekt meghatározás, Fick elv -termodilúciós módszer

Termodilúció nem alkalmazható

- intracardialis shunt**
- súlyos tricusp. regurgitatio, alacsony CO**
- nem mutatja a tüdő saját szükségletét (ALI)**

2. Metabolikus monitor

- intubálni kell**
- pontos térfogatok nem mérhetőek**

O_2 -extractio

$$O_2ER = \frac{VO_2}{DO_2} = \frac{SaO_2 - SvO_2}{SaO_2}$$

$$VO_2 = \cancel{CI} \times \cancel{Hb} \times (SaO_2 - SvO_2) \times 13.4$$

$$DO_2 = \cancel{CI} \times \cancel{Hb} \times SaO_2 \times 13.4$$

⇒ a szervezet tényleges O_2 -felhasználása
az extractio a kínálat 20-30%-a, ami azt jelenti, hogy az
oxigénkínálat 4x több, mint a felhasználás

⇒ a CI és az O_2ER között lineáris összefüggés
- 3 l/min/m₂ alatt és 25% O_2ER alatt



elégtelen szöveti oxigenizáció

Kevert vénás vér oxigén szaturációja

Meghatározás: art. pulmalis katéter, ill. jobb pitvar/jobbs kamra

Mérés: egyidejű mintavétel artériából és jobb szívfélből

Értékelés: cut off point 70%

1. alacsony ScvO₂ magas O₂-extractiot jelez

**nincs szöveti hypoxia, de jó-e az oxigenizáció? Jó-e a vasomotorium?
tudok-e segíteni?**

(lélegeztetés, transfúzió, CO emelés ... ami kell)

2. magas SvO₂ alacsony O₂-extractiot jelent

**- zárt a periféria, vagy citopátiás hypoxia, vagy MMD
van! → felesleges oxigénnel terhelni**

(valami mást kell kitalálni, vagy már éppen semmit)

**- vagy sok az oxigén, és már a fizikailag oldott-ból dolgozik a
szervezet?**



Metabolizmust ellenőrizni!

ScvO₂ mellett mindig CO₂ és laktát – meghatározás!

A ScvO₂ segít a rövid távú teendők meghatározásában, de prognosztikai értéke egyelőre alacsony

... és ne feledjük

A szervezet egészének metabolizmusára a leginformatívabb az artériás laktát-meghatározás! (cut off: art. 2-3-mmol/l)

Szepszisben magasabb prognosztikai érték bármi máshoz képest, bár nem kizárólagos

⇒ milyen a globális metabolizmus?

anaerob? → rossz az oxigenizáció

(vagy a mikrocirkuláció, vagy az oxigén-kínálat)

aerob? → nagy baj nincs, az életfontos szervek O₂-ellátása (és a mikrocirkuláció) megfelelő

azonban

ettől még fontos szervek perfúziója nem-kielégítő is lehet!