

# Orvostechnika és monitorozás – Gyakorlati orvosi alapismeretek

## Egyetemi tankönyv

Szerkesztette: Dr. Boros Mihály

Szegedi Tudományegyetem  
Általános Orvostudományi Kar  
Sebészeti Műtéttani Intézet

Szeged, 2007

Támogató: ROP–3.3.1–2005–02–0001/34. sz. projekt

Magyarország célba ér



REGIONÁLIS FEJLESZTÉS  
OPERATÍV PROGRAM

LEKTORÁLTA:

Dr. Babik Barna  
Prof. Méray Judit  
Prof. Rudas László

A KIADÁSÉRT FELEL:

Dr. Boros Mihály

BORÍTÓTERV:

Pálfı Attila

NYOMDA:

Innovariant Kft.  
6725 Szeged, Textilgyári út 3.

Készült 650 példányban.

Terjedelem: 4,25 (A/4) ív, 68 oldal, 109 ábra.

**ISBN 963 482 786 1**


© Prof. Boros Mihály, 2006

# Előszó

Az orvostudomány a kéz és az ész összhangjára, az elméleti és a gyakorlati tudás egyensúlyára épít. Sajátos ellentmondás tehát, hogy napjainkban a tapasztalatszerzés lehetőségei egyre szűkülnek, és a gyakorlati oktatás súlya folyamatosan csökken. Ma már nyilvánvaló, hogy a humán körülmények között végzett gyakorlati oktatásnak jelentős anyagi, szervezési, jogi és etikai korlátjai vannak, és az is, hogy a helyzet a jövőben sem fog megváltozni. Sürgető kérdés tehát, hogy *milyen* módszereket tekinthetünk optimális alternatív lehetőségeknek, és ezeket *hogyan* tudjuk alkalmazni az ellentmondásos helyzet megoldására.

Tudjuk, hogy a képességek és készségek csakis állandó gyakorlással alakíthatók és fejleszthetők. A világ számos országában már beigazolódott, hogy az úgynevezett „*skills központoknak*”, azaz az orvosi készségfejlesztésnek élő és élettelen tárgyi környezetet biztosító szervezeti egységeknek rendkívüli oktatási jelentőségük lehet. A humán klinikai helyzetek élményeivel azonos, vagy azokkal csaknem megegyező, virtuális valóságban, szimulációs fantomon, számítógépes modelleken, szervpreparátumokon, vagy állati szöveteken végzett beavatkozások lehetőségét kínáló, specializálódott központok ma már Európa legtöbb orvosi fakultásán megtalálhatók.

A Szegei Tudományegyetem Sebészeti Műtéttani Intézetének oktatási infrastruktúrájára és hagyományaira építő új képzőhelyen 2005 őszétől lehetőséget biztosítunk mind a hagyományos, mind a legújabb, csúcstechnikát képviselő orvostechnikai eszközök bemutatására és az orvosi pályán elengedhetetlenül szükséges gyakorlati eljárások és módszerek elsajátítására. Az egymásra épülő „*skills*” programok közül az első az invazív beavatkozásokat technikailag megalapozó „*Sebészeti műtéttan*”, a második az általános orvosi, gyakorlati képzést nyújtó „*Gyakorlati orvosi alapismeretek*”. Ez utóbbi tárgy fő célja a preklinikai szemeszterek alatt megszerzett elméleti tudás összekapcsolása az általános orvosi gyakorlattal. Témakörei közé orvostechnikai alapismeretek, alapvető invazív és nem-invazív monitorozások, rutin orvosi és ápolási műveletek (pl. katéterek, szondák bevezetése), műfogások (pl. légútbiztosítás, hasi lavage) ismertetése és biztonságos elsajátítása tartoznak. A tananyagot – terjedelmi okokból – két részre bontottuk. A „*Gyakorlati orvosi alapismeretek*” olyan részleteket tartalmaz, amelyek elsajátítása minden általános orvos számára kötelező. A „*Haladó gyakorlati orvosi ismeretek*” célja, hogy tudásanyagot biztosítson a medicina olyan, manuális készséget („*skills*”) igénylő területeihez, melyek műveléséhez a sebészeti-tájanatómiai gondolkodásmód elengedhetetlen. Az utóbbi kurzusra jelentkező hallgatók típusos orvosi pályái a sebészet és a sebészeti alapokra építő specialitások lesznek (pl. nőgyógyászat, fül-orr-gégészet, ortopédia, urológia, aneszteziológia, sürgősségi orvoslás és intenzív terápia stb.); ezért a tananyagot a *Sebészeti műtéttan* általános fejezeteihez csatoltuk.

A kurzusok moduláris szerkezetűek, vagyis olyan curriculum elemekből állnak, melyek lehetővé teszik a tananyag folyamatos felülvizsgálatát és az új tudományos és klinikai felismerések beillesztését. A hallgatóknak minden esetben ismerniük kell az elemekhez tartozó beavatkozások kórtani hátterét, javallatait, ellenjavallatait, a lehetséges szövődeményeket, és emellett önállóan be kell mutatniuk a modulhoz kapcsolódó gyakorlati feladatokat. Egyéni visszacsatolási rendszert működtetünk, ahol a hallgatók lehetőséget kapnak a választott szakmai karrierjük szempontjából fontos feladatok elvégzésére és gyakorlati teljesítményük mérésére. A kurzusok elméleti háttere a kritikus gondolkodásmód és a képességekre alapozott klinikusi döntéshozatal erősítésére szolgál, de a súlypontot természetesen mindig a gyakorlati tudás jelenti (a gyakorlatban különösen fontos részeket  jelzéssel láttuk el).

A tananyag összeállításakor nagy hangsúlyt fektettünk az írásos szöveghez szorosan kapcsolódó elektronikus adathordozásra és az internet által biztosított lehetőségekre: a SZTE ÁOK SMI honlapján (<http://web.szote.u-szeged.hu/expur/rop/index.htm>) folyamatosan bővülő, frissülő, aktualizált szakmaspecifikus részekkel, és vizuális segéd-

anyagokkal találkozhat az olvasó. A programok jelentősen építenek az orvostechnikai alapok ismeretére, ebben a vonatkozásban kiváló tankönyvek és megfelelő segédanyagok állnak rendelkezésre (javasolt irodalom: Orvostechnikai eszközök, szerk.: Dió Mihály, Budapest, 1999 és Forgács-Nagy: Egészségügyi műszaki alapismeretek, Budapest, 1990). A szövegben csak a fontosabb vagy nehezen hozzáférhető hivatkozásokat közöljük (a források jegyzékét igény esetén az érdeklődők rendelkezésére bocsátjuk).

Az egyes fejezetek anyagának összeállításában az alábbi munkacsoportok vettek részt: Dr. Adamicza Ágnes, Dr. Boros Mihály, Dr. Jánossy Tamás, Dr. Kaszaki József, Dr. Szabó Andrea, Dr. Torday Csilla, Dr. Varga Gabriella, valamint Dr. Erős Gábor és Dr. Czóbel Miklós PhD hallgatók SZTE ÁOK SMI; Dr. Paszt Attila és Dr. Szentpáli Károly SZTE ÁOK Sebészeti Klinika; Dr. Szalay László SZTE ÁOK Szemészeti Klinika; Dr. Bella Zsolt SZTE ÁOK Fül-Orr-Gégészeti Klinika; Dr. Thoman András Semmelweis Egyetem ÁOK Urológiai Klinika; Dr. Bajory Zoltán SZTE ÁOK Urológiai Tanszék; Dr. Bodnár Zsolt Kenézy Gyula Kórház Általános Sebészeti Osztály, Debrecen. Az illusztrációk Dr. Czóbel Miklós, Dr. Szalay László és Csikszentimrei Kálmánné (SZTE ÁOK SMI) munkái.

A tananyag kidolgozásához és az oktatási infrastruktúra kialakításához jelentős segítséget kaptunk a Regionális Fejlesztés Operatív Program keretében meghirdetett ROP-3.3.1-2005-02-0001/34. sz. pályázattól, amely az Európai Unió társfinanszírozásával és az Európa Terv keretében valósult meg.

*Szeged, 2007*

# Tartalomjegyzék

Előszó .....	3
Tartalomjegyzék.....	5
<b>I. A monitorozás.....</b>	<b>9</b>
1. A monitorozás jelene .....	9
2. A monitorozás orvostechnikai alapjai.....	10
2.1. Orvostechnikai eszközök .....	10
3. Alapvető metrológia, a mérések osztályozása .....	11
3.1. Metrológiai fogalom meghatározások.....	11
3.2. A mérési hiba csökkentésének lehetőségei, gyakorlati tanácsok .....	11
3.3. A leggyakoribb mértékegységek .....	12
<b>II. Nem-invazív kardiovaszkuláris monitorozás .....</b>	<b>13</b>
1. Alap („ <i>low-tech</i> ”) monitorozás.....	13
1.1. Klinikai megfigyelések.....	13
1.2. Pulzusvizsgálat .....	13
1.3. Nem-invazív vérnyomásmérés .....	13
1.3.1. Történeti háttér.....	13
1.3.2. Mérési technikák.....	14
1.3.2.1. A higanyos nyomásmérés .....	14
1.3.2.2. A Bourdon-nyomásmérés .....	14
1.3.2.3. Az oszcillotonometria.....	14
1.3.2.4. Ultrahangos vérnyomásmérés .....	15
1.4. Manuális vérnyomásmérés a gyakorlatban.....	15
1.4.1. Az eredményt jelentősen befolyásoló tényezők .....	15
1.4.2. A mérés standard technikája.....	15
1.5. Az elektrokardiográfia .....	16
2. Fejlett („ <i>high-tech</i> ”) monitorozás .....	16
2.1. A pulzoximetria.....	16
2.1.1. Történeti háttér.....	16
2.1.2. A vér oxigénszaturációja .....	16
2.1.3. A pulzoximetria működési elve .....	17
2.1.4. A módszer korlátozó tényezői.....	17
2.2. A szervperfúzió nem-invazív monitorozása.....	17
2.2.1. Az ultrahangos Doppler-áramlásmérés .....	18
2.2.2. A lézer-Doppler-áramlásmérés .....	18
2.2.3. Echokardiográfia, transoesophagealis echokardiográfia .....	18
<b>III. A keringés invazív monitorozása .....</b>	<b>20</b>
1. Történeti háttér .....	20
2. Nyomásmérések.....	20
2.1. Az invazív nyomásmérés alapelvei .....	20
2.2. A közvetlen nyomásmérés lehetőségei.....	20
2.2.1. Extravaszkuláris szenzor .....	20
2.2.2. Intravaszkuláris szenzor.....	21
2.3. Az invazív nyomásmérések problémái.....	21

3. A véráramlás.....	21
3.1. Általános alapelvek.....	21
3.2. A véráramlás ( <i>flow</i> ) mérése .....	22
3.2.1. Az elektromágneses áramlásmérés .....	22
3.2.2. Ultrahangos áramlásmérés .....	22
3.2.3. A hígítósos véráramlásmérés .....	22
3.2.3.1. Az indikátorhígítósos módszer.....	23
3.2.3.2. Áramlásmérés termodilúcióval.....	23
3.2.4. Áramlásmérés videomikroszkóppal.....	23
4. Az invazív kardiovaszkuláris monitorozás eszközei.....	25
4.1. A centrális vénás kanül.....	25
4.1.1. A tű-kanül kombináció.....	25
4.1.2. A Seldinger-technika.....	25
4.1.3. A centrális vénás kanül indikációi .....	25
4.1.4. A centrális vénás kanül kontraindikációi.....	26
4.1.5. A centrális vénás nyomás (CVP) .....	26
4.2. Az artériás kanül.....	26
4.2.1. Általános alapelvek.....	26
4.2.2. Az artériás kanül indikációi.....	27
4.2.3. Az artériás nyomásmérés kivitelezése .....	27
4.2.4. A kisvérkőri (arteria pulmonalis) nyomás mérése .....	27
4.2.4.1. Mit mérhetünk a Swan-Ganz-katéter alkalmazásával?.....	28
4.2.4.2. Indikációk.....	28
4.2.4.3. Szövődmények.....	28
4.3. Termodilúciós perctérfogat-meghatározás a klinikai gyakorlatban .....	28
4.3.1. Pulmonális termodilúciós mérések Swan-Ganz-katéterrel (TDp) .....	28
4.3.2. Transzpulmonális termodilúciós technikák (TDa).....	29
4.3.3. A perctérfogat (CO) alapján számítható paraméterek.....	29
4.4. A szív kontraktilitása.....	29

**IV. A légzőrendszer monitorozása..... 31**

1. A légzésszám monitorozása.....	31
2. A ventiláció hatékonyságának mérése.....	31
3. A légzési gázok monitorozása .....	31
3.1. Kolorimetria .....	31
3.2. Infravörös abszorpciós fotometria. Kapnográfia és kapnometria .....	31
3.2.1. A kapnográfok alaptípusai.....	32
3.2.3. SBCO <sub>2</sub> -hullám .....	32
3.3. A kapnográfia alkalmazása.....	33
4. Az endotrachealis intubáció.....	34
4.1. Szabad légutak biztosítása.....	34
4.2. Az endotrachealis intubáció előnyei az extratrachealis módszerekkel szemben.....	34
4.3. A légúti intubáció biztonságos elvégzéséhez szükséges felszerelések .....	34
4.4. A légúti intubáció technikai kivitelezése.....	34
4.5. Tubusok.....	36
4.6. A nasotrachealis intubáció .....	37
4.7. Intubálás éber állapotban .....	37
4.8. Vak nasotrachealis intubáció .....	37
4.9. Leszívás .....	37
4.10. Nehézségek és akadályok .....	37
4.11. Szövődmények .....	37
4.12. Csecsemők intubálása.....	38

<b>V. Az oxigenizáció monitorozása.....</b>	<b>39</b>
1. Történeti háttér .....	39
2. Általános alapelvek.....	39
3. Hipoxémia.....	39
3.1. A hipoxia etiológiája.....	40
3.1.1. A külső légzés zavara .....	40
3.1.2. Elégtelen oxigéntranszport.....	40
3.1.3. Elégtelen belső légzés.....	40
3.2. Az oxigénszállítás és oxigénfelhasználás jellemzése.....	41
3.3. Oxigéndinamika.....	42
3.4. Az oxigénterápia .....	42
4. A hipoxia monitorozása.....	42
4.1. „Low-tech” monitorozás: laboratóriumi-biokémiai vizsgálatok .....	42
4.2. „High-tech” monitorok – nem-invazív vérgázmérések.....	42
4.2.1. Történeti háttér .....	42
4.2.2. Az oxigén- és széndioxidnyomás transzkután meghatározása .....	43
4.2.3. Szubkután Clark-elektrod .....	43
4.2.4. Száloptikás arteria pulmonalis katéter.....	44
4.2.5. Infravörös-közeli spektroszkópia (NIRS).....	44
4.2.6. Intravitális videomikroszkópia .....	45
4.2.7. Indirekt tonometria .....	45
5. Hipoxia általános keringési zavarokban. A sav-bázis egyensúly közvetlen monitorozása .....	45
5.1. Alapelvek.....	45
5.2. A vérgázanalízis.....	45
5.3. Alapvető sav-bázis paraméterek.....	46
5.4. Mintavétel.....	46
5.5. A sav-bázis eltérések leggyakoribb okai a sebészeti szakterületeken.....	47
5.6. Hipoxémia és hiperkapnia .....	47
5.7. A sav-bázis egyensúly endogén helyreállítása.....	48
5.8. Vérgázértékek kiértékelési algoritmus.....	48
<b>VI. A testhőmérséklet monitorozása .....</b>	<b>49</b>
1. Általános elvek .....	49
2. A hőmérsékletmérés klinikai jelentősége .....	49
3. A mérés gyakori helyei.....	49
4. A testhőmérséklet mérése.....	49
4.1. Mechanikus eszközök.....	49
4.2. Elektronikus hőmérsékletmérés.....	49
<b>VII. A központi idegrendszer monitorozása .....</b>	<b>51</b>
<b>VIII. A gasztrointesztinális rendszer monitorozása .....</b>	<b>53</b>
1. A gyomor- / vékonybél- / szigmbél-nyálkahártya pH-jának indirekt meghatározása.....	51
1.1. A PgCO <sub>2</sub> monitorozásának előnyei .....	51
1.2. A PgCO <sub>2</sub> minimálisan invazív meghatározása tonométerrel .....	51
1.3. Gyomortonometria .....	51
2. Hasüregi nyomásmérés.....	53
3. A tápláltsági állapot monitorozása.....	53
3.1. Az alapanyagcsere mérése .....	53
3.2. A perioperatív táplálás.....	53
3.3. A kóros tápláltsági állapot felmérése.....	54
3.4. A mesterséges táplálás indikációi .....	55
3.5. A mesterséges táplálás kulcsszavai .....	55
3.5.1. Az enterális táplálás .....	55
3.5.1.1. Szondatáplálás.....	55
3.5.1.2. Szövődmények.....	56
3.5.1.3. Az enterális táplálás technikája.....	56

4. A nasogasztrikus szondáról részletesen .....	56
4.1. A szonda levezetéséhez szükséges eszközök .....	56
4.2. A nasogasztrikus tápszonda levezetésének technikája.....	56
4.3. Javallatok .....	57
4.4. A szondák jellegzetességei .....	57
4.5. Sürgősségi szondalevezetés.....	58
5. A gasztrális táplálás .....	59
5.1. A gasztrosztóma történeti háttere.....	59
5.2. A gasztrosztóma típusai .....	59
5.2.1. PEG.....	59
6. Az intesztinális táplálás .....	60
6.1. Módszerei.....	60
6.1.1. Nazojejunális szonda vékonybélbe való bevezetése .....	60
6.1.2. Enterális táplálás műtétileg készített jejunostomán keresztül .....	60
6.1.3. A tú-katéter-jejunosztómia.....	60
6.1.4. PEG-jejunosztómia .....	60
6.2. A táplálás adagolása.....	61
7. A szondatáplálás.....	61
7.1. Formulák.....	61
7.2. Módszerek.....	61
7.3. A szondatáplálás abszolút és relatív ellenjavallatai.....	61
7.4. Szövődmények.....	61
8. Parenterális táplálás.....	62
8.1. A parenterális táplálás technikai lehetőségei .....	62
8.1.1. Perifériás parenterális táplálás.....	62
8.1.2. Centrális parenterális táplálás.....	62
8.2. A parenterális táplálás típusai.....	62
8.2.1. A hipokalorikus táplálás .....	62
8.2.2. Izokalorikus táplálás .....	62
8.2.3. Aminosavak.....	62
8.2.4. Zsíremulziók.....	63
8.3. A parenterális táplálás szövődményei.....	63
9. A posztgressziós szindróma .....	63
10. Beöntés és hashajtás.....	63

**IX. A kiválasztás monitorozása. A húgyhólyag katéterezése.....64**

1. Elméleti háttér .....	64
2. A katéterezés általános szabályai.....	64
3. A katéterekről általában.....	64
3.1. Puha katéterek.....	64
3.2. Félmerev katéterek .....	65
3.3. Merev katéterek .....	65
4. A katéterezés technikája .....	65
4.1. A katéterezéshez szükséges eszközök.....	65
4.2. Nő katéterezése.....	65
4.3. Férfi katéterezése .....	66
4.4. Tanácsok, megjegyzések .....	66
4.5. A katéteres vizelet gyűjtése .....	66
5. Tartós katéterezés.....	66
6. Egyéb katéterezési lehetőségek .....	66

**X. Függelék.....68**

1. Idegen nyelvű kifejezések és idézetek .....	68
2. Az angol rövidítések jegyzéke.....	68



# I. A monitorozás

*"I would like to see the day when somebody would be appointed surgeon somewhere who had no hands, for the operative part is the least part of the work"*  
(Harvey Cushing, 1911)<sup>1</sup>

*Definíciója* szerint a monitorozás valamilyen objektum, vagy élőlény kiválasztott sajátságainak, állandó helyen, standardizált módszerekkel történő, állandó, vagy meghatározott időközönként ismételt megfigyelése. Az orvostudományra vonatkoztatható meghatározás szerint a rendelkezésünkre álló összes klinikai adat kiértékelését jelenti, az emberi szervezetben fellépő, vagy a jövőben várható működési zavarok és rendszerhibák időbeli felismerése érdekében.

Az orvosi monitorozás „atyja” valószínűleg Harvey Cushing (1869–1939), a Harvard Medical School idegsebész professzora, aki elsőként készített altatási jegyzőkönyvet, műtétei közben folyamatosan mérte és feljegyezte betegei vérnyomását és szívfrekvenciáját, és összefüggéseket keresett az életjelek változásai és a sebészeti beavatkozások között (többek között így ismerte fel, hogy a fokozódó intracranialis nyomás hipertenzióhoz és bradycardiához vezet).

A monitorozási folyamat részei a megfigyelések (pl. pupillák, bőrszín), a mérések (élettani változók, pl. vérnyomás, szívfrekvencia meghatározása) és a diagnosztikusok (pl. hipotenzio észlelése esetén diagnosztikai feladatot jelent a sokkos keringési reakció megállapítása). Fontos, néha életfontos kérdés, hogy *milyen* az adatok típusa és minősége, és *mennyit* sikerül belőlük összegyűjteni e folyamat során.

Az *ideális* klinikai monitor megbízható, alkalmazásának nincsenek szövődményei, klinikailag bizonyítottan hasznos, azaz fontos információt ad, és nem lehet beszerezhetetlenül drága. Ha valamelyik kritériumnak nem felel meg, a monitor idővel „kimúlhat”, mint pl. a ballisztokardiográfia és a vektorkardiográfia, a szisztolés időintervallum-mérés vagy a klasszikus elektroencefalográfia (EEG) és a videosztetoszkóp.



Több funkció egy készülékbe történő integrálásakor egészségmonitorozó készülékekről beszélünk. Számos ilyen eszköz a kórházakon kívül is használható (pl. otthoni ápolás, *homecare* eszközei), a mért adatok továbbíthatóak, szükség esetén egy *interface* riasztja az orvost, hozzátartozót. Az ilyen monitor előnye az állandó megfigyelés lehetősége mellett, hogy biztonságérzetet ad, és pontosabb, korai diagnózist tesz lehetővé, pl. kardiovaszkuláris betegségek esetén.

Az egyes szervek, szervrendszerek esetében egymás mellett léteznek az alap, vagy „*low-tech*” monitorozási (pl. manuális vérnyomásmérés, pulzusvizsgálat, szív- és légzési hangok megfigyelése), és a fejlett technikát feltételező („*high-tech*”) monitorozási lehetőségek (pl. Swan-Ganz-katéter, transoesophagealis echokardiográfia, intracranialis nyomás monitorozása, idegrendszeri kiváltott válaszok). A vitális jeleket, szerv- és rendszerfunkciókat általában invazív és nem-invazív módon is megfigyelhetjük (pl. a vér oxigén-szintje, pulzus, vérnyomás stb.).

Minden fejlett monitorozás fizikai, technikai alapja a változások (elektromos) jellel alakítása, melynek alapvető sorrendje a jelérzékelés → jelátalakítás → erősítés és zavaraszűrés → adatkijelzés (analog, digitális) → adatfeldolgozás (riasztás) → adattárolás.

Fel kell itt hívni a figyelmet, hogy a legtöbb modern monitor szoftvereket alkalmaz, melyek gyakran különféle – nemegyszer életveszélyes – „üzemzavarok” forrásai lehetnek. Ezeket csakis a rendszer működésének ismerete alapján lehet – és kell – megakadályozni.

Végül fogalmi szempontból is fontos lehet a (vitális) jelek és tünetek elkülönítése. A jel – *definíciója* szerint a beteg állapotát jelző objektív mutató, amit a vizsgáló megfigyelhet és megmérhet, vagyis független megfigyelő által látható, hallható, érezhető. A tünet vagy szimptóma a beteg állapotát jellemző szubjektív mutató, amit független megfigyelő nem tud megerősíteni, de a beteg érzi, beszámol róla (a vérzés tehát valaminek a jele, melynek tünete lehet a szédülés).

## 1. A monitorozás jelene

- Minden orvosi szakmai társaság standardizált alapszabályokat (*guidelines*) fektet le, ezek a legtöbb szakterületre vonatkozóan tartalmazzák a vonatkozó monitorozási szabályokat is. A Magyar Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Társaság például már 1994-ben kidolgozta az intenzív terápia, ill. az anesztézia minimális monitorozási feltételeit (pl. kötelező folyamatos EKG-regisztrálás, vérnyomásmérés, pulzoximetria és kapnográfia általános érzés-

<sup>1</sup> Az idegen nyelvű szövegek fordítását és a rövidítések jegyzékét ld. a X. fejezetben.

telenítésben végzett műtétek során vagy pl. minimálisan megkívánt monitorfelszerelés egy-egy intenzív terápiás ágy mellett), melyek átdolgozva legutóbb 2004-ben emelkedtek rendeleti szintre. (*Egészségügyi Közlöny 16/2004. ESzCsM rendelet*)

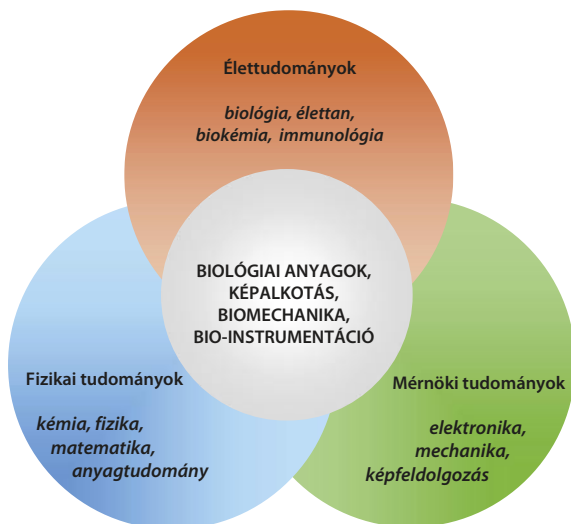
Az intenzív terápiás monitorozásra vonatkozó európai standardokat az ESICM (Európai Intenzív Terápiás Társaság) „Recommendations on Optimal Requirements for Intensive Care Departments” címmel (*Intensive Care Med 23:226-32, 1997*) tette közzé. Az ASA (Amerikai Aneszteziológus Társaság) is előírja, hogy minden műtéti beavatkozáshoz szükséges nem-invazív és/vagy invazív vérnyomásmérési lehetőség, EKG, capnographia (amennyiben endotrachealis tubus, vagy laringeális maszk alkalmazására kerül sor), pulzoximéter, megfelelő világítás, hőmérsékletmérő eszköz stb.

- Integrált monitorok, betegőrző készülékek (nyomások és testhő stb. együttes ellenőrzése) egyre kiterjedtebb alkalmazása.
- Speciális célú, szervspecifikus monitorok (pl. gasztrointesztinális tonometria) elterjedése.

A monitorok használata nem mindig egyszerű, gondok sora (megbízhatóság kérdése, műtermékek, bonyolultság) jelentkezik működtetésük közben. Ugyanakkor számos klinikai eltérés csakis fejlett monitorozással észlelhető időben (pl. hipoxia, lélegeztetési szövődmények, oesophagusba történő intubáció, gyógyszer-túladagolások).

## 2. A monitorozás orvostechnikai alapjai

Az orvostechnika (amit részben átfed a *bioengineering*) olyan határterületi, interdiszciplináris tudomány, amely az orvostudomány által felvetett információszerzési, mérési és gyógyászati problémákat a műszaki tudományok



elvei, módszerei és készülékei segítségével oldja meg. Fő célja, hogy minél több és minél objektívabb információ álljon rendelkezésre az élő szervezetről, és ezek birtokában olyan eszközök, készülékek eljárások szülessenek, amelyek elősegítik a gyógyítás folyamatát. Jellegzetességei a határterületi gondolkodásmódból adódnak, az orvosi és műszaki tudományok elveit és módszereit alapvetően gyakorlati jelleggel alkalmazza, hiszen az orvostudomány által felvetett problémákat eredményesen kell megoldani.

### 2.1. Orvostechnikai eszközök

Az orvostechnikai eszközök definíciója a 47/1999. (X. 6.) Egészségügyi Minisztériumi rendelet alapján a következő:

- „minden olyan, akár önállóan, akár más termékkel együttesen használt készülék, berendezés, anyag vagy más termék – ideértve a megfelelő működéshez szükséges szoftvert, valamint a rendelésre készült, továbbá a klinikai vizsgálatra szánt eszközt is, amely a gyártó meghatározása szerint emberen történő alkalmazásra szolgál;
  - betegség megelőzése, diagnosztizálása, megfigyelése, kezelése vagy a betegség tüneteinek enyhítése,
  - sérülés vagy fogyatékosság diagnosztizálása, megfigyelése, kezelése, tüneteinek enyhítése vagy kompenzálása,
  - az anatómiai felépítés vagy valamely fiziológiai folyamat vizsgálata, pótlása vagy módosítása,
  - fogamzásszabályozás céljából,
- és amely rendeltetésszerű hatását az emberi szervezetben vagy szervezetre elsősorban nem farmakológiai, immunológiai vagy metabolikus módon fejti ki, de működése ilyen módon elősegíthető”.

Az orvostechnikai eszközök csoportját az alkalmazás célja szerint klinikai terápiás készülékekre és a klinikai megfigyelést, valamint a betegápolást segítő eszközökre oszthatjuk. A terápiás készülékeket a kezelni kívánt szervek vagy funkciók alapján csoportosíthatjuk:

- keringés (elektroterápia, defibrillátorok, szívritmus-szabályozók);
- légzés (lélegeztetők);
- idegrendszer (érzéstelenítés, altatógépek);
- az invazivitás biztosítása (szívókészülékek, sebészeti kézieszközök, sterilizátorok, műtőasztalok);
- általános funkció fenntartása (inkubátorok).

A mérőkészülékek (betegmegfigyelő eszközök) fontosabb csoportjai:

- a keringési állapot mérőkészülékei (pl. vérnyomásmérők, a szív akciós feszültségének mérési módszerei, a szívfrekvencia és pulzusszám mérése, a szívhangok regisztrálásának módszerei stb.);
- légzésvizsgáló készülékek;
- intenzív őrzés, betegmegfigyelő készülékek;
- hőmérsékletmérő készülékek stb.

Az orvostechnikai eszközöket többféle további szempont alapján is csoportosíthatjuk, ezek közül a „hivatalos” és leginkább elfogadott a kockázati osztályok alapján történő besorolás:

#### I. osztály

Alacsony kockázati fokozatú eszközök, amelyek rendeltetésszerű alkalmazás esetén semmiféle látható megbetegedést vagy sérülést nem tudnak okozni (pl. betegágyak, betegemelő, vizsgálólámpák, újrahasználatos sebészeti kézieszközök – pl. fogók, csipeszek –, sztetoszkóp, fonendoszkóp stb.)

#### IIa. osztály

Aktív diagnosztikai és terápiás eszközök, amelyek nem tekinthetők potenciálisan veszélyesnek (EKG, EEG, MRI, diagnosztikus UH berendezések; rövid invazív/noninvazív használatra szánt sebészeti eszközök – pl. tűk, sebészeti kesztyű, törölő, egyszer használatos szike, fogtömő anyagok stb.)

#### IIb. osztály

Potenciálisan veszélyes aktív diagnosztikai és terápiás eszközök (pl. intenzív betegőrző monitorok, vérgáz-analizátorok, hagyományos röntgenkészülékek, inkubátorok, nagyfrekvenciás sebészeti vágókészülékek, infúziós pumpák, altató-lélegeztető gépek, implantátumok az ortopédiában, fogászatban, szemészetben, kardiovaszkuláris területen, a plasztikai sebészetben stb.)

#### III. osztály

Nagy rizikójú, többnyire sebészeti invazív, ill. beültethető nem-aktív eszközök (kardiovaszkuláris katéterek, agyi kérgi elektródok, mesterséges szívbillentyűk stb.)

## 3. Alapvető metrológia, a mérések osztályozása

*Definíció* szerint a mérés valamilyen mennyiség meghatározása céljából alkalmazott művelet; számok hozzárendelése fizikai sajátságokhoz. Módszerei alapján lehet *kvalitatív*, vagyis nem numerikus, hanem (szavakkal) leíró, melynek két fő típusa a *nominális* (itt nincs sorrend, vagy rendezettség, pl. egy bevásárlási lista esetén) és az *ordinális* mérés (ekkor sorrend lehetséges, de az adatok közötti különbségtétel értelmetlen, pl. ABC sorrend).

*Kvantitatív* mérés (számsor) esetén elkülöníthetünk *intervallumot* (az összehasonlítás itt is értelmetlen, pl. egy naptár esetében) és *viszonyt*, vagy *arányt* (amikor természetes vagy mesterséges, rögzített nullponthoz viszonyítunk, pl. tömeg, nyomás, hőmérséklet mérések).

A *közvetlen* (direkt) mérés kalibrált standarddal történő összehasonlítást jelent (pl. testmagasság mérése mérőrúddal); a *közvetett* (indirekt) mérés csak direkt

mérési eredménnyel összehasonlítva alkalmazható, jellemzően akkor alkalmazzuk, ha a közvetlen adatgyűjtés veszélyes vagy nehéz (pl. katéteres vérnyomásmérés transducerrel vs. Korotkov hangok; agyi elektromos aktivitás közvetlen mérése elektródák implantációjával vs. mágnesesrezonancia-vizsgálat, MRI). *Null-mérés*kor ismeretlen tulajdonságot hasonlítunk össze kalibrált viszonyítási rendszerben, a különbség teljes megszűnéséig változtatva a rendszer tulajdonságait (pl. elektromos potenciométer Wheatstone-híd).

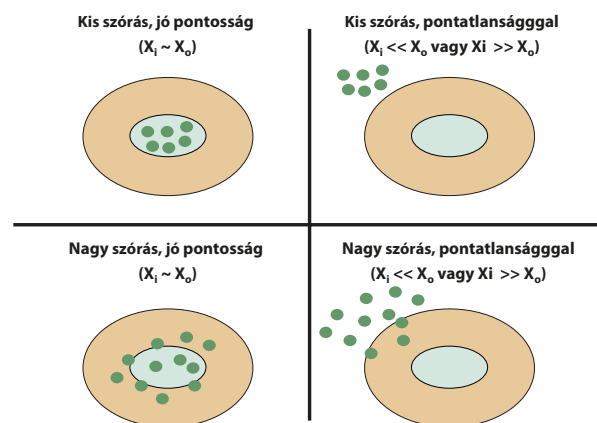
### 3.1. Metrológiai fogalom meghatározások

*Mérési pontosság*: egy mennyiség mért értéke és valódi értéke közötti egyezés szorossága.

*Megismételhetőség*: ha egy mennyiség mérését azonos körülmények mellett megismételjük, az eredményül kapott mért értékek közötti egyezés szorossága.

*Reprodukálhatóság*: ha egy mennyiség mérését változó körülmények mellett megismételjük, az eredményül kapott mért értékek közötti egyezés szorossága.

*Mérési hiba*: a mért érték és a valódi érték különbsége.



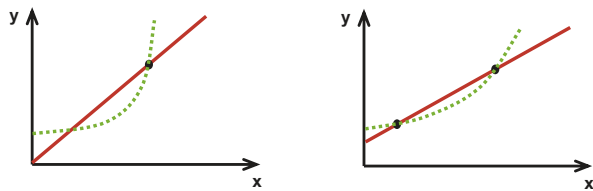
### 3.2. A mérési hiba csökkentésének lehetőségei, gyakorlati tanácsok



- Minden mérést (lehetőleg) meg kell ismételni (pl. centrális vénás nyomás mérése).
- A mérést (lehetőleg többször) meg kell ismételni más helyen, más testrészen, vagy a mérőeszköz más részeivel (pl. Bürker-kamra, számítógépes képanalízis esetén).

## I. A MONITOROZÁS

- A mérési eredményt célszerű összehasonlítani egy másik műszerrel kapott értékkel.
- A kalibráció (és a kalibrációs mérések száma!) döntő jelentőségű.



(a) A nem lineáris összefüggést az egyponthoz kalibráció biztosan nem ismeri fel, és a kétpontos kalibráció sem mindig ad egyértelmű eredményt.

(b) A kétpontos kalibráció sem mindig ismeri fel a nem-linearitást (!)

### 3.3. A leggyakoribb mértékegységek

Rendszer	Távolság	Erő	Tömeg	Idő	Nyomás
SI (Magyarországon 1980 óta)*	m	Newton	Kg	s	$\text{N/m}^2 = \text{Pascal (Pa)}$
CGS**	cm	Dyn	G	s	$\text{dyn/cm}^2$
Angol***	Inch	Pound	Slug	sec	PSI (pound-square-inch)

\* SI = *Système International d'Unités*, a 11. General Conference on Weights and Measures (1960) alapján. MKS (metrikus) rendszer = méter, kilogramm, secundum;

\*\* CGS rendszer = centiméter, gramm, secundum;

\*\*\* Részletesen lásd a British Weights and Measures Association honlapján (<http://www.footrule.org/>) ahol a mottó: "welcome to the world of real measurement" (!). Az inch meghatározása: "the length of three barleycorns placed end to end"; a pound a latin *pondus* (súly) szóból származik, melynek rövidítése *lb* (a római *libra* súlymértékből, melynek eredete a latin *librare* – mérni valamit); 1 slug = (1 pound erő) / (1 láb/s<sup>2</sup> gyorsulás).

## II. Nem-invazív kardiovaszkuláris monitorozás

„...Akár a bórszint vizsgálod, akár a vizelet jellemzőit fűrkészed, akár pedig az érverés összhangjára figyelsz – be kell látnunk: ...mintha csak egyenest arra törekednének, hogy ellenségüket, az orvost becsapják és félrevezessék!”

(Erasmus Roterodamus:

Az orvostudomány dicsérete, 1518)

A nem-invazív monitorozási eljárások és eszközök nem járnak a mucosa vagy a bőr sérülésével vagy folytonossági hiányával. A keringési rendszer nem-invazív monitorozása indokolt valamennyi kóros állapotban és számos fiziológiás, de nem mindennapi élethelyzetben is (pl. szülés, sport). Gyakorlatilag nincs kontraindikációja.

### 1. Alap („low-tech”) monitorozás

Az eljárások *előnye*, hogy nem igényelnek bonyolult műszereket, súlyosabb szövödmények sem léphetnek fel. *Korlátozó tényező*, hogy súlyos állapotokban az adatok megbízhatósága kérdéses (pl. pulzus-oximetria, nem-invazív vérnyomásmérés), bonyolultabb adatgyűjtésre (pl. perctérfigatmérés) a módszerek általában nem alkalmasak.

#### 1.1. Klinikai megfigyelések

- Az általános állapot változása
- A mentális státus változása (agyi perfúziózavarra utalhat)
- A légzésszám és a légzési típus változásai
- A kapilláristelődés és egyéb perifériás keringési jelek megfigyelése

#### 1.2. Pulzusvizsgálat



Évszázadok óta alkalmazzák, sokáig az orvostudomány egyetlen objektív diagnosztikus segítsége volt. A vizsgálathoz nincs szükség műszerekre, minden betegnél alkalmazható. A pulzusszám (szívfrekvencia) monitorozható:

- Tapintással:
  - az a. radialison
  - az a. carotison
  - az a. temporalison
  - az a. dorsalis pedisen

*Korlátok:* nem specifikus, az *inter-* és *intra-observer* variáció nagy, az eredmények helyes értelmezéséhez jelentős klinikai gyakorlat szükséges. *Jelenlegi helye* a diagnosztikus repertoárban: az állapot kezdeti megítélése; perifériás érbetegség diagnosztikája; érműtétet követő ellenőrzések.

- EKG monitorral (ld. később);
- Artériás nyomásgörbe segítségével (ld. később);
- Ujj-fotopletizmográfiával. Az eljárás alapja, hogy a fény át tud jutni a kapilláris hálózaton. Az artériás pulzáció módosítja a szövetek térfogatát, s mindez befolyásolja a fény abszorpció, visszaverődési és szóródási tulajdonságait. *Előnye:* egyszerű, a szívfrekvencia idejét jól mutatja. *Hátránya:* érzékeny a beteg mozgására, a fényforrás hője vazodilatációt okozhat, ami befolyásolja a méréseket (részletesen ld. később).

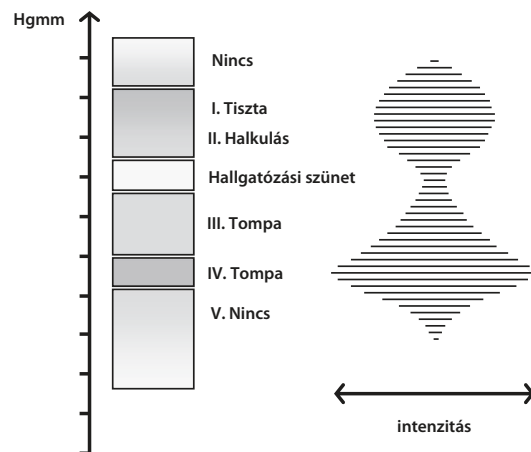
### 1.3. Nem-invazív vérnyomásmérés

A vérnyomásmérés a keringési állapot megismerésének egyik alapfeltétele. Közvetlen (direkt, invazív) vagy indirekt (közvetett, nem-invazív) módon történhet.

#### 1.3.1. Történeti háttér

**1896** Scipione Riva-Rocci (1863–1937) olasz orvos (az RR rövidítés Riva-Rocci-ra utal) higanyos szfigmomanométert alkalmazott, mely csak a szisztolés nyomás regisztrálására volt alkalmas (a pulzus eltűnésekor mért érték megegyezett a teljesen összenyomott artéria nyomásával).

**1905** Nyikolaj S. Korotkov (1874–1920) orosz katoniorvos elsőként írta le az elzárt artéria megnyílását követő jellegzetes hangokat (ezáltal a diasztolés nyomás is mérhető); az indirekt nyomásmérést jelenlegi formájában alkalmaz-

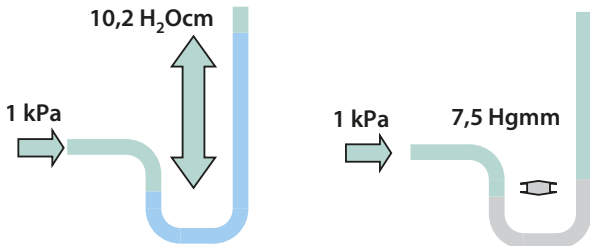


A Korotkov (Korotkoff) hangok profilja

## II. NEM-INVÁZÍV KARDIOVASZKULÁRIS MONITOROZÁS

hatta az orvostudomány. Korotkov megállapítása szerint a zavart artériás véráramlás miatt kialakuló hangok összefüggnek a szisztolés és diasztolés nyomással.

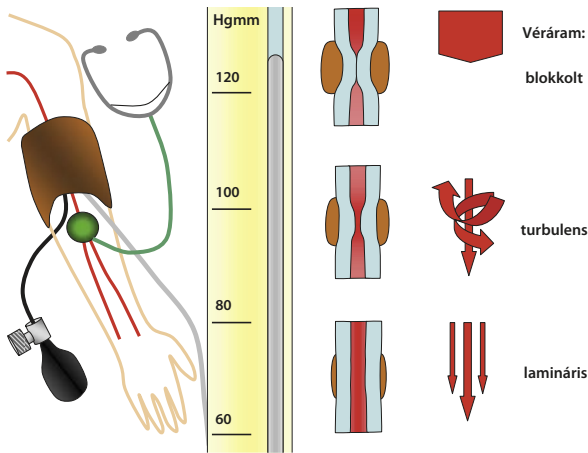
### 1.3.2. Mérési technikák



A higanyos vérnyomásmérés fizikai alapja

Az indirekt nyomásmérés standard technikája a manuális higanyos, vagy aneroid nyomásmérés és az oscillogonometria ('elektromos' vérnyomásmérő). Meg kell említeni ezek mellett az ultrahangos mérési technikát is.

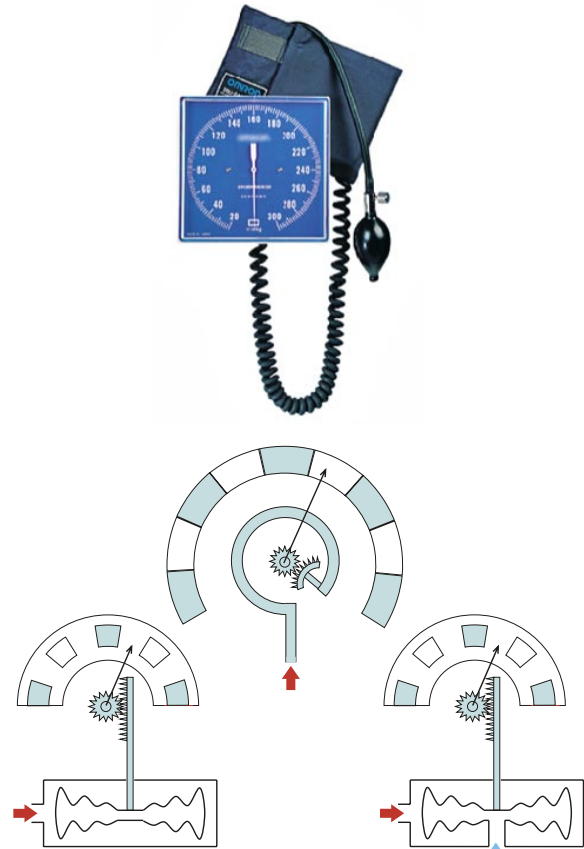
#### 1.3.2.1. A higanyos nyomásmérés



A higanyos vérnyomásmérés alapelve

#### 1.3.2.2. A Bourdon-nyomásmérés

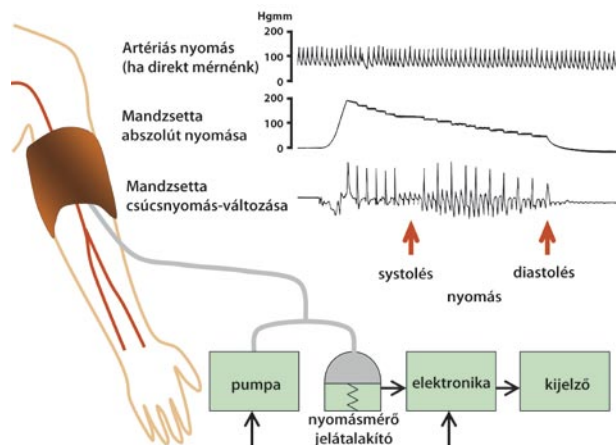
Az angolszász területen alkalmazott aneroid technika alapja: a mandzsetta nyomásváltozásával arányosan egy belső fémhenger (*bellows*) összenyomódik vagy kitágul, s ezt a mozgást egy tű és egy skála teszi láthatóvá. A mérés pontossága még akkor is bizonytalan, ha a mandzsetta felhelyezésekor le van eresztve és a műszer zérót (0) mutat. Az eszköz kalibrációját rendszeresen el kell végezni egy Y csatlakozó és higanyos manométer alkalmazásával.



A Bourdon-nyomásmérés Eugène Bourdon (1808–1884), francia mérnök találmánya

#### 1.3.2.3. Az oscillogonometria

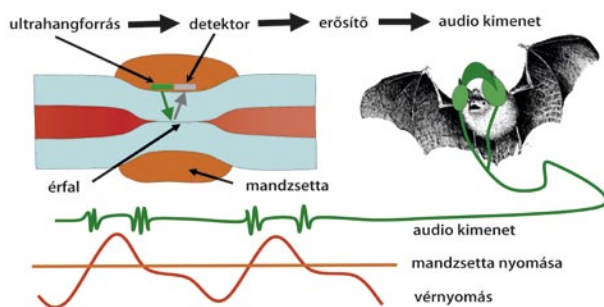
Oscillogonometria esetén a középnyomás korrelál leginkább a más módszerekkel mért értékekkel (ez a leginkább reprodukálható paraméter). A mandzsetta alatt petechiák, bevézések keletkezhetnek. Pontatlan és megbízhatatlan perifériás keringési zavarban (pl. sokkos betegnél) és aritmia esetén (a mérési algoritmus szabályos pulzust feltételez, így szabálytalan szívfrekvencia esetén az adatok nem megbízhatóak).



Az oscillogonometria alapelve

### 1.3.2.4. Ultrahangos vérnyomásmérés

Az eszköz olyan érzékelőket alkalmaz, amelyekkel az érfa mozgása detektálható. Az adó- és a vevőkristályt az ér fölé, a bőrre helyezik, majd a két kristályra teszik rá a felfújható mandzsettát. Az ultrahangos hullám az ér falára és a vérre van fókuszálva. Mivel az érfa mozog, az érzékelt ultrahang frekvenciája eltolódik a kibocsátott ultrahang frekvenciájához képest. A frekvenciaeltolódás mértéke arányos az érfa mozgási sebességével és a véráramlás sebességével. Ha a mandzsettában lévő nyomás a diasztolés vérnyomásnál nagyobb és a szisztolés vérnyomásnál kisebb, akkor egy szív ciklus alatt az ér bezáródik, majd kinyílik. Ezt a bezáródást és kinyílást lehet detektálni a mért ultrahangos jelben.



Amint a mandzsettában lévő nyomást tovább növeljük, úgy közeledik egymáshoz a szív cikluson belüli bezáródás és kinyílás jele egészen addig, míg össze nem érnek. Ekkor a mandzsettában lévő nyomás a szisztolés vérnyomással egyezik meg. Hasonlóan, a mandzsettában lévő nyomást csökkentve az ér kinyílása és a következő szív ciklusban történő bezáródása közeledik egymáshoz egészen addig, amíg össze nem érnek. Ekkor a mandzsettában lévő nyomás a diasztolés vérnyomásnak felel meg. **Előnye**, hogy használható csecsemők és alacsony vérnyomású betegek esetén, ill. nagyon zajos környezetben is, és akár a teljes artériás pulzálás hullámképe előállítható vele. A vérnyomásmérést akár az EKG-hez szinkronizálva is elvégezhetik. **Hátránya**: a mérés közbeni mozgás megváltoztatja az ultrahang terjedési irányát az értékelt és az ér között, így hamis értéket kaphatunk.

### 1.4. Manuális vérnyomásmérés a gyakorlatban



A diasztolés nyomásmérésre az V. Korotkov hang használata ajánlott, mivel az *inter-observer* variáció kisebb és alkalmazása a legtöbb orvos számára könnyebb (a IV. Korotkov hang átlagosan 8 Hgmm-rel, az V. Korotkov hang átlagosan 2 Hgmm-rel magasabb az invazív úton mért diasztolés nyomásnál).

### 1.4.1. Az eredményt jelentősen befolyásoló tényezők

- Kávéfogyasztás a mérés előtt 1 órán belül
- Dohányzás 15–30 perccel mérés előtt
- Adrenerg stimulánsok (pl. fenilefrin, orr-spray, szemcseppek) használata
- Feszülő hólyag, belek
- Környezeti hőmérséklet
- Szoros ruházat a felkaron és az alkaron, ahol a mérés történik
- Heveny izgalom, szorongás, fájdalom

### 1.4.2. A mérés standard technikája



- Higanyos, kalibrált aneroid vagy elektromos mérőeszközt használhatunk. Az aneroid eszközöket minden 6–12 hónapban kalibrálni kell, az oszcillotometria (automata, elektromos módszer) megbízhatósága ma még kérdéses.
- A kezelést befolyásoló döntéseket megelőző és ellenőrző mérések esetén mindig azonos, lehetőleg ülő testhelyzetet alkalmazzunk. Háttámlás szék és nyugodt körülmények biztosítása szükséges legalább 5 percig. A lábak legyenek a földön, ne keresztezzék egymást. Az álló helyzetben 1–5 perces állás után mért vérnyomás az ortosztatikus hipotenzió kizárására alkalmas (65 évnél idősebb, diabéteszes, ill. antihipertenzív kezelés alatt álló betegeknél, vagy ha a beteg panaszai alapján felmerül a hipotenzió lehetősége).
- A kart alá kell támasztani, a mandzsetta lehetőleg a szív szintjében legyen (a nyomás arányos a magassággal:  $\Delta p = \rho g \Delta h$ ). A manométer talpa vízszintesen, skálája szemmagasságban legyen. A beteg lehetőleg ne lássa a mért értéket.
- A fonendoszkópot az a. brachialis fölé helyezzük. A hallgatózási szünet kizárása céljából gyorsan 20–30 Hgmm-rel az a. radialis pulzus fölé kell emelni a mandzsettanyomást.
- A nyomáscsökkentés üteme 2 Hgmm/sec. Az I. hang megjelenése (I. Korotkov) jelzi a szisztolés nyomást, ennek az értékét rögzíteni kell.
- A további nyomáscsökkentés üteme 2 Hgmm/ütés, a hang eltűnése (V. Korotkov) megegyezik a diasztolés nyomással. Az értéket rögzíteni kell, majd ismételt vérnyomásmérés ajánlott 1 perc múlva.
- Az első vizsgálat alkalmából mindkét karon meg kell mérni a nyomást, majd ezután azon, amelyen magasabb értékeket találtunk. A mérési pontosság fokozható két, egymást követő méréssel azon az oldalon, amelyen a nyomás magasabb volt.
- A vérnyomással párhuzamosan mindig meg kell mérni a szívfrekvenciát, az adatokat rögzíteni kell.

- A pulzusnyomás (PP) a szisztolés és a diasztolés nyomás különbsége (a nyomáshullám amplitúdójának mérése). Az 1980-as évek óta ismert a diasztolés nyomás és a kardiovaszkuláris betegségek kockázata közötti fordított összefüggés. A hipertónia (és a vele összefüggő betegségek) súlyosságának megítélésében a diasztolés nyomás diagnosztikus szerepe minden tankönyvben hangsúlyosan szerepel, de a diasztolés nyomást csak a pulzusnyomással összefüggésben lehet helyesen értelmezni: magasabb pulzusnyomás magasabb kardiovaszkuláris kockázatot jelent.
- A mandzsetta mérete döntően befolyásolja az eredményeket.

Kar körfogat (cm)	Mandzsetta (cm)
18 – 26	9 × 18 (gyermek)
26 – 33	12 × 23 (standard felnőtt)
33 – 41	15 × 33 (nagy, túlsúlyos)
> 41	18 × 36 (XXL)

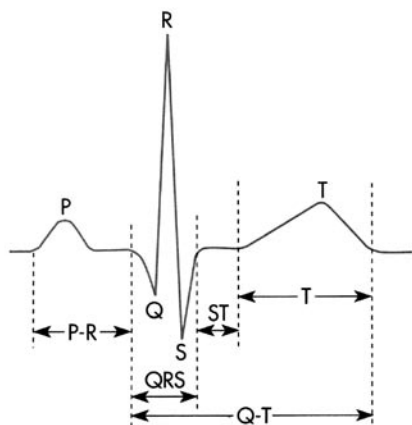
### 1.5. Az elektrokardiográfia

Alkalmazásának legfontosabb *indikációs területei*:

1. Szívműködési rendellenességek felismerése: ritmuszavarok, a miokardium elváltozásai (pl. hipertrófia, hipoxia, szívizomelhalás);
2. A szívizommal nem közvetlenül összefüggő elváltozások felismerése (pl. elektrolitzavarok, gyógyszerek szívre gyakorolt hatása).

A módszer *korlátai*:

1. a standard elvezetés nem mindig deríti ki a szívizom isémiát (a rossz felhelyezés gyakori);
2. gyenge korreláció a vérnyomással és a perctérfigattal;
3. az elektromos artefaktumok gyakoriak (részletesen ld. kórélettan, belgyógyászat, kardiológia).



## 2. Fejlett („high-tech”) monitorozás

### 2.1. A pulzoximetria



Az oximetria a spektroszkópia elvein alapuló, a vér oxigéntelítettségének mérésével foglalkozó tudományág (a spektroszkópia az elektromágneses színek és egyéb sugárzások spektrumának elemzésével foglalkozik). Az oximetria hullámhossztartománya a vöröstől a NIR (közel infravörös, *Near Infra Red*) tartományig (650 nm – 950 nm) terjed.

A pulzus-oximetria vagy röviden pulzoximetria a hagyományos optikai oximetria és a pletizmográfia elveinek együttes alkalmazásán alapul. Folyamatos, nem-invazív módszer, mely az artériás oxigénszaturációt és a szívfrekvenciát (ill. a pulzushullám lefutását) regisztrálja, és ehhez a vizsgált keringési terület infravörös fényelnyelésének analízisét végzi.

A pletizmográfia térfogatok mérésére szolgáló eljárás (inkább a térfogatváltozás a fontos, mivel ebből pl. a véráramlás mértékére lehet következtetni.)

A pulzoximetria leggyakoribb indikációs területei: az oxigenizáció folyamatos monitorozása kritikus időszakokban, pl. műtétek alatt és a posztoperatív időszakban, az intenzív terápiában, szülés közben, koraszülötteknél stb. Célja a hipoxia korai jelzése, súlyos hipoxiás állapotok kialakulásának megelőzése. Hangjelzést is alkalmazó monitorokban a megfelelő oxigénszaturációt a pulzussal szinkron magasabb hang, a csökkenő szaturációt egyre mélyülő hang kíséri.

#### 2.1.1. Történeti háttér

**1935** Az első mérőeszköz kifejlesztése, de szenzora még nem volt megfelelő minőségű (*Mathes K: Arch Exp Pathol Pharmacol 179: 1935*). A fejlesztés a nagy magasságban repülő bombázógépek személyzetének biztonsága érdekében történt (*Rev Sci Instrum 1942*).

**1974** Az első nem-invazív oximéter (az artériás pulzáció által biztosított többletinformáció jelentőségének felismerése (*Aoyagi T et al.*)).

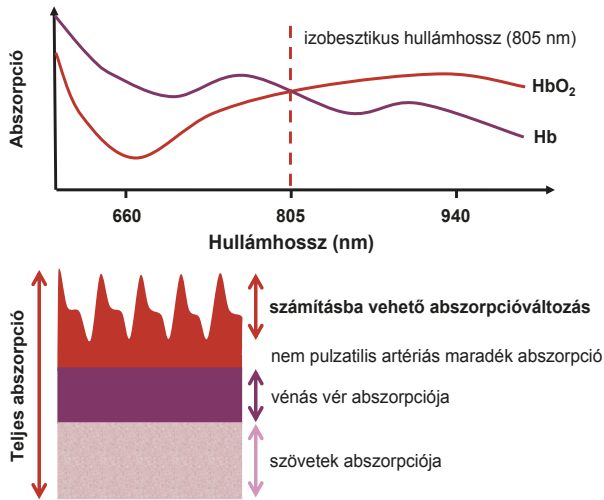
#### 2.1.2. A vér oxigénszaturációja

A vér oxigénnel való telítettsége (szaturációja) egy közeli képlet alapján számítható, az oxigenizált hemoglobin és az összhemoglobin arányából ( $SpO_2 = \text{percentage of hemoglobin saturated by oxygen}$ ):



$$SpO_2 = \left( \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb} \right)$$

A képletben az  $SpO_2$ : a vér oxigéntelítettsége;  $HbO_2$  az oxigenizált hemoglobin koncentrációja;  $Hb$  a deoxigenizált hemoglobin koncentrációját jelenti.



### 2.1.3. A pulzoximetria működési elve

A módszer legfontosabb előnye (és klinikai sikerességének oka) az artériás vér oxigénszaturációjának mérése a teljes pulzációs ciklus alatt.

- A hemoglobin fényelnyelési spektruma függ az oxigenizáltságtól (vö. az artériás vér és a vénás vér különböző színű!). A vért adott hullámhosszú fényel megvilágítva a visszavert (áthaladó) fény intenzitásából következtetni lehet az oxigénszintre.
- A befolyásoló tényezők miatt több, különböző hullámhosszú fényt használnak (minimum kettőt). Levezethető, hogy a detektált amplitúdók aránya arányos az artériás oxigéntelítettséggel.
- Az oxi- és deoxihemoglobin infravörös detektálása esetén a fényforrás LED (*Light-Emitting Diode*) vagy lézer lehet, melyek fénye a 650–1000 nm hullámhossz tartományba esik. LED esetén a leggyakoribb a 660 nm (vörös) és 940 nm (közel infravörös – NIR). Több fényforrás nagyobb pontosságot jelent, és a lézertény is előnyösebb, mivel spektruma keskeny (1–2 nm széles), így pontosabban lehet mérni.
- A visszaverődés után csak a fény egy része éri el a detektort, és ennek is csak kis része (a pulzáló rész) hordozza az információt. Mivel pulzáció csak az artériás vérről jellemző, az artériás pulzus által hozzáadott többlet- (variábilis) fényelnyelést alkalmazzák az artériás oxigénszaturáció kiszámítására (a többi tényező kiszűrhető).

- Az izobesztikus pontban (ld. az ábrán) mért intenzitás a vér mennyiségére jellemző és nem az oxigéntartalomra.

Egészséges emberek artériás oxigénszaturációja konstans (97–99%), a vénás vér szaturációja átlagosan 75%. A kórházi oximéterek általában 95%-os szintnél riasztanak (de egy erős dohányos kb. 93%-os  $SpO_2$ -vel is képes a „normális” életre).

### 2.1.4. A módszer korlátozó tényezői

A bőrön keresztül történő mérés esetén az alsó korlát a bőr átlátszatlansága (<650 nm), a felső korlát a víz fényabszorpciója (>1000 nm); az oxigénmérés ezért 650 és 1000 nm között hatékony. Az egyéb tényezők 60% és 100% közötti értékeknél maximum 1%-os eltérést okoznak:

- a beteg mozgása,
- a rossz felhelyezés,
- a környezeti fény,
- perifériás keringési zavar (definíció szerint a módszer csakis megfelelő „pulzus”, azaz szabályos szívritmus esetén alkalmazható, így alacsony perctér-fogat, vazokonstrikció esetén a valódi jelet nehéz megkülönböztetni a háttérzajtól),
- szén-monoxid-mérgezés (karboxihemoglobin-képződés miatt, de NIR tartományban az abszorpció nem jelentős),
- egyéb vegyületek, pl. hemiglobin jelenléte (malária, májbetegség esetén megnő az értékük).

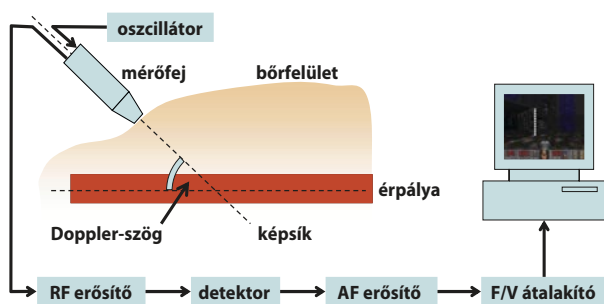
## 2.2. A szervperfúzió nem-invazív monitorozása

Ezen a területen főképp indirekt módszerek állnak rendelkezésünkre, de bizonyos esetekben (pl. intravitális videómikroszkóp OPS technikával – ld. később) a véráramlás közvetlen vizsgálata is lehetséges.

- Morfológiai-anatómiai módszerek nagyobb erek perfúziójának megítélésére (pl. duplex ultrahang, MRA, komputertomográfiai angiográfia; véráramlási jellegzetességek és véráramlásivolumen-mérések (ld. radiológiai képalkotási technikák)
- Funkcionális – szöveti (pl. nyálkahártya) perfúziómérések
- Ultrahangos áramlásmérés Doppler-technikával
- Lézer-Doppler-áramlásmérés
- Endoluminális pulzus-oximetria (ld. előbb)
- Endoszkópia intravitális mikroszkóppal (ld. később)
- Közel infravörös spektroszkópia (ld. később)

### 2.2.1. Az ultrahangos Doppler-áramlásmérés

A módszer Christian Doppler (1803–1853) osztrák fizikus 1842-ben leírt megfigyelésén alapszik, miszerint egy mozgó tárgy egy ismert frekvenciájú hangot frekvenciaeltolódással ver vissza, melynek mértéke arányos a tárgy sebességével. Ennek értelmében egy hangforrás által kibocsátott  $f_0$  frekvenciájú jelének értékét egy olyan érzékelő, amely  $v$  sebességgel közeledik a forráshoz,  $f_0$ -nál magasabb frekvenciájúnak érzékeli. Ha az érzékelő hasonló sebességgel távolodik a forrástól, az észlelt rezgés frekvenciája számára  $f_0$ -nál alacsonyabb.

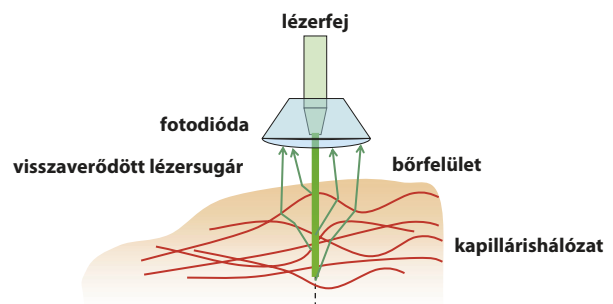


Az ultrahangos áramlásmérés az oszcillátorból származó ultrahangugarak segítségével történik, egy érzékelő fej felfogja a sejtekről visszavert hullámjeleket. Az RF (radiofrekvenciás) erősítő felerősíti a beérkezett jelet és a hordozó frekvenciát, ezután egy detektor az AF (audiofrekvenciás) jelet állítja elő.

A véráramlás mérésekor hangforrásként egy ultrahangtartományban működő kristály, érzékelőként a vörösvértestek szolgálnak, amelyek a fenti elvnek megfelelően a jelfrekvenciát saját sebességvektoruktól függően,  $f_0$ -nál magasabbnak vagy alacsonyabbnak „érezkelik”. Ennek megfelelően alakul rezgési frekvenciájuk, mint elemi hangszórázóknak (a vörösvértestek azért kezdenek rezegni, mert méretük sokkal kisebb, mint az érzékelt ultrahanghullám hullámhossza). A vörösvértestek  $f_0$ -tól eltérő kisugárzott frekvenciáját a mérőfej egy másik (nyugalmi helyzetű) kristállyal érzékelve, újabb frekvenciaeltolódási mechanizmus játszódik le, de ezúttal a mozgó elemi rezgékeltő frekvenciáját érzékeli a Doppler-elvnek megfelelő frekvenciaeltolódással az álló érzékelő kristály. Fontos az adó- és a vevőkristály egymáshoz viszonyított helyzete, mivel ettől függ az érzékelt jel nagysága (a Doppler-frekvencia arányos a visszavert hullám és a beeső hullám különbségvektorának és a vér áramlási vektorának skalár szorzatával). Így az egymás mellett elhelyezett adó- és vevőkristály nagy, mérhető jelet eredményez, vagyis az adó- és a vevőkristályt egyforma magasságban érdemes elhelyezni az érfal ugyanazon vagy ellentétes oldalán.

### 2.2.2. A lézer-Doppler-áramlásmérés

A Doppler-elven alapuló, nem-invazív eljárás, főképp perifériás mikrokeringési változások megítélésére használható. Fő *indikációs* területek: tumor-angiogenezis, tüdőlebenyek mikrokeringése, perifériás érbetegségek, diabéteszes szövődmények, sebgyógyulás monitorozása, dermatológiai indikációk. A klinikai gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott lézerfény frekvenciája 633 és 810 nm között van, ami körülbelül 1 mm<sup>2</sup> felületen 1–1,5 mm mélyre hatol be a szövetekbe. A bőr esetén ebben a mélységben a nutritív kapillárisok, ill. a termoregulátor shunt-ök áramlása vizsgálható.



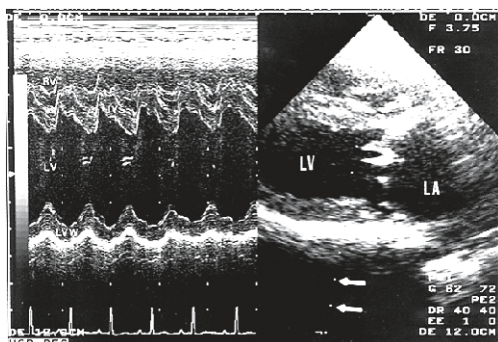
A készülékekben hélium-neon- vagy argon-lézert (10 mW–20 W teljesítmény között) alkalmaznak, a kibocsátott monokromatikus lézerfénynyaláb a vizsgált szövetben részben elnyelődik, részben visszaverődik. A mozgó vörösvértestekről visszaverődő fényhullám frekvenciája megváltozik, s ez a változás arányos a vizsgált struktúrában mozgó sejtek számával és átlagos mozgási sebességével. A visszavert fényt detektor (fotodióda) érzékeli, és a készülék a frekvenciaváltozással arányosan kiszámítja a vizsgált szövetterefogat kapillárisáramlását. A módszer *korlátai*:

- A mérési adatok csak közelítő jellegűek, mert a fény penetrációját több tényező befolyásolja (bőrvastagság, pigmentáció, a hullámhossz, szöveti ödéma stb.).
- A mért adatok nem fejezik ki abszolút értékben a szövet áramlását (ehhez a készüléket mindig a vizsgált szövethez kellene kalibrálni, amire élő szövet esetén nincs mód); valódi áramlási értékekről nem beszélhetünk, csak relatív mérőszámokról (fluxus – mértékegysége a perfúziós egység).
- A nyugalmi áramlás nagy variabilitása miatt a változás csak bizonyos betegcsoportokban diagnosztikus értékű.

### 2.2.3. Echokardiográfia, transoesophagealis echokardiográfia

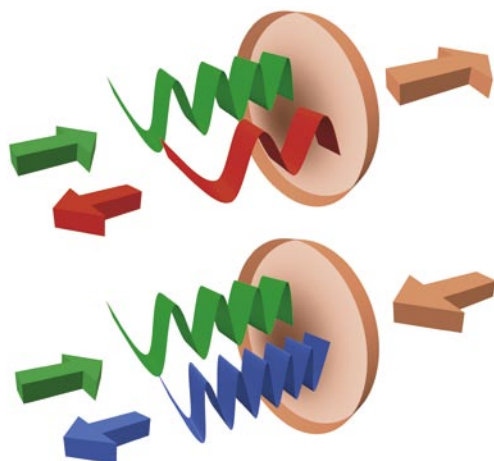
Az oesophagealis Doppler-módszert az 1960-as években alkalmazták először a véráramlás sebességének mé-

résére, de az ultrahangos készüléket széles körben csak az 1990-es évektől használják a perctérfogat mérésére. A vizsgálat során 2–10 MHz közötti hanghullámoknak különböző szövethatárokról való visszaverődését használják képképzésre. Ez a visszavert hang amplitúdójából és a visszaverődési időből számítógépes program segítségével történik. A visszhang megjelenítési módjától függően a képképzés többféle lehet; az *M-mód* a határfelületek elmozdulását ábrázolja az idő függvényében (pl. egy érszakaszon áthaladó pulzushullám az érfalak egymáshoz közeledő és távolodó hullámvonalában képeződik le); a *B-mód* különböző erősségű fénypontokkal jeleníti meg az egyes echók intenzitását, és a vizsgált szervről kétdimenziós képet alkot.



M-mód és B-mód az echocardiographiában

Az echocardiográfia az M- és B-módu leképezést egyaránt alkalmazza. A Doppler-technikával az áramlási irány és sebesség színkódolt módon is megjeleníthető (a felé haladó áramlást piros, a távolodót kék szín jelzi).

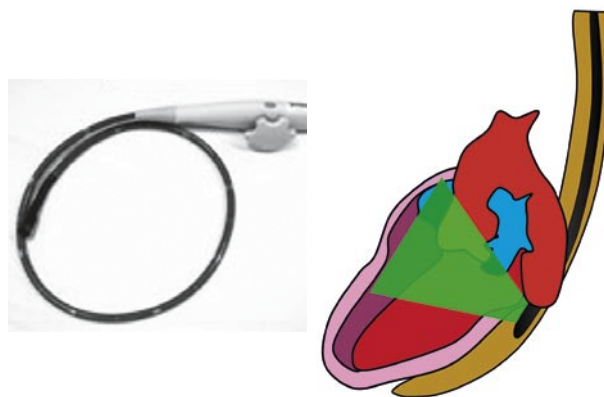


A Doppler-echocardiográfia működési elve

- Pulzáló ultrahanghullámok irányulnak a véráramlás irányával párhuzamosan, pl. lefelé suprasternalisan az aorta ascendensre. A hang hullámhossza megváltozik, amint visszaverődik a mozgó vörösvérsejtekről.
- A csúcsmagasság változása a vörösvérsejtek sebességére utal.

- Az aorta átmérő ismeretében meghatározható az ér keresztmetszete, így a véráramlás, majd a perctérfogat kiszámítható.
- Pseudo-színezést alkalmaznak a turbulencia láthatóvá tételére.

Az echocardiográfia különleges formája a transoesophagealis (TEE) technika. Ilyenkor apró vizsgálófejet juttatunk a nyelőcsőbe, így a szív és a mediastinumot hatékonyabban lehet vizsgálni, mint egyszerű echocardiográfia során.



Transoesophagealis vizsgálóeszköz és az eszköz bevezetése

A TEE segítségével a kamrafal mozgásait, a szívüregek volumenének változásait és a szív morfológiai eltéréseit vizsgálhatjuk. A TEE *indikációi*:

- isémiás állapotok (jele a fal mozgászavar)
- az ejekciós frakció mérése
- a szívbillentyűk vizsgálata
- intrakardiális trombus, tumor, levegő felismerése
- posztoperatív kontrollvizsgálatok

A TEE *kontraindikált* súlyos nyelőcsőbetegségek (szűkület, tumor, varix) esetén, valamint súlyos koagulopátiában.

Mint szemiinvazív beavatkozás, a TEE is *szövődmények* kockázatát rejti magában:

- nyelőcső-perforáció
- gasztrointesztinális vérzés
- nyelőcső-égés
- átmeneti hangszálödéma

## III. A keringés invazív monitorozása

”Then laying bare the left Carotid Artery, I fixed to it towards the Heart the Brass Pipe, and to that the Wind-Pipe of a Goose; to the other End of which a Glass Tube was fixed, which was twelve Feet nine Inches long. The Blood rose in the Tube till it reached to nine Feet six Inches Height”  
(Steven Hales, 1733).

### 1. Történeti háttér

1733 A vérnyomás invazív monitorozása Steven Hales (1677–1761) kísérletével kezdődött, aki az erekben uralkodó nyomás megismerése céljából egy függőleges 340 cm-es üvegcsőhöz csatlakoztatta a kanca nyaki artériájába vezetett fémkanült, majd megmérte a véroszlop magasságát (290 cm volt).



1847 Carl F. W. Ludwig (1816–1895) német fiziológus „kymograph”-jával elsőként mérte meg az emberi vérnyomást – alapvetően hasonló módon.

### 2. Nyomásmérések

A pontos nyomásmérés a keringési állapot megismerésének egyik alapfeltétele. Az *in vivo* körülmények között állandóan változó vérnyomást folyamatosan mérhetjük invazív és nem-invazív módon egyaránt.

#### 2.1 Az invazív nyomásmérés alapelvei



Alapeszköze az érbe (pl. artériába) vezetett cső (kanül, ill. katéter). Az ér lumenébe vezetett (intra-vaszkuláris) kanülok esetén a bealvadást meg kell akadályozni, ezért folyamatosan, vagy időszakosan öblíteni kell heparinizált (3 mU/h) fiziológiás sóval.

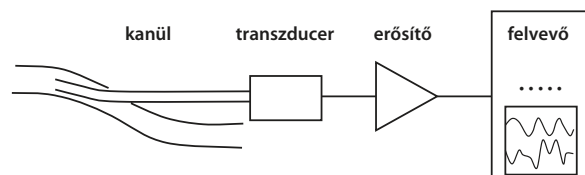
- A katéterbe bejutott vért, ill. a katéterben keletkező buborékokat el kell távolítani, ez utóbbiak jelentősen befolyásolják az eszközök működését.
- A rendszer „0” pontját minden összeállítás elején, és a későbbiekben is ismételten meg kell határozni.
- A mérőrendszer jellemzője a saját frekvencia, melynek felül kell múlnia az artériás pulzus saját frekvenciáját (16–24 Hz) és a tompítási koefficiens béta (0,6–0,7), mely megelőzi a visszaverődő hullámokból adódó rezonanciát.

### 2.2. A közvetlen nyomásmérés lehetőségei

A vérkeringés egyes szakaszaiba invazív úton vezetett kanülok a vénás vagy artériás nyomást, mint mechanikus energiát, egy hajlékony, de viszonylag merev falú csövön át az energiaátalakítóhoz (*transducer*) közvetítik.

#### 2.2.1. Extravaszkuláris szenzor

A kanül végén a csőben levő folyadékoszlop (pl. sóoldat) közvetlenül érintkezik az érben áramló véroszlop-pal (a Pascal-törvény alapján a nyomás gyengíthetetlenül terjed tovább a folyadékban). Ily módon a vérnyomás-jel a kanül belsejében lévő folyadékoszlop közvetítésével érintkezik a testen kívül elhelyezett szenzor membrán-jával, ami végül elektromos jelet ad.



- A szenzor/jelátalakító (*transducer*) olyan eszköz, ami energiát konvertál (hő, fény, hang, nyomás, mozgás, áramlás), másik energiaformává, azaz elektromos energiává. A konvertálás alapját az képezi, hogy bizonyos félvezetők mozgásra változtatják ellenállásukat, melyet Wheatstone-híddal quantitálunk. A transducer jellegzetességei:
  - *Szenzitivitás* (érzékenység): a minimum input (bemeneti) jel, amely mérhető (detektálható) kimeneti (output) változást hoz létre;
  - *Range*: a vizsgált paraméter még mérhető legnagyobb (maximum) és legkisebb (minimum) értékek különbsége;
  - *Pontosság*: a mérés reprodukálhatóságának foka;
  - *Felbontás*: a legkisebb detektálható input növekedés, amely detektálható output jelet eredményez.

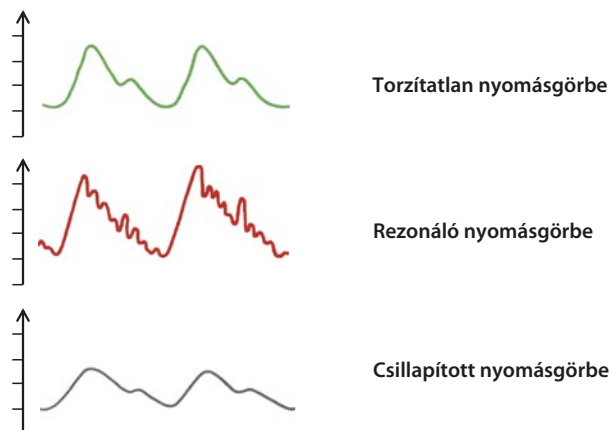
- A transducer kimenete elektromos jel, amit erősíteni és tárolni lehet. Az elektromos jel kábelen kerül a monitorhoz. A folyadékkal töltött nyomásmérő rendszerek hasznos frekvenciatartománya általában 20 Hz-nél alacsonyabb, mivel a rezonanciafrekvenciájuk nagyon alacsony.

### 2.2.2. Intravaszkuláris szenzor

Intravaszkuláris vérnyomás érzékelő esetén a kanül optikai kábelt tartalmaz. Az érpályába juttatott végénél egy membránnal lezárt, változtatható térfogatú (kb.  $0,5 \times 0,5 \times 1-5$  mm méretű) egység található, másik végén egy LED (*light emission diode*) és egy fotodióda helyezkedik el. A kábel egyik felében az üvegrostok a fényjelet a LED-től a membrán felé, másik felében a fotodióda fele viszik. A LED-del generált fény eljut a katéter végén levő membránig, ahol visszaverődik, és egy része bejut a fotodiódába menő üvegszálba. Az érpályába juttatott miniatűr doboz membránja a változó külső nyomás hatására változtatja az alakját, s ez modulálja a visszaverődő fényt; így a fotodióda által érzékelt fény mennyiség arányos lesz a vérnyomással. *Indikációs* területek: nagyon pontos *in vivo* nyomásmonitorozás (artériás vérnyomás, intrauterin, intracranialis, intraocularis nyomások). *Előnye*: nagyon kis méretű; magas frekvenciájú vérnyomásváltozások is kimutathatók. *Hátránya*: az átviteli karakterisztika nem teljesen lineáris (nem lineáris a kapcsolat a vérnyomás és a visszaérkező fény mennyiség között); a membrán felületére üledett vér torzítja a fény modulációját.

### 2.3. Az invazív nyomásmérések problémái

1. *Rezonancia* (kényszerrezgés): a fizikai eszközök használatának általános korlátja; a tömeg (sóoszlop) mozgása és a rendszer rugalmassága (a kanül falának és a transducer diafragmájának elaszticitása) miatt a re-



zonanciafrekvencián a rendszer kileng. A rezonanciafrekvencia arányos a kanül sugarával, fordítva arányos a kanül hosszának és a folyadék sűrűségének négyzetgyökével. Mivel annál jobb a mérés, minél nagyobb a rezonanciafrekvencia, vastag katétert lenne érdemes használni. Ugyanakkor a vastag katéter esetén nehezebb a katéter felhelyezése, rövidebb érszakasz járható be. Nyilvánvaló, hogy a gyakorlatban kompromisszumos megoldást kell alkalmazni.

2. *Csillapítás* = energia kivonása egy rezonáló rendszerből.

## 3. A véráramlás

### 3.1. Általános alapelvek

A vérpályában mérhető nyomás- és áramlásértékek felhasználásával számos további, fontos paramétert tudunk meghatározni. Ezek ismertetéséhez néhány alapvető fizikai törvény áttekintése szükséges.

- A *Bernoulli*-egyenlet kimondja, hogy az érben (artériában) áramló vér (folyadék) energiája az ér bármely pontján állandó; vagyis az energia összege, amit a nyomási energia, a mozgási energia (áramlás) és a vér helyzeti energiája (egy adott referencia pont felett mérve) jellemez, állandó (pl. közismerten az áramlási sebesség növekedése a nyomás csökkenését eredményezi):  $Energia = [V^2/2g] + [P/r] + H = \text{konstans}$  – ahol V: áramlási sebesség, P: nyomás, H: helyzeti energia (magasságkülönbség).
- Mivel a vérnyomás élettani körülmények között legtöbbször állandónak tekinthető, a véráramlást az ér fal kicsiny átmérőváltozásai szabályozzák – ez az arteriolák esetében a legszembetűnőbb.
- Az ellenállás (R) egy adott területre beáramló és kiáramló folyadékoszlop nyomáskülönbségéből és az áramlás hányadosából számítható, mértéke a Wood-egység. Például véve a tüdőt, az érellenállás az arteria pulmonalis (PA) és a bal pitvar (BP) nyomásának különbségéből, valamint a perctérfogatból (CO) számítható  $(PA \text{ nyomás} - BP \text{ nyomás})/CO$ . Például  $(14 \text{ Hgmm} - 7 \text{ Hgmm})/5 \text{ l/min}$  értékeket behelyettesítve 1,4 Wood-egységnyi ellenállással számolhatunk.
- Lamináris áramláskor a véráramlás sebessége egy kritikus érték alatt rendezett és egyenletes (ez az érrendszer általános jellegzetessége), a turbulens áramlás rendezetlen és zajos, örvényekkel és forgókkal (a terület részben még nincs feltérképezve, Richard Feynman mondása szerint: “*Turbulence is the last great unsolved problem of classical physics*”). A vérkeringés magas áramlású helyein, a billentyűknél és szűkületeknél a nagy sebesség turbulens áramlást és hallható zajt okoz. A lamináris és turbulens áramlás elkülönítésére és kiszámítására a *Reynolds*-szám (R, dimenzió nélküli szám) szolgál.

$$R = \frac{\rho VD}{\mu}$$

Az R értéke függ a sebességtől (V), az átmérőtől (D), a sűrűségtől (ρ) és a viszkozitástól (μ). 2000 alatti érték esetén lamináris áramlásról beszélhetünk.

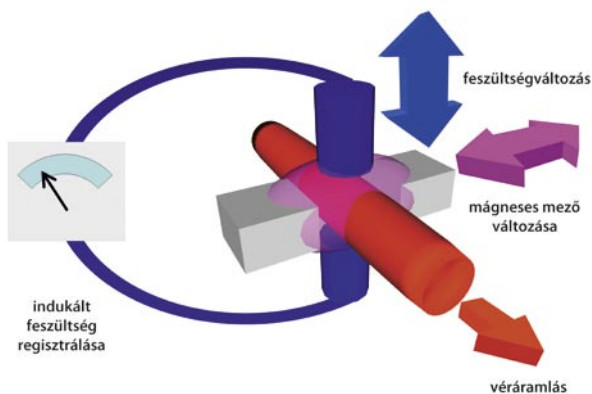
## 3.2. A véráramlás (flow) mérése

A mérés célja egy adott érkeresztmetszeten időegység alatt átáramlott vérmennyiség meghatározása (invaszív és nem-invaszív módszerek egyaránt alkalmazhatók).

### 3.2.1. Az elektromágneses áramlásmérés

Alapelve a Faraday-féle indukciós törvény (egy mágneses mezőn átáramló folyadék kismértékű elektromos áramot indukál). Egy elektromos tekercs belsejében mágneses mezőt hozunk létre, majd a mágneses erőter ritmusos változtatásával (szinusz- vagy négyzetes jelhullámok) a létrehozott elektromos áram és a folyadék mozgása által okozott kismértékű ingadozás felerősíthető. Ezt az áramlási sebességgel arányos feszültségjelet az A/D (analog-digitális) átalakító digitális jellel konvertálja. A mérés pontossága javítható, ha alternáló mágneses teret alkalmazunk és a feszültség váltakozó komponensét mérjük.

A klinikai felhasználás során többféle probléma adódhat, a legfontosabb, hogy a mágneses mérőfejnek szorosan körül kell vennie az eret, anélkül, hogy a mérés közben elmozdulna, vagy az eret deformálná (a mágneses erőternek a mérés során végig homogénnek kell lennie). Tekintettel a technikai problémákra, az eljárást ritkán használják (pl. egyes aorta-, coronaria bypass műtétek során, vagy graftok, transzplantátum keringésének mérésére).

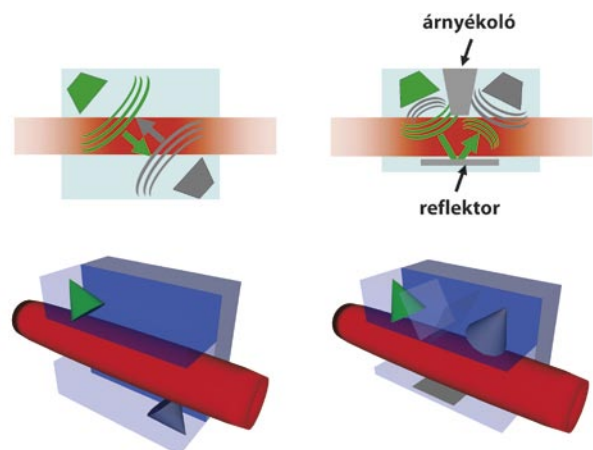


$e = B \times u$  – az elektromágneses fluxus (e) egyenesen arányos a véráramlás sebességével (u) és a mágneses erőter nagyságával (B).

### 3.2.2. Ultrahangos áramlásmérés

Az ultrahangos áramlásmérők lehetnek indirektek és direkték, ill. nem-invaszív vagy invazív módon alkalmazhatók. Az eszközök az ún. áthaladási idő mérésén, vagy a Doppler-technikán alapulnak. Az invazív módszer hasznos a sebészetben és a kutatásban, a nem-invaszív méréseknek például a dermatológiában, kardiológiában, idegsebészetben, érsebészetben, belgyógyászatban (ld. előbb) van nagyobb gyakorlati jelentőségük.

A közvetlen ultrahangos áramlásmérés az érre helyezett próbával, ultrahangosugarak és az áthaladási idő (az ún. *transit-time*) mérésével történik. Két ultrahang adó-vevő helyezkedik el egymással szemben (általában 30–45°-os szögben), vagy egymás mellett (kettős sugárú módszer, ekkor az ér másik oldalán egy visszaverődő „reflektor” felület található), és mindkét adó ultrahangosugarakat küld a másik felé. Az egyik jel a véráramlás irányába, a másik az áramlással szemben halad. Amikor az első sugár beérkezik, elindul a másik sugár az áramlással szemben. Az ultrahangosugarak áthaladási ideje nem egyezik az áramlással azonos irányú és az áramlással szemben történő haladás esetén (hasonlóan ahhoz, mikor valaki a vízáramlással szemben akar úszni). A mérés alapja a különböző áthaladási időtartamok, ill. az áthaladási időkülönbségek megállapítása egy számítógépes szoftver segítségével.

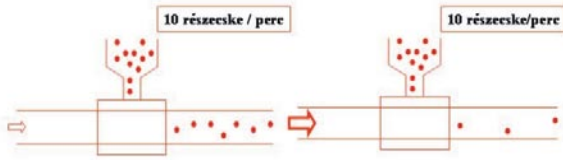


A módszer *előnye*, hogy a perivaszkulárisan felhelyezett áramlásmérő próbák (*flow probes*) nem deformálják az érfalat, és nem interferálnak a célterület véráramlásával.

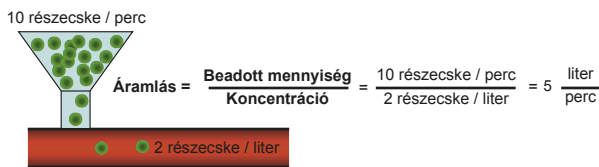
### 3.2.3. A hígítási véráramlásmérés

A klinikumban általában a *Fick*-módszerrel határozzuk meg a véráramlást. A koncepciót Adolf Eugene Fick (1829–1901) 1870-ben írta le, de a klinikai gyakorlat-

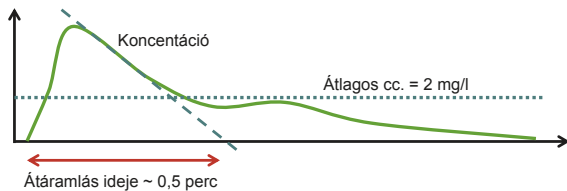
ban nem alkalmazták egészen az 1950-es évekig. A mérő módszer nagyon pontos, a perctérfogatmérés „gold standard”-ja volt, ugyanakkor invazív, és nem ad folyamatos adatokat.



Ha a keringésbe juttatott indikátorrészecskék mennyiségét ismerjük, és a keringésből vett minta alapján meghatározzuk koncentrációjukat, akkor az adott érszakaszon átáramló vér mennyisége kiszámítható.



Az elvet Fick a tüdőn átáramló vérmennyiség meghatározására alkalmazta, indikátorként a vér oxigéntartalmát használva. Az 1 perc alatt a tüdőn átáramló vérmennyiség megegyezik a jobb és a bal szívfél által továbbított vérmennyiséggel, azaz a perctérfogattal. A meghatározáshoz reprezentatív artériás minta (pl. az arteria femoralis, a. brachialis) viszonylag könnyen



Indikátor (festék) mennyisége = 5 mg  
 Átlagos indikátor koncentráció = 2 mg/l  
 Az a volumen, ami kihígította ezt az indikátor mennyiséget =  $\frac{5 \text{ mg}}{2 \text{ mg/l}} = 2,5 \text{ l}$   
 Az ehhez szükséges idő ~ 0,5 perc

Tehát az áramlás =  $\frac{2,5 \text{ l}}{0,5 \text{ perc}} = 5 \text{ l/perc}$

Összevonva:  $\text{Áramlás} = \frac{\text{indikátor mennyisége}}{\text{indikátor átlagos koncentrációja} \times \text{átaladási idő}}$

nyen nyerhető, de nehéz reprezentatív vénás mintát kapni kevert vénás vérről. Erre leginkább a jobb kamrából, vagy az a. pulmonalisból vett minta a legalkalmasabb, mivel más területek esetén jelentősen eltérő lehet a vénás vér oxigéntartalma (pl. a renális vénás vér ~ 170 ml O<sub>2</sub> / litert tartalmaz, a coronaria vénás vére ~ 70 ml O<sub>2</sub> / litert).

### 3.2.3.1. Az indikátorhígításos módszer

A Stewart által alkalmazott módszer alapján az indikátor festék ismert koncentrációját nagy sebességgel juttatjuk a vénás rendszerbe, lehetőleg a jobb kamrába (a festék keveredése biztosított és innen a mintavétel helyéig a volumen állandónak tekinthető). Az artériás oldalon (pl. az a. brachialisból) levett mintákból meghatározzuk a festék koncentrációját, és az idő függvényében ábrázolva megkapjuk a festék hígulási görbét. A görbe leszálló ágát az abszcisszáig meghosszabbítva, extrapolálással kapjuk meg, hogy a beadott festék teljes mennyisége mennyi idő alatt jut át az artériás oldalra (ld. ábra). A gyakorlatban a görbe nem éri el az alapvonalat, mert a recirkuláció miatt ismét emelkedni kezd, azaz az anyagot tartalmazó vér másodszor is eléri a meghatározás helyét. Fontos kritérium, hogy az alkalmazott festék nem lehet toxikus, és ne szívódjon fel azonnal (pl. indocianinzöld). A vizsgálatra példa a splanchnicus rendszer vérátáramlásának klinikai meghatározása az ún. *steady state* indocianinzöld módszer segítségével (a Fick-módszerhez hasonlóan az eljárás invazív, és nem ad folyamatos információt):

- Artériás katéteren keresztül folyamatosan indocianinzöld infundálása (az anyag csak a májon keresztül, az átáramlás mértékétől függően metabolizálódik).
- Az infúzió sebességéből és az arterio-hepato-venózus gradiensből kiszámítható a splanchnicus perfúzió (a gyomor mucosa pCO<sub>2</sub> meghatározásából és a pCO<sub>2</sub> gradiens kiszámításából további adatokhoz jutunk a splanchnicus perfúzió becsléséhez – ld. később).

### 3.2.3.2. Áramlásmérés termodilúcióval

Ugyanez az elv a hő esetén is, amikor festék helyett indikátorként hideg sóoldat termodilúciós görbéje a véráramlás- (vagy perctérfogat-) meghatározás alapja. Előnye, hogy a toxikus hatás kizárható, és kisebb a recirkuláció által okozott mérési zaj mértéke is. A hideg (0 °C) oldatot a v. cava-jobb pitvar határán fecskendezzük be, majd a hőmérséklet-változást a Swan-Ganz-katéter végén, az a. pulmonalisban elhelyezkedő termisztor méri.

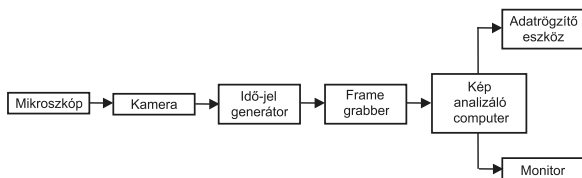
### 3.2.4. Áramlásmérés videó-mikroszkóppal

A dinamikus intravitalis megfigyelés, vagyis szövetek mélyében zajló keringési jelenségek *in vivo* vizsgálata nem új törekvés, a módszer tulajdonképpen egyidős a mikroszkóp történetével.

### III. A KERINGÉS INVAZÍV MONITOROZÁSA

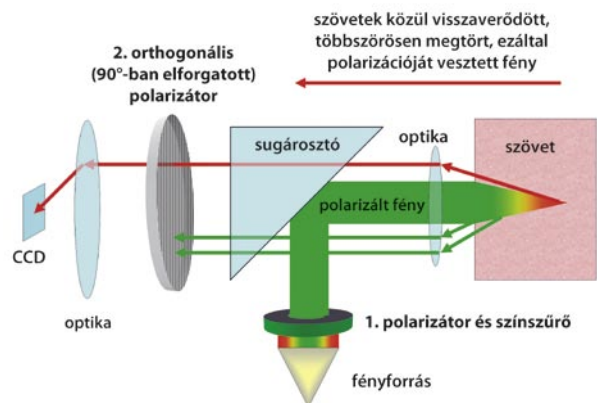
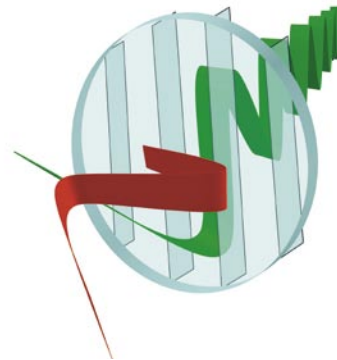
- 1833 F. Kiernan meglepően pontos adatokat közölt a máj mikrocirkulációjáról (*The anatomy and physiology of the liver. Philos. Trans. R. Soc. Lond. 1833*).
- 1917 Üvegrudak belső fénytörése segítségével vezetik a külső fényforrás fényét a megnyitott hasüregbe (*Basler A: Pflüger's Archiv. 1917*).
- 1934 M. Knisely továbbfejleszti a módszert, és elsőként írta le a lelassult mikrokeringés egyik jellegzetes következményét, a vörösvértestek öszszecsapódását, amit *sludging*-nak nevezett el (*Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 1934*).

Intravitális fluoreszcens videomikroszkópia (IVM) alkalmazásakor az *ex vivo*, vagy *in vivo* megfestett sejtsejtes véralakotók vagy a plazma jelölésével a sejtreakciók, a mikrovaskuláris érátmérő, az áramlási sebesség és az ér-fal permeabilitási viszonyai tökéletesen vizualizálhatók. A változások CCD (*charge-coupled device*) videokamerával folyamatosan rögzíthetők, a kiértékelés általában offline, a képkockák számítógépes analízisével történik.

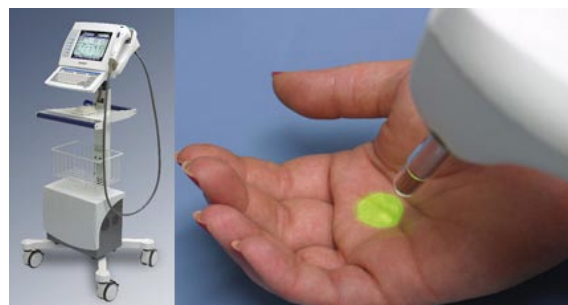


Az IVM fluoreszcens képalkotása kísérletes körülmények között lehetővé teszi a mikrokeringés tökéletes megfigyelését, de a klinikai alkalmazás lehetősége limitált, csak a felszíni képletek, a bőr, szem, szájüreg esetében képzelhető el. A kapillároszkópia többek között perifériás érbetegségek diagnosztikájában hasznosítható. A mélyebb rétegek mikrokeringésének közvetlen megfigyelésének akadályait főképp a transzillumináció, a kontraszterősítés céljából adott fluoreszcens festékek és a készülékek méretei jelentik. Kontraszterősítés nélküli (nem fluoreszcens) intravitális rendszer a polarizált fényt alkalmazó ortogonális polarizációs spektrális (OPS) képalkotó eljárás.

A természetes fénysugár sok atom spontán, rendezetlen hullámkibocsátásának eredménye, benne egyenlő mértékben található minden irányban rezgő vektorok. Polarizációkor a polarizátor csak a függőleges rezgéseket engedi tovább.



Az OPS technikát alkalmazó készülékkel a vizsgált tárgyat lineárisan polarizált fényvel világítják meg. A képalkotás a szövetek belsejéből visszavert fényvel történik, az első polarizátorra merőlegesen álló második polarizátoron (analízátoron) keresztül. A tárgy mélyéről visszaérkező depolarizált fény elegendő ahhoz, hogy „hátról” megvilágítson minden olyan struktúrát, ami a tárgy felszíne alatt található. Az OPS képalkotáshoz az 548 nm-es hullámhosszhoz közelítő fényt alkalmaznak (ebben a tartományban a hemoglobinnal és az oxihemoglobinnal egyenlő mértékű abszorbanciát mutat), s ezáltal minden olyan képletet vizualizálni lehet, ami hemoglobint tartalmaz. A szájüreg, vagy a nyelvgyök nyálkahártyáján keresztül meghatározható a véráramlás sebessége, az érátmérő-változások. A készülékhez kapcsolható számítógép programja segítségével *on-line* hematokrit és hemoglobin meghatározásra használható. *Indikáció:* újszülöttek, csecsemők, fertőző betegségek nem-invaszív hematokrit és hemoglobin meghatározása, a sokk különféle formái, szepszis, transzplantáció,





isémia-reperfúziós károsodások, sebészeti eljárások monitorozása, pl. anastomosisok intraoperatív vizsgálata, vasoaktív terápia utánkövetése, tumor mikrokeringés vizsgálata, sebgyógyulás mikrokeringési változásainak követése.

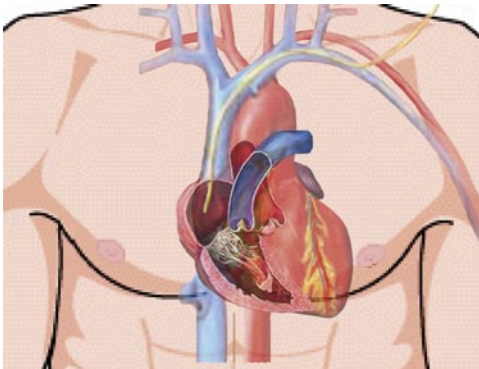
## 4. Az invazív kardiovaszkuláris monitorozás eszközei



### 4.1. A centrális vénás kanül

Centrális vénás kanül behelyezésének lehetőségei: 1. venasectio, azaz például a vena mediana cubiti / vena jugularis kanülálása véres úton, sebészi feltárással (akkor indikált, ha valamilyen okból percutan vena cava katéter bevezetése nem lehetséges, vagy nem megengedett).

2. centrális vena perkután punkciója. Perifériásan bevezetett centrális katétert általában a karvéna, a vena jugularis interna vagy a vena subclavia percutan punkciójával lehet bejuttatni a vena cava superiorba.



A vena jugularis interna; a pulzáló carotis artériától laterálisan, a vena subclavia – a clavícula külső közepő harmadának határán található.

#### 4.1.1. A tű-kanül kombináció

Tű-kanül kombináció alkalmazásával két kanülálási technika terjedt el.

1. A *kanül-a-tűn* változat esetén a fémtűre gyárilag egy nála kissé vastagabb műanyag kanült húztak. Punkció után a fémtűt visszahúzva a kanült benne hagyjuk a vénában. Ezt a módszert leginkább felszínes képletek, például a perifériás vena vagy arteria radialis punkciójához használták.
2. A *kanül-a-tűben* metodika alkalmazásakor egy vastagabb tűvel pungálunk, majd ennek üregébe vezetjük a kanült, pozicionálás után pedig „lehúzzuk róla” a tűt. A módszer hátránya, hogy a kanül kónuszának eltávolíthatónak kell lennie.

#### 4.1.2. A Seldinger technika

A centrálisvéna-biztosítás esetén alkalmazott *Seldinger-technika* lényege, hogy a tű/kanül lumenébe a punkció után egy vezetődrótot dugunk, a tűt/kanült eltávolítjuk, majd a vezetődróra ráhúzzuk a katétert. Ma ez a legelterjedtebb eljárás mélyen fekvő képletek, mint pl. centrális vena, vagy az arteria femoralis kanülálásához.

1. Teflon borítású (műanyag hüvelyű) tű + kanül beszúrása



2. A tű eltávolítása



3. Rugalmas vezetődrót centrális vénába vezetése a kanül hüvelyén keresztül



4. A kanül hüvelyének eltávolítása (a vezetődrót a centrális vénában marad)



5. Tágítóhüvely felvezetése, majd eltávolítása



6. Centrális vénakanül felvezetése a vezetődróton keresztül



7. A vezetődrót eltávolítása, a centrális vénakanül rögzítése kiöltéssel



#### 4.1.3. A centrális vénás kanül indikációi

- Vénafalat károsító anyagok beadása
- Hosszantartó (3–5 napnál hosszabb) volumenpótlás, iv. terápia, parenterális táplálás
- Sokkos keringés, gyógyszerbevitel, életmentő gyógyszerek
- Centrális vénás nyomás mérése
- Pacemaker-beültetés
- Ha perifériás vénát nem találunk, de a vena biztosítása indikált

#### 4.1.4. A centrális vénás kanül kontraindikációi

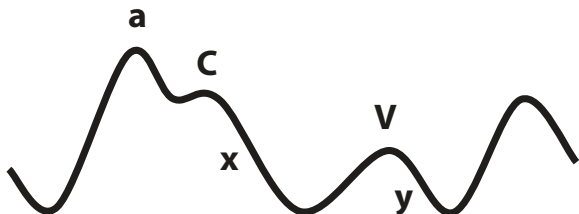
Tilos a centrális vénás kanül bevezetése olyan területen, ahol fertőzés, gyulladásos beszűrődés vagy thrombosis jelei mutatkoznak. Tilos a centrális véna kanülálás tricuspidalisbillentyű-vegetáció esetén. Relatív kontraindikációt jelenthet az antikoaguláns terápia, azonos oldali a. carotis szűkület.

A kanülálás fontosabb szövődményei a következők:

- thrombosis, thrombophlebitis;
- katéterembolus;
- szepszis;
- pneumothorax;
- lokális infiltráció;
- vérzés.

#### 4.1.5. A centrális vénás nyomás (CVP)

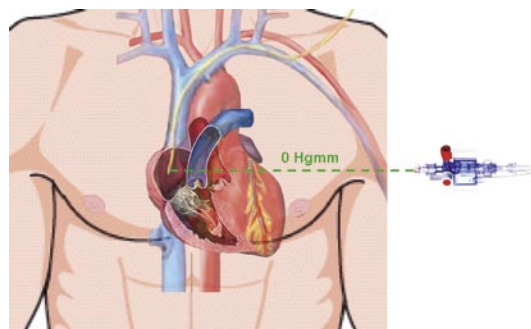
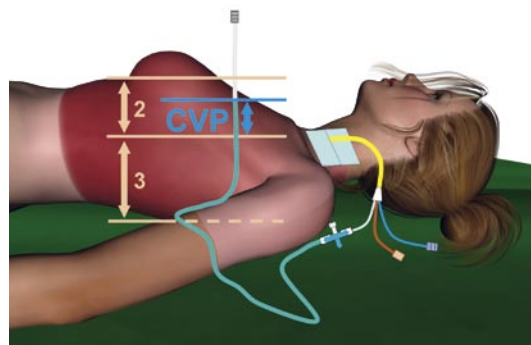
A centrális vénás nyomás a jobbszívfél előterhelését mutatja meg ( a vénás beáramlás mértéke, a preload jelzője), a bal szívfél munkájáról nem ad közvetlen információt. A CVP nagyságát számos tényező befolyásolja, így nagyon súlyos betegeknél csak korlátozottan lehet következtetni az érpálya feltöltöttségre. Szélsőséges helyzetekben jelzi a nagyfokú hipo-, ill. hipervolémiát.



A centrális vénás nyomásgörbe részei az „a” hullám (pitvari összehúzódás, tricuspidalis nyitás – hiánya fibrillációt jelez, tricuspidalis stenosis, pulmonalis stenosis, pulmonalis hipertenzió alatt jelentősen megnő); a „c” hullám (a tricuspidalis billentyű bedomborodása a jobb pitvarba és az a. carotisról áttevődő pulzáció); az „x” leszálló hullám (pitvari relaxatio); a „v” hullám (emelkedő pitvari nyomás, mielőtt a tricuspidalis billentyű kinyílna; megnő tricuspidalis regurgitatio alatt); és az „y” leszálló hullám (pitvari ürülés, a vér átlép a kamrába).

A centrális vénás nyomás mérése hagyományos módon vízoszlop-manométerrel történik (ekkor egysége a vízcm – H<sub>2</sub>Ocm). Normál értéke fekvő helyzetben, a jobb pitvar szintjében végzett méréskor 0–8 vízcm.

A jelenleg elfogadott módszer az elektronikus mérés, ekkor a nyomásmérés zárt rendszerben, mechanikus-elektromos energiaátalakító (transducer) segítségével, folyamatosan történik. A sorozatos mérések (CVP értékek trendje) informatívabb, mint az egyes mérési eredmények.



Emelkedett CVP-t mérhetünk:

- fokozott intrathoracalis nyomás, pozitív nyomású lélegeztetéskor;
- romló miokardiális funkció esetén (szívelégtelenség, tamponád. Csak a jobb szívfélre nézve informatív);
- hipervolémi (túltöltés) esetén;
- vena cava superior elzáródás esetén.

A CVP csökkenése következik be:

- csökkenő intrathoracalis nyomás (pl. belégzés);
- egyértelmű hipovolémia esetén;
- ha kb. 250–500 ml kristalloid infúzió 10 percen belül nem okoz mérhető CVP-emelkedést, ez relatív (latens) hipovolémiát jelez.

## 4.2. Az artériás kanül



### 4.2.1. Általános alapelvek

- Az artériás „út” a klinikai gyakorlatban az a. axillaris, a. brachialis, a. femoralis vagy a. radialis kanülálását jelenti. A vérnyomás közvetlen mérését, vérgáz méréseket, folyamatos hemodinamikai monitorozást tesz lehetővé.
- A nagyvérköri vérnyomás hemodinamikailag a szív *afterloadját* jelenti.
- Az adekvát szervperfúzió fenntartása szempontjából kiemelkedő jelentőségű az átlagos artériás vérnyomás megfelelő szinten tartása. A pulzáló nyomásból a szisztolés és diasztolés érték és a középnyomás, a percnkénti pulzushullámszámból pedig a

szívfrekvencia határozható meg. A pulzusnyomás (a szisztolés és diasztolés nyomás különbsége) jelezheti a volumenstátuszt; magas pulzusnyomás vazodilatációra, aortabillentyű-insufficienciára, az alacsony vazokonstrikcióra utalhat.

- Bár az artériás nyomásmérés a legpontosabb technika, a mérés precizitása függ a szereléktől (megfelelő csövek, szoros összekötők), a buborékmentességtől, az alap (zérus) kalibrálástól és a transducer szintjétől.
- Súlyos szövődmények léphetnek fel:
  - szétcsúszó szerelék nyomán vérvesztés,
  - artériás thrombosis,
  - infekció,
  - hematoma,
  - valódi és álaneurizma,
  - disztális és centrális embolizáció.

#### 4.2.2. Az artériás kanül indikációi

- *Általános indikációk*
  - Súlyos szepszis vagy keringési sokk
  - Keringést érintő betegségek, pl. instabil angina, akut miokardiális infarktusz, kongesztív szívbetegségek, ritmuszavarok
  - Súlyos általános állapot
- *Sebészeti indikációk*
  - Szívsebészet (aorta, a. carotis műtét)
  - Idegsebészet (pl. craniotomia, aneurizma-klippelés)
  - Nagyobb, jelentős vérvesztéssel, folyadéksífttel járó sebészi beavatkozások (ha a vérvesztés meghaladja a 2–3 egységet)
- *Aneszteziológiai és intenzív terápiás indikációk*
  - Intenzív ellátást igénylő súlyos, életveszélyes állapotok
  - Kontrollált hipotenziós eljárások
  - Ha nem-invazív vérnyomásmérés nem lehetséges, de indikált
  - Gyakori artériás vérvétel (pl. vérgázellenőrzés) szükséges a műtét alatt és/vagy a posztoperatív időszakban.

#### 4.2.3. Az artériás nyomásmérés kivitelezése



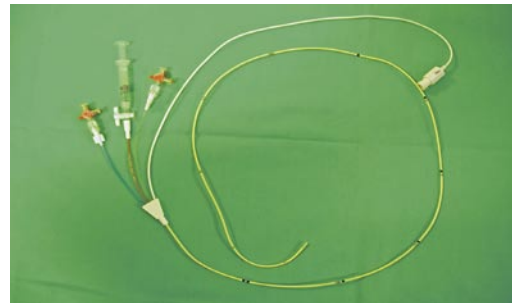
Szükség van egy összenyomható steril fiziológiás sóttartalmazó zacskóra (benne 1–2 ml heparin), túlnyomás alkalmazását lehetővé tevő mandzsettára és manométerre, infúziós szerelékre, transducerre megfelelő csatlakozókkal és az artériás kanülre.

A lépések a következők:

1. a nyomásmérő rendszer üzembe helyezése, majd a zacskó összenyomásával 300 Hgmm-re állítása;
2. az artéria kanülálása;
3. csatlakozás a mérőrendszerhez; buborékmentesség biztosítása;
4. a kanül biztonságos rögzítése;
5. a transducer nulla pontjának beállítása;
6. a transducer rögzítése a szív szintjében;
7. mérés kezdete.

#### 4.2.4. A kisvérköri (arteria pulmonalis) nyomás mérése

William Ganz (1919– ) kassai magyar orvos Jeremy Swan (1922–2005) laboratóriumában alkotta meg az utóbb róla elnevezett 110 cm hosszú, többlumenű pulmonalis katétert. A Swan-Ganz-katéter közvetlen méréseket tesz lehetővé a jobb szívfél működésére, előterhelésére és a pulmonális nyomásviszonyokra vonatkozóan. Segítségével mód nyílik a keringő perctérfogat direkt mérésére (termodilúciós módszerrel) és kevert vénás vérmintát is nyerhetünk rajta keresztül.



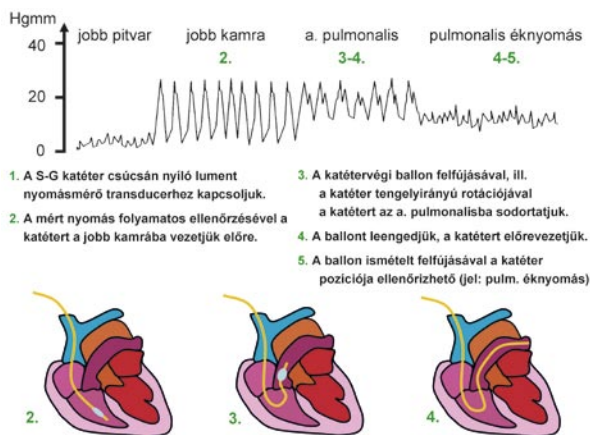
A katéter négy- vagy öt-lumenű lehet, amelyeket különböző színek jelölnek:

- A **sárga** a pulmonális nyomásmérés csatornája;
- A **kék** a termodilúciós tesztoldal beadására szolgál, kb. 29 cm-rel a katétervég előtt;
- A **fehér** a termisztorvezeték (a termisztor a katéter végén található hőmérsékletmérő eszköz, leírását ld. később);
- A **piros**, amely a katéter végének az arteria pulmonalisba való becsúsztatását teszi lehetővé;
- Az ötödik vezeték (ötcsatornás katéter esetén) az injekált hideg fiziológiás sóoldat hőmérsékletét mérő referencia termisztor kábel.

A katéter felvezetése történhet pl. a vena jugularison keresztül, a nyomás folyamatos ellenőrzése mellett. Ha a monitoron megjelenik a jobb kamrai nyomásgörbe jele, akkor a katétervégi ballon felfújása (a piros lumenen át) után lehet beúsztatni a termisztoros katétervégét az a. pulmonalisba. Sikeres felvezetés esetén 10–25 Hgmm-es nyomásjelet monitorozhatunk. A ballon leengedése, a katéternek ütközésig való előretolása és ismételt felfújá-

### III. A KERINGÉS INVAZÍV MONITOROZÁSA

sa után mérhető a katétervég előtti nyomás, az ún. éknyomás (*wedge pressure; pulmonary capillary wedge pressure* = PCWP), amely a kisvérkör visszatérő ágának (bal pitvar) nyomásával egyenlőnek tekinthető.



A Swan-Ganz katéter pozíciója a jobb szívfélben. A katétervég helyzetének meghatározása az arteria pulmonalis nyomás és az ék (*wedge*) nyomás görbéje alapján történik.

#### 4.2.4.1. Mit mérhetünk a Swan-Ganz-katéter alkalmazásával?

- Centrális vénás nyomás
- Arteria pulmonalis szisztolés és diasztolés nyomása
- Pulmonalis kapilláris éknyomás
- Percrtérfogot (termodilúciós módszer)
- Kevért vénás oxigénszaturáció
- Származtatott értékek: verőterfogot, szívindex, szisztémás és kisvérköri érelenállás

#### 4.2.4.2. Indikációk

- Isémiás szívbetegség, miokardiális infarktus egyes esetei
- Szimptomás billentyű betegség
- Súlyos cardiomyopathia
- Kongesztív szívelégtelenség, alacsony ejekciós frakció
- Sokk (széptikus vagy hipovolémiás)
- Pulmonalis hipertenzió
- Szívsebészeti beavatkozások, nagy megterheléssel járó műtétek rossz kamrai funkció mellett

#### 4.2.4.3. Szövődmények

Hasonlók a CV katéter esetén fellépő szövődményekhez.  
*Specifikus szövődmények:*

- Aritmiák
- Trombózis és embolizáció,
- Pulmonalis infarktusz vagy vérzés

- Endocarditis
- Pitvari, kamrai perforáció
- Intrakardiális csomó

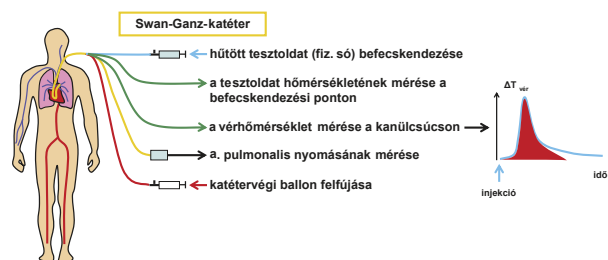
### 4.3. Termodilúciós perctérfogot-meghatározás a klinikai gyakorlatban

A perctérfogot az alábbi tényezőktől függően változhat:

- Szívfrekvencia
- Előterhelés (*preload*) = CVP; jobb kamrai végdiasztolés (RVED) volumen
- Szívkontraktilitás
- Utóterhelés (*afterload*) = teljes perifériás érelenállás (TPR)

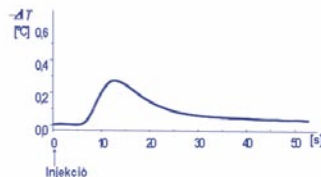
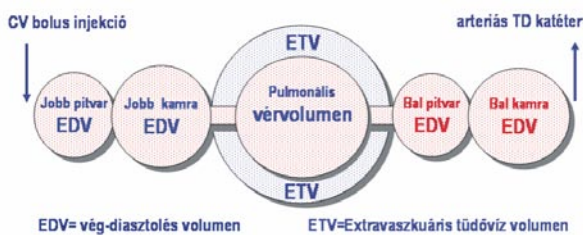
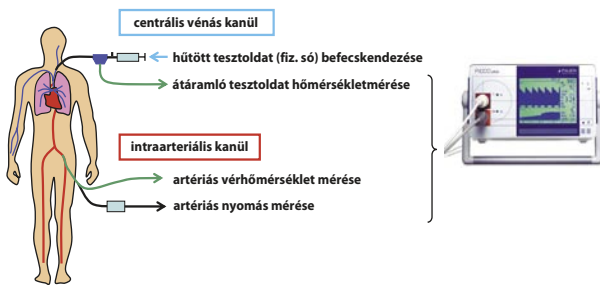
#### 4.3.1. Pulmonalis termodilúciós mérések Swan-Ganz-katéterrel (TDp)

A centrális vénás megközelítésből végzett eljárás lehetővé teszi a jobb kamrai és az a. pulmonalis nyomások megismerését. Következettetni lehet a bal pitvari nyomás értékére is, ha a katéter hegyét egy relatíve szűk a. pulmonalis ágig toljuk előre, és a katéter végénél lévő kis ballont felfújuk, így az artériát elzárjuk. A kanül végén lévő nyílás a ballonon túl van, így az anterográd áramlás elzárása az érintett artériában lehetővé teszi a bal pitvari nyomás retrográd úton történő mérését (feltétele, hogy ne legyen jelentős akadályt okozó patológiás eltérés – pl. embolia – a pulmonalis keringésben!). Pulmonalis termodilúciós perctérfogot-meghatározás során standard mennyiségű (2,5–5–10–20 ml) hideg hóbólust injektálunk a kék ágon át nagy sebességgel, a jobb pitvarba. A beadott folyadék pontos hőmérsékletét a katéter referencia szenzorja méri, míg a „hűtött vérbólus” tovahaladását az injektálástól kb. 30 cm távolságban, a pulmonalis katéter csúcán elhelyezett hőmérővel, az a. pulmonalisban mérjük. A monitor a vér átmeneti hőmérséklet-változásából termodilúciós görbét rajzol. A görbeterület integrálásával a számítógép kiszámítja a perctérfogot. A mért és a számított paraméterek megkívánják, hogy mérés előtt adjuk meg a beteg- és katéterfüggő adatokat.



### 4.3.2. Transpulmonális termodilúciós technikák (TDa).

A centrális vénába adott hőbolus hatását az a. femoralisba helyezett artériás kanül hőmérőszála regisztrálja. Míg a TDp a kisvérkör artériás oldalának egy részét tekinti a vérkeringés reprezentatív mintavételi helyének, addig a TDa hosszabb szakaszból, a teljes kisvérkör és a nagyvérkör artériás szakaszának egy részéből extrapolálja az egész keringésre. Az időben és térben kiterjedtebb minta csökkenti a lélegeztetés befolyásoló hatását és más (de ugyanúgy a Stewart-Hamilton-elven alapuló) algoritmust használ a perctérfogat meghatározására. A bolus-hatás görbe integrálásából számolt perctérfogat és a lefutásából nyert időadatok birtokában, a  $Q = V/t$  alapösszefüggés alapján különböző, a keringést jellemző térfogatokhoz jutunk, melyek a nyomásokkal (CVP, artériás nyomás) együtt a vérkeringés pontos megítélését teszik lehetővé. Legfontosabb ilyen térfogat a *globális end-diasztolés volumen* (GEDV), amely a szív négy üregében található diasztolés végi térfogat összege és a volumetriás preload meghatározás eszköze.



#### A transpulmonális termodilúciós módszer előnyei

- Kevesebb kockázati tényező és szövődmény
- Hemodinamikai adatok mellett volumetriás (preload) paraméterek meghatározása
- DE: nem informál a kisvérkör nyomásviszonyairól

### 4.3.3. A perctérfogat (CO) alapján számítható paraméterek

- *Szívindex* (CI) = CO / testfelszín (l/perc/m<sup>2</sup>). Előnye a perctérfogattal szemben, hogy függetleníti a perctérfogat értékét a testmérettől, így az egyes betegek értékei összehasonlíthatók. Egy konkrét esetben sokkal fontosabb a CO vagy CI változásának követése, mint az, hogy önmagában mennyi a pillanatnyi abszolút érték. Normál tartomány: 2,5–3,5 l/perc/m<sup>2</sup>;
- *Pulzustérfogat* (stroke volumen) = CO / szívfrekvencia (ml). Utal a szív működés hatékonyságára. Alacsony értékei jól jelzik, hogy a szív „üresen ver”, de a normál tartomány feletti értékek önmagukban nem jelentik a Frank-Starling-mechanizmus optimális kihasználtságát. Normál tartomány: 60–90 ml;
- *Perifériás érellenállás* (SVR) = (Artériás középnyomás – CVP) / CO. Jól tükrözi a nagyvérkör tónusát, fő komponense a bal szívfél afterloadjának. A magas SVR vazokonstriktiót jelez (alacsony perctérfogat, katekolaminhatás stb.), az alacsony SVR vazodilatációt (szepszis, anafilaxia stb. – ld. előbb);
- *Oxigénszállítás* (DO<sub>2</sub>) = a keringés által szállított oxigén mennyisége, melynek összetevői:
  1. az oxigéntartalom (a hemoglobinnal és a szaturációval – SaO<sub>2</sub> függvénye)
    - a teljesen szaturált hemoglobinnal grammonként 1,34 ml oxigént szállít) és
  2. a perctérfogat (vagy a szívindex):
 
$$DO_2 \text{ [ml/min]} = CO \times [(1,34 \times Hgb \times SaO_2) + (0,003 \times paO_2)]$$
 Normál tartomány: 15–20 ml/min/tskg vagy 500–600 ml/min/m<sup>2</sup> (ld. később).

A VO<sub>2</sub> az artériás és vénás vér oxigéntartalmának különbsége és a véráramlás közötti összefüggés:  $VO_2 \text{ (ml/min)} = (CaO_2 - CvO_2) \times CO$ . Ha a Hgb, a CO és az A/V szaturáció ismert, a VO<sub>2</sub> kiszámítható anélkül, hogy a pO<sub>2</sub> értéket ismernénk (az oldott O<sub>2</sub> általában a teljes O<sub>2</sub>-tartalom kisebb, mint 0,3 Vol%-a):  $VO_2 \text{ (ml/min)} = Hgb \times 1,34 \times [(SaO_2 - SvO_2) / 100] \times CO$  (ld. később).

### 4.4. A szív kontraktilitása

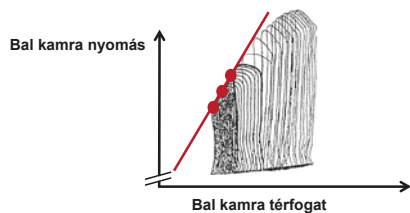
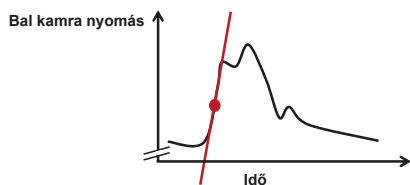
A bal kamra feladata a diasztolés során beáramlott vért továbbítani a nagyvérkörbe. A kamra teljesítményét befolyásoló tényezők:

- Preload
- Afterload
- Szívfrekvencia
- Oxigén- és energiaellátottság
- Szervezet neuro-humorális státusza
- Kontraktilitás

### III. A KERINGÉS INVAZÍV MONITOROZÁSA

A szívkontraktilitás meghatározása a gyakorlatban a normális szív ciklus szisztolés fázisában lehetséges, az izometriás kontrakció ( $dP/dt \max$ ) vagy a végszisztolés nyomás-volumen ( $ESPVR = \text{End-Systolic Pressure-Volume Relation}$ ) összefüggés alapján.

1. Az artériás nyomásgörbe  $dP/dt \max$  értéke a bal kamrai nyomásváltozás növekedését reprezentálja, ami a szívkontraktilitás paramétere.
2. ESPVR-mérés esetén valamely, a pumpafunkcióra utaló paraméter ( $dP/dt$ ; kamranyomás) és az előterhelésre utaló paraméter (végdiasztolés volumen) egyidejű mérésével hozzuk létre a nyomás-volumen hurok görbéket, amelyek végszisztolés pontjaira (a legnagyobb nyomáshoz tartozó legkisebb volumen) illesztett egyenes meredeksége az elasztancia, melyet a kontraktilitás mérőszámaként fogadunk el. A gyakorlatban ez a mérés csak egy speciális, a kamra üregébe vezetett nyomás és volumen egyidejű meghatározására alkalmas katéter révén lehetséges.



Fent: az artériás nyomásgörbe  $dP/dt \max$  értékének meghatározása. Lent: az Y tengelyen a pumpafunkcióra utaló paramétert ( $dP/dt$ ; kamranyomás), az X tengelyen valamely, előterhelésre utaló paraméter (kamrai átmérő; volumen) ábrázolnak.

## IV. A légzőrendszer monitorozása

”Genius is one per cent inspiration,  
ninety-nine per cent perspiration”  
Thomas Alva Edison (1847–1931)

A légzőrendszer monitorozásának különös jelentősége van a belgyógyászati, tüdőgyógyászati, intenzív terápia és az aneszteziológiai gyakorlatban (pl. légzésfunkciós vizsgálatok, ventiláció, oxigenizáció vizsgálata, a gépi lélegeztetés paramétereinek nyomon követése stb.) A légútbiztosítás legbiztonságosabb, legáltalánosabb módja az endotracheális intubálás, mely lehetővé teszi a ki- és belélegzett gázok összetételének folyamatos monitorozását is. Ennek módszerét minden gyakorló orvosnak ismernie kell.

Érzékszervi monitorozást jelent a hallgatódzás és a légzési jellegzetességek (ritmus, frekvencia, mélység, légzéstípus) megfigyelése.

### 1. A légzésszám monitorozása

- Termisztorral (ld. később), spontán légző beteg orrnyílásában
- Mellkasi impedancia-változás mérésével
- Légúti nyomásváltozások segítségével
- Kapnometriával

### 2. A ventiláció hatékonyságának mérése

- **Kapnometria.** A széndioxid abszorpciós hullámhosszán egy fénynyaláb intenzitásváltozásának mérésével határozza meg a gáz koncentrációját. A kapnogram jól demonstrálja a légzési, ill. lélegeztetési paramétereket (légzési frekvencia, be- és kilégzés aránya, ventiláció mértéke).
- **Artériás vérminta gázanalízise** artériából vagy arterIALIZÁLT kapillárisból nyert vér vizsgálatával (ld. később).
- **Pulzus-oximetria.** A mérés elve az oxihemoglobin és a redukált hemoglobin fényelnyelésének különbségén alapul. A készülék a kétféle hemoglobin fényelnyelési maximumának megfelelő hullámhosszú (vörös és infravörös) fényt bocsát át a kapilláriságyon, és a fényelnyelés arányából határozza meg az oxihemoglobin százalékos arányát. A mérés helye: ujjon, fülcimpán, orrháton, kéz-, ill. lábközépen (csecsemőkön), fülkagylón. A készülék a hemoglobin oxigéntelítettségéről (szaturációjáról), és a szív-

frekvenciáról ad számszerű információt, valamint pletizmogramot rajzol (ld. előbb).

- **Transzkután oxí- és kapnometria.** A bőrön átdifundáló gázok parciális nyomásának mérése elektrokémiai módszerrel. Csak jó perfúzió esetén ad hiteles értékeket (ld. később).

### 3. A légzési gázok monitorozása

Az artériás CO<sub>2</sub>-koncentráció mérése nagyon pontos módszer, de invazív, és nem ad folyamatos adatokat. A tüdőn át távozó, kilélegzett CO<sub>2</sub> mérése nem invazív, szakaszosan vagy folyamatosan is történhet. Fontosabb lehetőségek:

- Kolorimetrikus eszközök
- Infravörös abszorpciós fotometria
- Tömegspektrométer
- Raman szórási

#### 3.1. Kolorimetria

- A hordozható, könnyű módszer alapelve pH-érzékeny festék színváltozása CO<sub>2</sub>-gáz jelenlétében. A festék rendszerint metakrezol (bíbor) és sárgára színeződik CO<sub>2</sub> hatására.

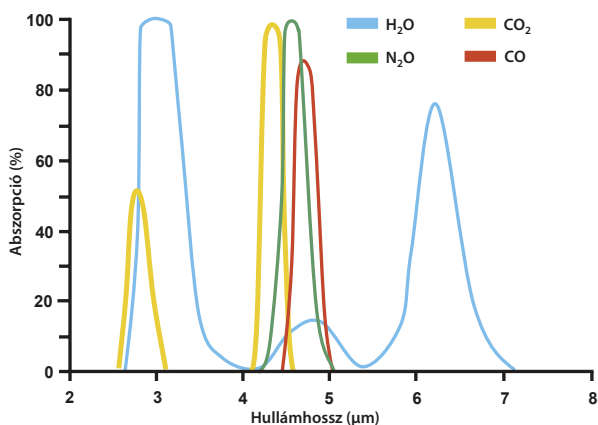


- Az álpozitív eredmények aránya alacsony (savas oldatok, pl. atropin, lidocain azonnal megváltoztatják a színt), az álnegatív eredmények aránya magasabb.

#### 3.2. Infravörös abszorpciós fotometria. Kapnográfia és kapnometria

A mérési elvet 1859-ben írták le (a Beer-Lambert-törvényen alapul a pulzoximetriához hasonlóan), ami lineáris összefüggést bizonyít a fényelnyelés és az elnyelő anyag között: minél magasabb a közeg CO<sub>2</sub>-koncentrációja, annál nagyobb lesz a fényelnyelés. A CO<sub>2</sub> abszorpciós maximuma 425 nm hullámhosszon van, de a N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O, és CO is abszorbeál ennél a hullámhossznál.

## IV. A LÉGZŐRENDSZER MONITOROZÁSA



Fontos a kapnográfia és a kapnometria elkülönítése: kapnográfia esetén a mintavételi helyről (általában az endotrachealis tubus végéről) származó gázminta széndioxid-tartalmát folyamatosan méri, és grafikusan is kijelzi a készülék – a kapnográf. A kilégzett CO<sub>2</sub> jellegzetes nyomásgörbét rajzol (ld. a fenti ábrát). Kapnometria esetén az ETCO<sub>2</sub> értékét mérjük (nincs hullámformamegjelenítés), az eszköz elnevezése: *kapnométer*.



### 3.2.1. A kapnográfok alaptípusai

Oldaláramú (*sideport*) és főáramú (*mainstream*) mérésekre alkalmas eszközök lehetnek.

#### A *sideport* (oldaláramú) mérés jellegzetességei

- A gázmintavétel egy vékony csövön át történik, az analízisre különálló kamrában kerül sor.
- Nagyon megbízható eredményt ad (de magasabb légzésszámnál kevésbé megbízható).
- Időeltolódás (szükséglet) 1–60 sec.
- Nehézséget jelenthet a víz, váladékok, és levegő beszívargása.

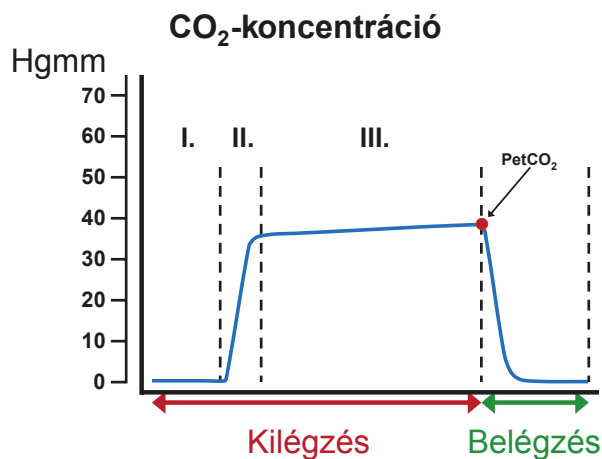
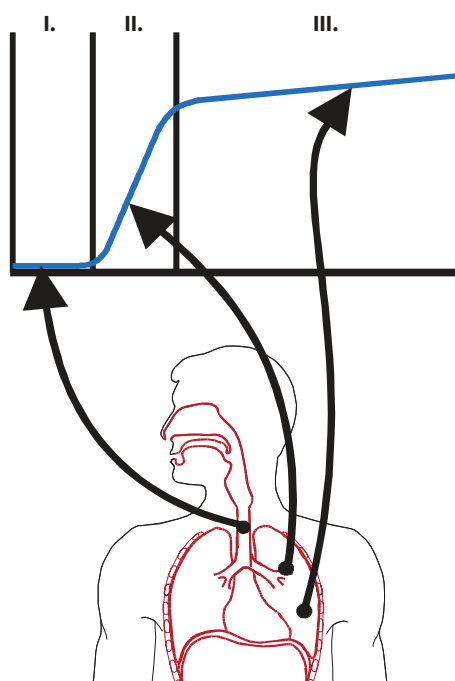


#### A *mainstream* (főáramú) mérés jellegzetességei

- Nagyobb, elzárhat kisebb tubust, holtteret jelent a légútban (a szenzor a légutakban van).
- Reakcióidő csak 40 msec, nagyon pontos.
- Szétszerelés nélkül a kalibráció nehézkes, a visszalégzést („*rebreathing*”) nehéz felismerni.
- Nedvesség, pára jobban befolyásolja a méréseket, meghibásodás esélye nagyobb.

### 3.2.3. SBCO<sub>2</sub>-hullám

A normális kapnogrammon egyetlen kilégzés analízise (az ún. *Single Breath* CO<sub>2</sub> – SBCO<sub>2</sub> hullám) alapján 3 szakasz különíthető el: az I. fázis a légutakra jellemző; a II. fázis átmeneti levegő, a III. fázis az alveoláris gáztérből származik.



A kilégzett CO<sub>2</sub> parciális nyomása a légzés egyes fázisaiban



- Az I. szakasz a kilégzés kezdete, a minta itt leginkább az anatómiai holttérre jellemző.
- A II. szakaszban az alveoláris levegő keveredni kezd a holttér gázaival, így a CO<sub>2</sub>-koncentráció gyorsan emelkedik. A holttér kiszámítása az I. és II. fázis alapján a  $VD = V_{Danat} + V_{Dalv}$  összefüggésből lehetséges. Az alveoláris holttér jelentős emelkedése számottevő V/Q ventilációs/perfúziós aránytalanságra (shunt keringés!) utal.
- A III. szakasz az alveolusok CO<sub>2</sub>-eliminációját tükrözi. Van egy „lassú szakasza”, mely a lassú alveoláris kiürülést mutatja (a „lassú alveolusoknak” alacsony a V/Q aránya, ezért magasabb a CO<sub>2</sub> koncentrációja), emellett a CO<sub>2</sub> diffúziója gyorsabb kilégzés alatt.
- A végkilégzési CO<sub>2</sub> (*end-tidal* CO<sub>2</sub> = ETCO<sub>2</sub>) és a végkilégzési csúcs CO<sub>2</sub> (*peak end-tidal* PetCO<sub>2</sub>) a III. fázis maximumával egyenlő. A PetCO<sub>2</sub> általában ~0,4 kPa-val alacsonyabb, mint a PaCO<sub>2</sub>.
- Az utolsó (IV.) fázis a belégzés.

#### A megnövekedett ETCO<sub>2</sub> okai

- Alveoláris hypoventilláció – ez a leggyakoribb és legfontosabb ok!
- CO<sub>2</sub>-visszalégzés a rendszerbe (anélkül, hogy elnyelésre kerülne)
- Anyagcsere fokozódás, fokozott CO<sub>2</sub>-termelés (pl. malignus hyperpyrexia, hyperthyreosis)
- Metabolikus alkalózis kompenzációja (spontán légzés mellett)
- Végtagszorítás felengedése
- Exogén CO<sub>2</sub> alkalmazása (pl. laparoszkópia során), HCO<sub>3</sub> adása

#### Az alacsony ETCO<sub>2</sub> okai

- Alveoláris hiperventilláció (folyamatosan csökkenő ETCO<sub>2</sub>)
- Csökkent CO<sub>2</sub>-képzés, melynek fontosabb okai:
  - hipotermia,
  - mély anesztézia, neuromuszkuláris blokádnak,
  - metabolikus acidózis kompenzációja spontán légzés mellett.

#### Egyéb eltérések a kapnogramon

- Emelkedett, (megnyúlt) III. fázis: obstruktív tüdőbetegség (magas ETCO<sub>2</sub>)
- A kapnogram görbéje alacsony (III. fázis horizontálisan „megnyúlt”): nagy eltérés az artériás (paCO<sub>2</sub>) és légúti CO<sub>2</sub> között:
  - masszív pulmonalis embolia, légembólia
  - csökkenő CO
  - hipovolémia
- A légúti CO<sub>2</sub> hirtelen jelentős csökkenése, a görbe „megszűnése”:
  - kimozdult endotrachealis tubus
  - légzésleállás

- keringésleállás
- légúti obstrukció
- szétesés, a rendszer nagyfokú tömítetlensége
- Légúti CO<sub>2</sub> exponenciális csökkenése:
  - súlyos hiperventilláció
  - kardiopulmonális történés

### 3.3. A kapnográfia alkalmazása

#### Általános alkalmazások

- Endotracheális tubus helyzetének (intubáció) igazolása
- A légzés és lélegeztetés monitorozása, légzési zavarok (pl. bronchospasmus) és a terápiás hatékonyság kimutatása
- Keringési elégtelenség monitorozása
- Újraélesztés hatékonyságának monitorozása
- Hipermetabolikus állapotok kimutatása

#### „Speciális” alkalmazás: légembólia diagnosztizálása

A *passzív légembólia etiológiája*: nyitott vénák, vénás szinuszok, pl. ülő testhelyzetben végzett idegsebészeti beavatkozások, gerincműtétek esetén, centrális vénás katéterek behelyezésekor. Az *aktív légembólia etiológiája*: gyors transzfúzió adása nyomás alatt, laparoszkópia kapcsán (szén-monoxid pneumoperitoneum – ld. ott), femoralis régió operációi, gázzal hűtött lézertechnikák alkalmazásakor.

#### Tünetek

- Hirtelen eszméletvesztés, hipoxia, csökkenő ETCO<sub>2</sub>
- Alacsony perctérfogat, bradikardia

#### Diagnózis

- Kapnográfia
- Doppler UH
- Oesophagealis sztetoszkóp („malomkerék zöreje”)
- Csökkenő artériás oxigénzaturáció

#### Megelőzés

- Óvatosság infúziók adásakor, infúziós szerelvények légtelenítése (mottó: „*ha vér nem jön kifelé, a levegő még könnyen mehet befelé!*”)
- Gondos fektetés. Ha lehetséges, a sebészi beavatkozás a szív szintje alatt legyen
- Óvatosság a centrális vénás katéterek, zárt rendszerek alkalmazásakor (pl. nyomástranszducereknél minimális számú toldalék, toldalékok cseréje a szív szintje alatt történjen)
- A katéterek eltávolításakor a beteg feje lejjebb legyen, spontán légző betegben az eltávolítás kilégzésben történjen (lélegeztetett betegben belégzésben!)

#### Kezelés

- 100% oxigén alkalmazása
- Hagyjunk abba minden beavatkozást (műtétet, eszközös tevékenységet)

- Távolítsuk el a levegőt (pl. a centrális vénás katéterből) *in situ*
- Mossuk át – ill. árasztjuk el – a levegő belépési pontját fiziológiás sóval
- Készüljünk fel az újraélesztésre

### 4. Az endotrachealis intubáció



*Definíció* szerint tubus bevezetése a szájon vagy orron át a légcsőbe, a légutak átjárhatóságának biztonságos fenntartása céljából. A technika lényege, hogy műanyag vagy gumi anyagú, és az igényekhez mért vastagságú tubust vezetünk be a beteg légzőrendszerébe úgy, hogy annak vége a tracheában, vagy – indok szerint – valamelyik főhörgőben – helyezkedjen el (és utóbbi esetben a két tüdőfél lélegeztetését egymástól is elválassza). Ez a művelet megfelelő indokok alapján elvégezhető éber betegben is, helyi érzéstelenítésben, de gyakrabban általános anesztéziában, ill. sokszor izomrelaxánsok hatása alatt intubálunk. Amennyiben a tubus benntartásának szükségessége már nem áll fenn, *lege artis* eltávolítjuk (extubáció).

#### 4.1. Szabad légutak biztosítása

A műtétek alatt a légutak folyamatos biztosítása az aneszteziológus (egyik legfontosabb) feladata. Elvileg ez elérhető extratrachealis módszerekkel, azaz a beteg fejének hátraszegésével, a nyelv hátraesésének megakadályozásával. A légutak szabadon tartásához különböző anyagú és méretű oro- és nasopharyngealis tubusok, laringealis maszk alkalmazható. Érzéstelenítés és műtét alatt (valamint kritikus helyzetben, baleseteknél) a legnagyobb biztonságot a légúti intubáció adja.

#### 4.2. Az endotracheális intubáció előnyei az extratracheális módszerekkel szemben

- Az anatómiai holtter az eredetinek 50–60%-ára csökkenthető, az alveoláris ventiláció jobb hatásfokú, kivált nagyobb műtéti kockázatú betegeknek.
- Lehetővé teszi a pozitív nyomású lélegeztetést, a manuálisan vagy gépi eszköz segítségével áramoltatott levegő és altatógáz keverék csak a légzőrendszerbe jut és nem a gyomorba!
- A hányás és regurgitáció nem fenyeget a légúti aspiráció veszélyével.
- A légúti váladék a hörgőrendszer csaknem minden részéből jól leszívható.

- Megfelelő lélegeztetési technikával a micro- és macro-atelectasia elkerülhető.
- A beteg fektetése (pl. hasra fordítása) nem okoz gondot a lélegeztetés fenntartásában.
- Szükség szerint gyógyszerek is bejuttathatók a tubuson keresztül.

#### 4.3. A légúti intubáció biztonságos elvégzéséhez szükséges felszerelések



- Oxigénellátás, altatógázokat adagoló készülékek
- Arcmaszk, pharyngealis tubusok, mandzsettás vagy sima endotrachealis tubusok
- Laringoszkópok, különböző méretű és formájú szájlapocok
- Fecskendők a mandzsetta felfújásához és eszköz a kontrollballon feletti vezeték elzárásához
- Tubusvezető eszköz (*Magill*)
- Gyógyszerek
- Leszívó készülék (váladékeltávolításhoz, hörgőtoilette)

#### 4.4. A légúti intubáció technikai kivitelezése



Az intubálást általában laringoszkóp segítségével, a szem közvetlen ellenőrzésével végezzük (direkt laringoszkópia).

Az intubálás leggyakrabban alkalmazott (rutin) módszere:

1. Először készítsük elő a szükséges felszerelést, eszközöket és gyógyszereket a beteg mellé helyezett asztalkára. Ellenőrizzük azokat használatba kerülésük sorrendjében:
  - *Ruben*-ballon szeleppel és maszkkal, vagy altatógép kézi lélegeztetési lehetőséggel;
  - leszívó pumpa, leszívó katéterrel;
  - laringoszkóp;
  - endotrachealis tubusok;
  - tubuscsatlakozók;
  - fecskendő a mandzsetta felfújásához;
  - érfogó, a mandzsetta légvezetékének lefogásához;
  - harapásvédő (pl. *Guedel*-tubus);
  - ragtapasz, vagy megfelelő eszköz a tubus rögzítésére.

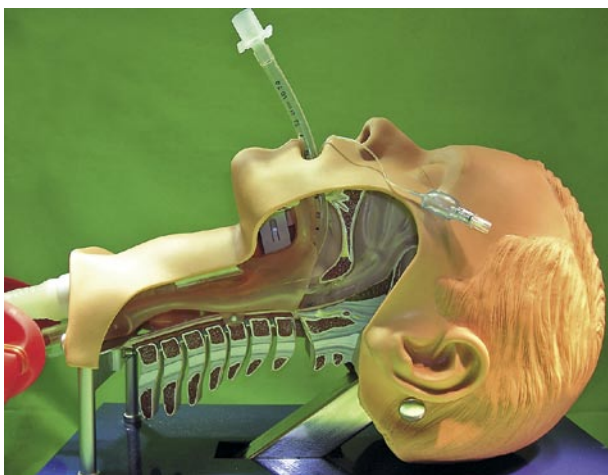
Ha a beteg apnoés, vagy bármilyen okból nem elegendő a légzése, maszkon keresztül kell lélegeztetni mindaddig, amíg a felsorolt eszközöket elő nem készítjük.

2. A beteg az intubáláshoz a legmegfelelőbb pozícióban a hátán fekszik, feje a mi irányunkban van.
3. Vezessük be a tervezett módon az általános érzéstelenítést (vagy megfelelő helyi érzéstelenítést és szedálást alkalmazzunk).
4. Oxigenizáljuk a beteget legalább 3 percen át maszk segítségével. (Ha a nem légző betegen rövid idő – legfeljebb egy perc – alatt nem sikerült az intubálás, maszkon át kell lélegeztetni, és ismételt próbálkozásra csak a jól oxigenizált betegen kerülhet sor).
5. A beteg fejét hozzuk a megfelelő helyzetbe. A módosított *Jackson*-helyzet (ld. lent!) megkönnyíti a gégebemenet feltárását. A légutak legszűkebb szakasza felnőtten a hangrés (kisgyermeken a subglotticus szakasz). Hanyatt fekvő emberen a szájüreg és a garat képzeletbeli tengelye előre nyitott tompaszöglet zár be. A tengelyek egymáshoz való közelítésére, a bevezetendő tubus útjának kiegyenlítésére történetileg kétféle módszert használtak:
  - 5.1. A klasszikus *Jackson*-féle helyzetben a beteget laposan, párna nélkül, hanyatt fektetjük, s fejét homlokára helyezett tenyerünkkel az atlantooccipitalis ízületben hátrahajlítjuk, ezzel a nyaki gerincet is retroflektáljuk. A szájüreg és a légcső tengelye egymáshoz közeledik, így a gégebemenet (hangrés) a laringoszkóp világító lapocával látótérbe hozható.
  - 5.2. A módosított *Jackson*-féle helyzetben a hanyatt fekvő beteg tarkója alá 10–15 cm vastag párnát helyezünk, és fejét csak annyira hajlítjuk hátra, hogy a száját könnyen kinyithassuk. (Ez az ún. „*sniffing-position*” ha kicsit előrehajolva meg akarunk szagolni valamit, körülbelül hasonló a nyak és a fej tengelyének viszonya). A szájüreg, a garat és a trachea tengelye így közeledik egymáshoz. A laringoszkóppal betekintve ilyenkor kissé lefelé, az epiglottis alatt meglátható a hangrés.
6. Amennyiben az intubálást izomrelaxációban tervezzük, az oxigenizációt és a beteg elaltatását követően beadjuk az izomrelaxáns, és – folyamatos lélegeztetés mellett – kivárjuk a hatás beálltát.
7. A nyelvhat görbületének megfelelő *Macintosh*-féle laringoszkóppal úgy intubálunk, hogy a módosított *Jackson*-helyzetbe fektetett beteg fejénél állva, a lapoc nyelvét bal kézzel marokra fogva, a lapoccal a nyelvet bal felé „elkanalazzuk”, és a nyelv jobb oldalán haladva haladunk előre az epiglottis megpillantásáig. Ekkor a lapocot 1–2 cm-re továbbtoljuk előre, miközben a laringoszkóp nyelvét annak hossz tengelye irányában emeljük. (Nem támaszkodunk ilyenkor a felső fogsorra, és nem billentjük a laringoszkóp nyelvét magunk felé, mert fog sérülést okozhatunk!) Az így előretolt lapoc vége a nyelvgyök és az epiglottis közé kerül, a plica glossoepiglotticába, és a nyelvgyök felemelésével együtt felemelkedik a gégefedő is (a corpus ossis hyoidis és a cartilago epiglottidis között húzódó lig. hypoepiglotticumnak köszönhetően), és feltáru a csúcsával felfelé álló, háromszög alakú hangrés. Ha az epiglottis és a trachea bemenete nem látható, a segítő nyomja le a pajzsporc alját és a gyűrűporcot (*Sellick*-manőver). A jobb kezünkben tartott endotrachealis tubust így a jobb szájzugból a hangrésbe illesztjük, és a tracheába vezetjük. Szemünk ellenőrzése mellett 4–5 cm-rel tovább toljuk előre a tubust, míg annak mandzsettája a hangrésben el nem tűnik. Arra mindenkor ügyeljünk, hogy a lágyrészeket a laringoszkóp lapocával ne sértjük meg, az epiglottist ne érintsük, és a tubust ne erőltessük át mindenképpen a nem kellően tág hangrésen. A laringoszkópot nem forgatni, hanem emelni kell a jó feltáru érdekében, és az soha ne támaszkodjon a felső, elülső fogakon. A nyelvet toljuk el, hogy látásunkat ne akadályozza.
8. Az intubálás mélységét a tubus jelzésén olvassuk le. A légcsőbifurkáció a felső metszőfogaktól férfiban kb. 27, nőben kb. 23 cm távolságra van. A tubus distalis végének a tracheában a bifurkáció felett 1–3 cm-nyire kell lennie ahhoz, hogy mindkét tüdő egyenletesen vegyen részt a légzésben. Ezután a mandzsettát fújuk fel, és – amennyiben az nem szelepes – a kontrollballont zárjuk le. Fontos, hogy a nyomási sérülés elkerülésére a ballont ne fújuk túl. Ennek veszélye kisebb ún. „*low pressure cuff*” alkalmazása mellett, mely nagyobb felületen fekszik fel, Alkalmazhatunk még speciális manométert is a túlfújás elkerülésére. A mandzsetta megakadályozza a nyál, vér, gyomortartalom stb. lecsorgását a tubus mellett a tüdőbe, és biztosítja a levegővesztés nélküli lélegeztetést. A mandzsetta légtartó állapotáról a kontrollballon feszessége tájékoztat bennünket.
9. Meg kell győződnünk arról, hogy az intubálás sikeres volt-e.
  - Ellenőrizzük a légzési hangokat váltott hallgatózással mindkét középső hónaljvonalban a két tüdőfél felett, hogy a tubus korrekt elhelyezkedéséről meggyőződhetünk. Ha a tubus vége megfelelő helyen, a bifurkáció felett a tracheában van, a két oldalon egyforma erős a légzési hang. Ha túlságosan előretoljuk a tubust, az rendszerint a jobb főhörgőbe jut. Ilyenkor a baloldalon nem, vagy alig hallható a légzés. A túl mélyre jutott tubust vissza kell húzni addig, amíg a légzést mindkét oldalon egyformán halljuk.
  - A tubus helyzetéről a legegyszerűbben úgy győződhetünk meg, hogy a fülünket közvetlenül a tubus végéhez tartjuk, és kezünkkel a mellkas felső részét enyhén meglökjük. Ilyenkor a levegő kiáramlását halljuk a tubuson át.

## IV. A LÉGZŐRENDSZER MONITOROZÁSA

- A tubuson keresztül befújva a mellkas szimmetrikus emelkedését (a mellkas szintjében figyelve), majd süllyedését észleljük, és a levegő akadálytalanul áramlik vissza, a tubus a tracheában van.
- Kapnográf használatakor a jellegzetes CO<sub>2</sub>-görbe megjelenése azonnal jelzi, hogy jó helyen van a tubus. (Ha az oesophagusba intubáltunk az ETCO<sub>2</sub> értelemszerűen 0!)

A tubus összeharapását a tubus mellett a beteg szájába helyezett harapásvédő (*Guedel*-tubus vagy megnedvesített pólyatekerccs) gátolja meg. A harapásvédővel együtt rögzíthetjük a tubust megfelelő helyzetében úgy, hogy kb. 30 cm hosszú, ujjnyi széles ragtapaszcsíkkal tekerjük körül, és azt kereszt alakban a beteg arcára ragasztjuk.



### 4.5. Tubusok

- Az endotrachealis tubus gumiból vagy műanyagból készült, kb. 30 cm hosszú, enyhén hajlított cső. Egyik végén felfújható mandzsetta van; az ennek felfújására szolgáló vékony csövecske kis kontrollballonnal van ellátva. Különböző vastagságban készülnek, a vastagságot (külső átmérő) *Charrière*-ben, újabban

milliméterben adják meg (1 Ch kb. 1/3 mm). Újabban a tubus belméretét is feltüntetik mm-ben, továbbá azt is, hogy „oralis” vagy „nasalis” bevezetésre alkalmas (ld. alább). Felnőtt férfiak 36–39 Ch (8–9 mm belső átmérő), nők 34–36 Ch (6,5–8 mm belső átmérő) a szokásos méret; ez könnyen bevezethető a hangrésbe. A tubus mandzsettával ellentétes végén lévő, vonallal aláhúzott számok a ferdén levágot csúcstól mért távolságot jelzik cm-ben.

- Tubusok a legkülönbözőbb anyagból készülnek, gumiból, műanyagból, latexből, esetleg az előbbi fémspirállal megerősítve (*Woodbridge*). Formájuk lehet konvencionális, enyhe ívben hajlított, ill. preformált, mandzsettával vagy mandzsetta nélkül. Készülnek tubusok orális és nazális bevezetés céljaira a tubus végén oldalnyílással, vagy anélkül. A tubus biztos tömítettségét szolgáló mandzsetták különbözőek lehetnek, normális hosszúságúak vagy nagyobbak, alacsony nyomásúak és a végén, vagy még a tubusmandzsetta előtti részen röntgenárnyékot adó fekete jelzéssel.
- Gyermekek részére speciális tubusok állnak rendelkezésre, ezek csaknem kizárólag mandzsetta nélküliek, műanyagból, vagy gumiból készültek és spirál-tubus is használatos. Számos közülük olyan véggel van ellátva, amely röntgenárnyékot ad.
- A tracheostomás betegek intubálásához speciális (rövid) tubusokat használnak (pl. tracheoflex tubus) különböző méretben, speciális tubusvezetővel, mandzsettával, esetleg hosszabb szárral. A gumiból készültek sárga mandzsettával vannak ellátva, ami a kicsúszás kezdetére hívja fel a figyelmet.



- Izolált intubáláshoz – a két tüdőfél elkülönített kezeléséhez, lélegeztetéséhez az ún. kettős lumenű tubusokat használják. Ezek ma már egyszer használatos műanyagból készülnek, egyik szárjuk a jobb, vagy a bal főhörgőbe kerül, a másik lumen a tracheába nyílik. Ennek megfelelően speciális kialakítású, eltérő kiképzésű tubusok vannak a jobb vagy a baloldali endobronchialis intubálás céljára.

## 4.6. A nasotrachealis intubáció

Bizonyos lépésekben különbözik az orotrachealis módszertől. Először a megfelelő tágasságú orrjáratot kell felderítenünk – szeptumdeviáció esetén néha csak az egyik alkalmas. Ezután a nyálkahártya vérrellátásának mérésére vazokonstriktor hatású orrcseppet vagy orrcsíkot kell alkalmazni a választott helyre. Nasotrachealis intubációra alkalmas tubust kell kiválasztanunk. Az egyéb előkészületek és lépések azonosak az előbbi módszerével. Az oropharynxig óvatosan levezetett tubust azután laringoszkópos feltárás mellett, a szem ellenőrzésével vezetjük át a gégebemeneten, és a már ismertettek szerint járunk el a továbbiakban. Nehéz intubálás (pl. szájjár) esetén fiberoszkóp segítségével vehetjük igénybe. Nazális vezetés mellett a kiválasztott tubust tövig felhúzzuk a fiberoszkóp munkacsatornájára, majd a hangrésen keresztül szem ellenőrzése mellett bevezetett eszközön, mint vezetőn toljuk azt előre a tracheába.

## 4.7. Intubálás éber állapotban

Olyankor indokolt, amikor a beteg állapota, vagy a várható intubációs nehézség miatt az általános érzéstelenítés nem lenne biztonságos (a légutak szabad átjárhatóságát veszélyeztethetné). Mindig alapos helyi érzéstelenítésnek (orr, garat, hypopharynx, gégebemenet) és lehetőleg megfelelő szedálásnak kell megelőznie a tubus bevezetését, mely gyakrabban nazálisan történik (vakon, vagy laringoszkóp segítségével).

## 4.8. Vak nasotrachealis intubáció

Elsősorban szájjár esetén indokolt (pl. maxillofacialis sérülés, gyulladás, tumor). A tubust a légzési hang hallgatásának segítségével vezetjük. Ellenjavallt a módszer: koponyalapi törés, epipharynxtumorok esetén, ill. amikor az orr nem átjárható.

## 4.9. Leszívás

Intubált betegen leszívhatjuk a trachea alsó szakaszát is. A megfelelő méretű leszívó katétert szívás nélkül vezessük le, majd folyamatos szívás mellett húzzuk ki. Az alsóbb légutak leszívásánál fokozottan ügyeljünk a sterilitásra! Egy leszívás ne tartson tovább 10-15 másodpercnél, utána lélegeztessük a beteget. Hipoxia esetén a leszívás előtt

ajánlatos oxigéndús levegővel jól átlélegeztetni a beteget. Extubálás előtt először mindig a garatot, a mandzsetta feletti szakaszt szívjuk le, és csak ezután engedjük ki a levegőt a mandzsettából, és húzzuk ki a tubust, esetleg egy bevezetett steril katéteren keresztül folyamatos szívást alkalmazva. (A mandzsetta fölött nyák gyűlhet fel!)

## 4.10. Nehézségek és akadályok



- A leggyakoribb intubálási nehézséget előidéző okok: szájnyitási korlátozottság (pl. gyulladással, tumoros, heges, ankylotikus stb. eredetű szájjár), a laringoszkópos feltárás nehezítettsége (pl. rövid, vastag nyak, a mandibula és maxilla rendellenességei, macroglossia, a nyaki gerinc mozgáskorlátozottsága, stb.), vagy a tubus bevezetésének akadályozottsága (pl. gégetumor, tracheaszűkület vagy -diszlokáció).
- A felszerelés hiányossága vagy hibái mellett gyakran okoz nehézséget a nem megfelelő fektetés. Ha nincs gyógyszeres izomrelaxációra lehetőségünk, ritkán az izomellazulás hiánya is technikai nehézséget okozhat.
- Aspiráció veszélye esetén nagyon gyorsan kell cselekednünk: mellőzzük a maszkon át történő lélegeztetést; a vért, a nyákot a regurgitáló gyomortartalmat folyamatosan szívjuk. A gyűrűporcot három ujjal erősen a gerincoszlophoz nyomva (*Sellick-féle műfogás*), csökkenteni lehet a gyomortartalom regurgitálásának veszélyét. A pecsétgyűrű alakú gyűrűporc kerek lapja hátrafelé néz, a mögötte futó nyelőcsövet a nyaki gerincnek nyomja és elzárja. Ezt a műveletet az asszisztens végzi, miközben haladéktalanul intubálni kell.
- Rendkívül sürgős esetben (pl. fulladásveszély) a légutak biztosításának leggyorsabb módja a ligamentum cryothyroideum bemetszése (és intubálás a gégen keresztül) vagy punkciója (és „jet-lélegeztetés”).

## 4.11. Szövődmények

- Sérülést okozhatunk az intubálás folyamán az ajkakon és a nyelven, lepattanthatunk vagy luxálhatunk fogat, megsérthetjük a garat és a gége nyálkahártyáját, a hangszalagokat; vérzést okozhatunk a garatban.
- A behelyezett tubus is a szövődmények forrása lehet. Túlágosan vékony tubus (különösen kisgyermeken) növeli a légzés ellenállását. Elzáródhat a tubus, ha megtörik, vagy a beteg ráharap; lumenét szűkítheti vagy elzárhatja váladék, vér, idegentest; a vége nekifeküdhet a légcső falának, vagy ráborulhat a túlágosan felfújott mandzsetta. Rossz helyen lehet a tubus vége: súlyos, halálos szövődményt okozhat, ha nem vesszük észre, hogy a légcső helyett a nyelőcső-

be jutott; ki is csúszhat a tubus a tracheából, vagy túl mélyre, endobronchialisán kerülhet. Lélegeztetési akadályt okoz, ha a beteg köhög, feszít, présel, vagy ha légúti spasmus keletkezik.

- Kivételesen súlyos sérülés is előfordul az intubálással kapcsolatban: n. recurrens laesio, hangszalagleszakadás, nyaki szubkután és mediastinalis emphysema a recessus piriformisban keletkező nyálkahártya-sérülés miatt, heges tracheaszűkület, trachea-ruptura. A túlságosan fel-fújtt mandzsetta a tubus lumenének részleges elzáródását okozhatja, vagy nyomási károsodásra vezethet.

### 4.12. Csecsemők intubálása

Az eltérő anatómiai sajátosság miatt nehezebb feladat:

- A gyermek gégefője magasabban fekszik, mint a felnőtté (az újszülött gégebemenete a harmadik nyakcsigolya magasságában van).
- Az epiglottis viszonylag hosszabb és meredekebb lefutású, mint a felnőtteké.
- A bifurkáció – arányaiban – magasabban található (endobronchialis intubáció veszélye!).
- A felső légutaknak legszűkebb része nem a hangrés, hanem a kúpos lumenű gyűrűporc belseje. Ezért csecsemők intubálására mandzsetta nélküli tubusokat használunk.

Rendkívüli sürgősség, fulladásveszély esetén a légútbiztosítás legegyszerűbb módja a lig. cricothyreoideum bemetszése vagy punkciója (és intubálása a gégén keresztül, és „jet lélegeztetés”).

## V. Az oxigenizáció monitorozása

„Anoxaemia not only stops the machine,  
but wrecks the machinery.”

John Scott Haldane (1860–1936)

A szövetek, sejtek életében döntő fontosságú helyi oxigenizációt az artériás oxigéntartalom, a perfúziós nyomás és a szabad véráramlás lehetőségének triászja határozza meg. Az oxigenizáció megítélése mindig az aktuális klinikai állapot és a monitorozással kapott adatok összevetésén alapszik.

### 1. Történeti háttér

1774 Az oxigént Joseph Priestley (1733–1803) és Carl Wilhelm Scheele (1742–1786) fedezte fel, egymástól függetlenül.

1779 Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794) kimutatta az égésben játszott szerepét, és a levegőnek ezt a részét elnevezte „oxigénnek”.

### 2. Általános alapelvek

- Az oxigén szabad vagy kötött formában, minden élő anyag alapvető alkotója. A légkörben 21 térfogat% oxigén van (23,15 súly%), a tengervízben 85,8 súly% (az édesvízben 88,8%), a szilárd földkéregben 46,7, az emberi testben 60 súly%.
- A levegő oxigén, széndioxid, nitrogén és vízpára keveréke, s a Dalton-törvény alapján gázok keverékében a gáznyomás megegyezik a keveréket alkotó gázok egymástól független, parciális nyomásának összegével. Tengerszinten a légkör nyomása ( $P_{ATM} = 760$  Hgmm) a  $p_{N_2} + p_{O_2} + p_{CO_2} + p_{H_2O}$  résznyomásokból adódik össze. A gáznyomás mértékegysége a Hgmm és a torr. A tengerszint feletti 760 Hgmm-es légköri nyomáson és 0% relatív páratartalom mellett az oxigén parciális nyomása 159 torr [ $(760) \times (20,95 / 100)$ ].
- Az oxigén előállítását frakcionált desztillálással történik. Kritikus hőmérséklete ( $-119^\circ\text{C}$ ) felett nem cseppfolyósítható (a kritikus nyomás a kritikus hőmérsékleten mért gőznyomás). Tárolása „termosz” típusú tartályokban vagy magas nyomású gáztartályokban vagy palackokban történik.
- Fontos adat a belégzett gázkeverékben lévő oxigén aránya, a  $FiO_2$  (*Fraction of Inspired Oxygen*). A belégzett oxigén felmelegedik, relatív páratartalma 100%-os lesz (ld. alább), így az oxigén nyomása 149

torr-ra csökken. Az alveolusokban a kb. 40 Hgmm-es  $PCO_2$  tovább csökkenti az oxigén nyomását kb. 105 torr-ra, így az alveolokapilláris membránon keresztül 100–104 torr oxigén parciális nyomása „nehézedik” a kapilláris vérre.

- A relatív páratartalom (*Relative Humidity*) az abszolút páratartalom aránya a maximális kapacitáshoz képest (%). Az abszolút páratartalom a vízmennyiség tömege/liter gázra vonatkoztatva (mg/ℓ). Normális testhőn ( $37^\circ\text{C}$ ), a maximális vízzelvezető kapacitás 44 mg/ℓ, így pl. 75%-os RH esetén 33 mg/ℓ abszolút páratartalommal számolhatunk.
- Víz molekuláris diszpergálása esetén (vízgőz lebegése a gázban,  $0,01 \mu$  méretnél) nincs bakteriális fertőzésre lehetőség. Porlasztók, nebuliserek (nebula = felhő) használatkor vízcseppek vannak a levegőben szuszpendálva, a nagyobb részecskeméret miatt ekkor bakteriális transzport lehetséges.
- Az *in vivo* oxigénszállítás két formája az oldott  $O_2$  (a teljes  $O_2$  tartalom  $\sim 2\text{--}3\%$ -a); és a hemoglobinhoz kötött  $O_2$  (a teljes  $O_2$  tartalom  $\sim 97\text{--}98\%$ -a). A vér teljes oxigéntartalma ( $CaO_2$ ) az oldott és kötött oxigén összege. ( $paO_2$  = oxigén parciális nyomása az artériás vérben;  $PaCO_2$  = széndioxid parciális nyomása az artériás vérben.)
- A vér  $O_2$  szállító kapacitása egyenesen arányos a hemoglobin (Hbg) koncentrációval. A szaturáció vagy telítettség az oxénnel telített és a redukált hemoglobin arányát fejezi ki ( $SpO_2, SaO_2, SatO_2$ ). Egy gramm hemoglobin kb. 1,34 ml  $O_2$  kötésére képes. Az életani  $SpO_2$ : 95–98%. (A perfúzió zavara feltételezhető, ha a  $SpO_2$  kisebb, mint 95%; súlyos sejtműködési zavart okozhat, ha az  $SpO_2$  alacsonyabb, mint 90%.) A szaturációt a klinikumban folyamatosan nem invazív úton, pulzoximetriával monitorozzuk.
- A  $paO_2$  a plazmában szállított oxigén parciális nyomásának indikátora, élettani értéke normális nyomású levegő lélegzésekor 80–100 Hgmm, ami – normális hemoglobinszint mellett – kb. 99–100%  $SpO_2$ -nek felel meg. (A hemoglobintól függően 60 Hgmm  $paO_2$  kb. 90%  $SpO_2$ -nek, 40 Hgmm kb. 75%  $SpO_2$ -nek felelhet meg.) A  $paO_2$  monitorozása a klinikumban invazív úton, artériás vérgázminta analízisével lehetséges (ld. sav-bázis egyensúlynál).

### 3. Hipoxémia

*Meghatározása:* az artériás vér csökkent (abnormálisan alacsony) oxigéntartalma (az oxigénszaturáció kisebb, mint 90% vagy az oxigén parciális nyomása kisebb, mint 60 Hgmm – ld. később).

*Jellemzői* a következményesen csökkenő sejt oxigéntartalom és az anaerob anyagcsere, vagyis a sejtek energiatermelő lehetősége beszűkül. Hipoxémia felléphet

akutan, vagy krónikusan is fennállhat. Előbbi a medicinának bármely területén előfordulhat, és sürgős beavatkozást igényel. Hosszabb ideje fennálló hipoxia csak akkor igényel sürgős beavatkozást, ha hirtelen romlik a beteg állapota – ilyenkor többnyire fokozódó széndioxid retenció is kíséri.

*Fő jelei és tünetei:* nyugtalanság, mentális status változások (agitációtól az aluszékonyságig), tachycardia, pulzusváltozások, tachypnoe, csökkenő oximetriás értékek, cianózis (utóbbi a hipoxémiának általában késői jele). Mivel megjelenése a vér redukált hemoglobintartalmától függ, poliglobulia mellett korábban, anémiás betegekben később jelentkezik.

Az akut oxigénhiány sürgős beavatkozást igényel, lassú fellépés és krónikus fennállás esetén (pl. COPD) a betegek igen alacsony  $\text{paO}_2$ -értékeket is jól viselnek.

*Felismerése* nem mindig egyszerű. Átlagosan a megfigyelők fele csak akkor diagnosztizálja, ha az artériás oxigénszaturáció 80% alá esik (!); a negyedük pedig még 75%-os  $\text{SaO}_2$  esetén sem ismeri fel (ld: *Comroe JH, Bothello S. The unreliability of cyanosis in the recognition of arterial anoxaemia. Am J Med Sci 1947*). A cianózis a hipoxémia késői jele (!).

### 3.1. A hipoxia etiológiája

- Elégtelen külső légzés (csökkenő oxigénkínálat a tüdőkapillárisokban).
- Elégtelen oxigénszállítás (csökkenő oxigénszállítási képesség).
- Elégtelen belső légzés (az oxigén átadása csökken a kapilláris-sejt kapcsolatnál).

#### 3.1.1. A külső légzés zavara

Oka lehet a belégtett gáz alacsony oxigéntartalma/nyomása, elégtelen ventiláció, vagy az alveolusok és tüdőkapillárisok közötti gázcsere zavara. Az oxigén mindig a nagyobb parciális nyomású hely felől diffundál az alacsonyabb irányába; tehát egyrészt állandóan rendelkezésre kell állnia, másrészt folyamatosan át kell jutnia a membránokon. A vérpályába bejutott oxigénmolekulának kötődnie kell (szaturálni) a szállítómolekulához (a hemoglobinhez).

Az elégtelen külső légzés okai:

- Csökken a felhasználható oxigén mennyisége
  - belégtett levegő alacsony oxigéntartalma (pl. szellőzés hiánya, füst-belégtetés, egyéb gázok hozzákeveredése)
  - alacsony légnyomás (pl. magaslati hipoxia)

- Elégtelen légzési mechanika, hipoventilláció
  - centrális légzési készletelés hiánya (pl. agytörzsi lézió, gyógyszerhatás stb.)
  - a perifériás idegrendszer, a neuromuszkuláris áttévődés, vagy az légzőizmok működésének zavarai (pl. gerincvelői sérülések, izomdisztrófia, izomrelaxáns hatása stb.)
  - erős fájdalom (pl. pleuritis, bordatörés)
  - obstruktív és restriktív tüdőbetegségek, váladékretenció
  - légzésmechanikai problémák (pl. instabil mellkas, pneumothorax, hemo- és hidrothorax stb.)
- Inadekvát oxigéndiffúzió
  - Tüdődéma, restriktív légzési zavarok, (az alveolokapilláris út megnyúlása, a diffúzió zavarai),
  - ARDS, pneumónia (ld. fent + alveolusok elzáródása miatt csökkent légzőfelület – shunt keringés!)
  - COPD, asztma (az alveolusokban reked a levegő – „air trapping” – a légzőfelület csökken)
  - Tüdőembólia (légzésre alkalmas membránfelület változatlan, de alul/elégtelenül perfundált; a légzésre funkcionálisan alkalmas membránfelület csökken).

#### 3.1.2. Elégtelen oxigén transzport

Az *in vivo* oxigénszállítás jellegzetessége, hogy az artériás oxigéntartalom döntő hányada a hemoglobinmolekulát telíti. A szállítás feltétele a *kapacitás* (elegendő sejtszám és hemoglobinmolekula) és a kielégítő keringés (*makrokeringés*) egészen a sejtek szintjéig (*mikrokeringés*).

Az oxigéntranszport elégtelenné válhat:

- Anémia:
  - Csökkenő sejtszám = csökkenő szállító kapacitás
  - Elégtelen mennyiségű hemoglobin = elégtelen oxigénszállító kapacitás → csökkent oxigéntartalom
- Mérgezők:
  - Pl. a szén-monoxidnak a hemoglobinhez való nagyobb affinitása miatt csökken a szaturáció → csökken a szállítás
- Sokk
  - Alacsonyabb perfúziós nyomás → csökkenő kínálat

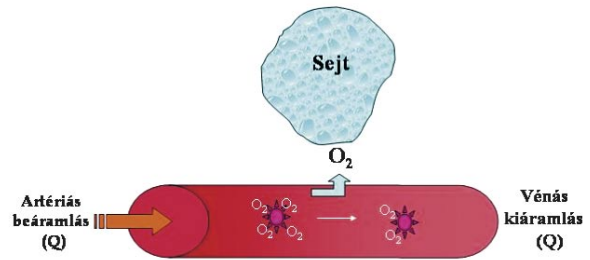
#### 3.1.3. Elégtelen belső légzés

*Belső légzés:* a vér és a sejtek közötti gázcsere. Az oxigénnek le kell szakadnia a hemoglobinmolekuláról. A kínálat ekkor is a magas koncentráció felől az alacsonyabb oxigénkoncentráció felé irányul.



A belső légzés elégtelensége dominál pl.:

- Sokkban nem áll rendelkezésre elegendő oxigénmolekula (masszív perifériás vazokonstriktió, mikroembolizáció, DIC stb. miatt);
- A sejt belső környezete hátráltatja az oxigén hatékony átadását és befogadását (sav-bázis zavar; normálnál alacsonyabb hőmérséklet);
- Mérgezések (pl. CO mérgezés) csökkenti a sejtszintű oxigénhozzáférést.

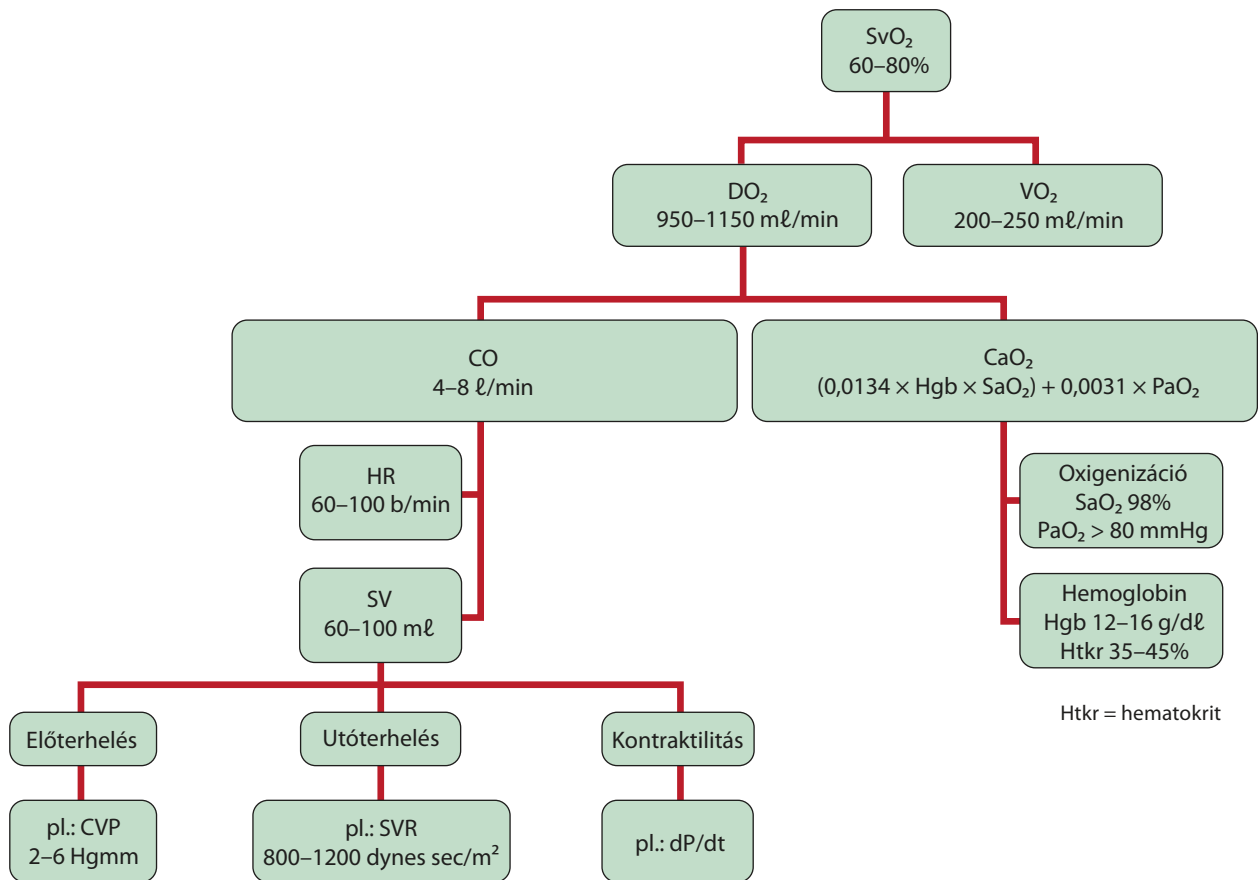


### 3.2. Az oxigénszállítás és oxigén felhasználás jellemzése

- Artériás oxigéntartalom =  $CaO_2$  (Vol%) =  $Hgb \times 1,34 \times (SaO_2 / 100) + (paO_2 \times 0,003)$
- Vénás oxigéntartalom =  $CvO_2$  (Vol%) =  $Hgb \times 1,34 \times (SvO_2 / 100) + (PvO_2 \times 0,003)$
- Arteriovenosus (AV) oxigén-parciális nyomás-grádiens =  $CaO_2 - CvO_2$  – normális esetben kb. 5 Vol% körüli.
- Oxigénszállítás ( $DO_2$  ml/min/m<sup>2</sup>) =  $CI$  (Cardiac Index l/min/m<sup>2</sup>)  $\times CaO_2$  (ml/l) =  $CI$  (l/min/m<sup>2</sup>)  $\times [(Hgb \times 1,34 \text{ g/l}) \times (SaO_2 + 0,003 \times paO_2 \text{ kPa})]$ .

Az oxigénszállítás főbb meghatározói:

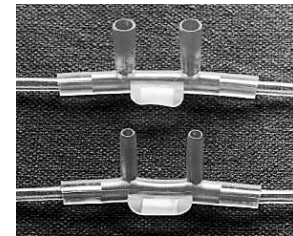
- Hgb
- Perc térfogat (CO), ill. szívindex (CI)
- SpO<sub>2</sub>
- Oxigénextrakció (ExO<sub>2</sub>): az oxigénkínálat metabolikus komponense (%). Az oxigénextrakciós arány (ER) =  $(SaO_2 - SvO_2 / SaO_2) \times 100$ ; a normális ER = 20–30%. Az extrakció mértéke szövetről-szövetre változik. Ha az O<sub>2</sub> ER hosszabb időn keresztül 0,65–0,75, a szervkárosodás és a szöveti oxigenizációs zavar valószínűsége igen magas.
- Az oxigénfelhasználás (VO<sub>2</sub> ml/min vagy ml/kg) kizárólag a Fick-egyenletet használva mérhető pontosan: az artériás és vénás vér oxigéntartalmának különbsége és a véráramlás közötti összefüggés alapján számolható:  $(CaO_2 - CvO_2) \times CO$ . Normális, élettani értéke 250 ml/min.



Az oxigénkínálat/felhasználás arányát befolyásoló tényezők

## V. AZ OXIGENIZÁCIÓ MONITOROZÁSA

- Ha a Hgb-koncentráció, a CO és az A/V szaturáció különbsége ismert, a  $VO_2$  kiszámítható anélkül, hogy a  $paO_2$  értéket ismernénk (a fizikailag oldott  $O_2$  a teljes  $O_2$ -tartalom kevesebb, mint 0,3 Vol%-a). Ekkor a  $VO_2$  (ml/min) =  $CO \times Hgb \times 1,34 \times [(SaO_2 - SvO_2) / 100]$ .
- Az alap-oxigénfogyasztást számos tényező befolyásolja és megváltoztathatja. Ha pl. egy beteg a műtőasztalon fekszik mély általános érzéstelenítésben, relaxálva és mesterségesen lélegeztetve, hipotermiában ( $-1\text{ °C}$  esetén 7%-os csökkenés valószínű), akkor a metabolikus igény az élettani helyzethez képest mintegy 30%-kal kevesebb lehet, így esetenként akár 170 ml/min  $VO_2$  is elfogadható.



### 3.3. Oxigéndinamika

- Az oxigénszállítás ( $DO_2$ ) és oxigénfogyasztás ( $VO_2$ ) normális esetben egyensúlyban van. Az élettani  $DO_2$  érték átlagosan 520–570 ml/min/m<sup>2</sup>.
- Kritikus  $DO_2$  esetén a fordulópont a tejsav (laktát) szint emelkedése a keringésben és az emelkedett szöveti  $CO_2$  tartalom (Pti $CO_2$ ). (aerob anyagcsere → anaerob anyagcsere). Oxigénadósság alakul ki (= időegység alatti, kumulatív oxigén felvételi hiány, konzumpciós deficit), az ATP szint csökken, mitochondrium-működészavar következik be, ezért az ATP képzés csökken. Az oxigénszállítás zavarának következményei:
  - Megváltozott  $Na^+$ ,  $K^+$  – ATPáz aktivitás: sejtduzadás/diszfunkció
  - $Ca^{++}$ -influx: foszfolipázok, proteázok aktiválása
  - Csökkenő antioxidáns védelem: csökkenő glutationszint
  - Gyulladásos sejtes „priming”
  - ATP-katabolizmus:  $ADP \gg AMP \gg$  hipoxantin lépésig tart a folyamat. A hipoxantin  $\gg$  xantin lépés energiaigényes, ezért hipoxiában a szövetekben hipoxantin akkumulálódik (ezért a reperfüzió alatt az ismét rendelkezésre álló oxigénből a xantinoxidáz enzim működése következtében reaktív oxigénintermedierek képződhetnek).

### 3.4. Az oxigénterápia

Ha arcmaszk segítségével történik, akkor az oxigén keveredik a levegővel. A belégtett keverékben lévő oxigén százalékos aránya függ az áramlási sebességtől, a maszk kiképzésétől, és a maszk nyílásán kijutó levegő mennyiségétől is. Az orrszonda általában műanyagból készül, az orrnyílásokba illeszkedik.

## 4. A hipoxia monitorozása

A teljes testre vonatkozó oxigéntranszport/felvétel megítélésében felhasznált legfontosabb adatok: a belégtett gáz oxigénkoncentrációja ( $FiO_2$ ), valamint az artériás és a kevert vénás vér oxigénnyomása (ld. később).

### 4.1. „Low-tech” monitorozás: laboratóriumi-biokémiai vizsgálatok

- A plazmalaktátszint (artériás vagy centrális vénás) meghatározása prognosztikai értékű. A vizsgálat szenzitív, de nem specifikus, mivel pl. a plazmalaktát emelkedhet szépszisben a szervperfúzió nyilvánvaló zavara nélkül (ezekre a módszerekre illik a mondás: „snapshots of the past”).
- Egyéb, indirekt paraméterek közül a bázisdeficit (a pH normális értékre hozatalához szükséges lúgmennyiség) nem érzékeny, de adott esetben specifikus módszer lehet (tejsav eltávolítását jelezheti); az  $SvO_2$ , a  $VO_2$  és a  $DO_2$  érzékeny, de nem specifikus paraméterek a hipoxia diagnózisában.

### 4.2. „High-tech” monitorok – nem-invazív vérgázmérések

#### 4.2.1. Történeti háttér

1793

Az emberi bőrön keresztül történő gázáramlás kimutatása (J. Abernathy egy zárt üveghengerben levő higanyba merítette a karját, és gázbuborékokat figyelt meg a higany felett. *Surgical and Physiological Essays*, London, 1793).

- 1851** Von Gerlach egy külső gázok számára átjárhatatlan tartályt (lakkozott ló húgyhólyagot) erősített az emberi bőrre és megfigyelte, hogy a tartályban levő oxigén koncentrációja csökken, míg a széndioxidé megnő. Következtése szerint a bőrön át gázcseré zajlik, szoros összefüggésben a helyi véráramlással.
- 1956** A zárt polarográfiás Clark típusú elektróda leírása (*Clark LC: Monitor and control of blood and tissue oxygen tensions. Trans Am Soc Artif Intern Organs 1956; 2: 41–48.*)
- 1967–69** Módosított elektródák, hőmérsékletkontrollal (a helyi véráramlás maximalizálására). Az újszülött intenzív osztályokon bevezetésre kerül a transzcután méréseket lehetővé tevő, nem-invazív PtcO<sub>2</sub> monitorozás.
- 1980–84** Transzcután széndioxid és oxigéntenziók együttes mérése egyetlen szenzorral (*Whitehead MD és munkatársai, Lancet*).

#### 4.2.2. Az oxigén- és széndioxidnyomás transzcután meghatározása

Szobahőmérsékleten, fűtés nélküli elektródákat használva a PtcO<sub>2</sub> alaphelyzetben csaknem zérus, a hőmérséklet növelésével a bőr véráramlása fokozatosan emelkedik, és 45 °C-os maximális elektróda-hőmérsékletnél állandó értéket ér el (a véráramlás autoregulációja és a vazokonstriktor válaszok megszűnnek, a PtcO<sub>2</sub> és PtcCO<sub>2</sub> mérése a véráramlástól függetlenné válik). Ez jelenti egyben a módszer egyik *hátrányát* is, mivel átlagosan 10–20 perces felmelegedési időszak szükséges az optimális működés megkezdése előtt. *Előnye*, hogy a modern polarográfiás elektródák által generált áram gázfázisú oxigénnel történő kalibráció esetén 0–100% között lineáris. A PtcCO<sub>2</sub> és PaCO<sub>2</sub> közötti összefüggés 2,7–8 kPa között szintén lineáris. A módszer fő *indikációs területei*:

- újszülöttkori hipoxiás állapotok diagnózisa és kezelése, érsebészet, plasztikai sebészet, ortopéd sebészet, túlnyomásos medicina
- perifériás keringési oxigenizáció monitorozása
- perifériás érbetegségek súlyosságának kvantitatív leírása
- az amputáció optimális szintjének megállapítása
- vénás keringési zavar esetén a szöveti hipoxia szintjének megállapítása

Rendszerint csak két vagy több helyen történő PtcO<sub>2</sub> mérés ad teljes képet a beteg állapotáról. A mérés stan-

dard technikáját az IFCC (*International Federation of Clinical Chemistry*) előírása részletezi; ebből a fontosabb pontok az alábbiak:

- A készülék tartalmazzon egy kijelzőt és egy riasztó-rendszert, ami jelzi, ha a mért értékek eltérnek a limittől, vagy ha az elektróda hőmérséklete meghaladja a kijelölt szintet.
- A kalibrációt (oxigén esetében a linearitás miatt elegendő a kétpontos kalibráció – ld. I. fejezet) minden használat előtt el kell végezni, és akkor is, ha az elektróda helye megváltozik.
- Ha nem az adott végtag keringését akarjuk vizsgálni, az elektródát a mellkasra vagy a hasra kell felhelyezni (a vazokonstrikció, hipotermia vagy hipotenzio főképp a végtagok keringését érinti).
- A bőr égési sérülésének elkerülése miatt a PtcO<sub>2</sub> mérések esetén az elektróda hőmérséklete nem haladhatja meg a 44 °C-ot; az elektróda helyét minden 4. órában (újszülötteknél és perifériás keringési elégtelenség esetén minden 2–3 órában) meg kell változtatni.

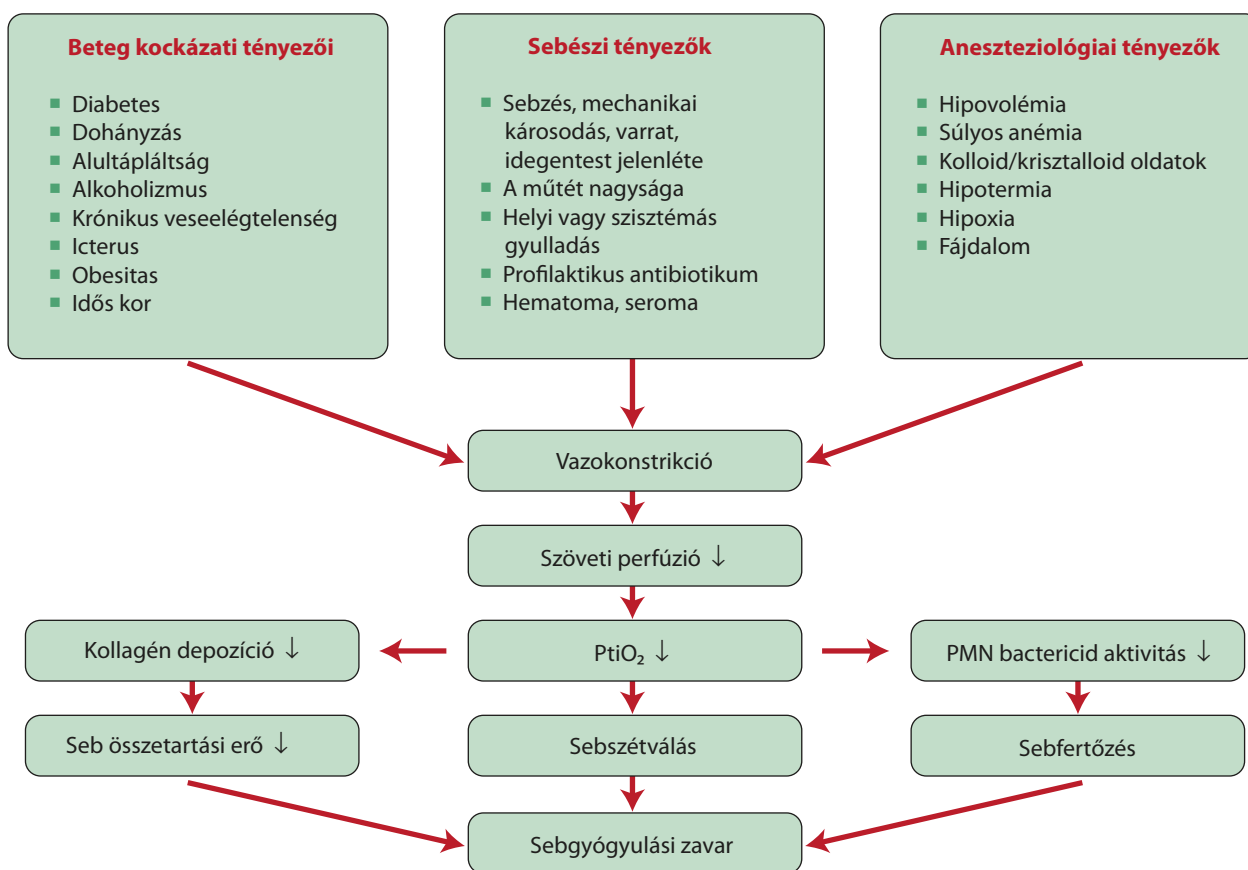


#### 4.2.3. Szubcután Clark-elektrod

A szöveti parciális oxigénnyomás (PtiO<sub>2</sub>) meghatározása miniatűr, beültethető Clark-elektrodákkal is lehetséges. A monitorozás közvetlenül és folyamatosan történhet szövetekben és testnedvekben. A PtiO<sub>2</sub> érték megadja a sejtszintű oxigénkínálatot, és információt szolgáltat a szöveti oxigénszállításról és felhasználásról, sőt a PtiO<sub>2</sub> mikroszenzora szimultán mérheti a helyi akciós potenciált is (*Thompson et al. Single-neuron activity and tissue oxygenation in the cerebral cortex. Science 2003*).

A szubcután szöveti oxigénnyomás mérésének fő *indikációi*:

- Intenzív betegellátás
- Idegsebészet (az oxigenizáció abszolút értéke jelezheti a neurológiai prognózist)
- Vázizomzat PtiO<sub>2</sub> monitorozása (a stagnáló keringés és a szöveti oxigenizáció zavarának korai előrejelzése vérszék, újralesztés és sokk esetén)
- Rosszindulatú daganatokban a hipoxiás sugárrezisztencia megállapítására



### Limitáló tényezők:

- A szöveti hőmérséklet befolyásolja az elektrodaáramot
- Téves PtiO<sub>2</sub> értékek szöveti trauma, oedema esetén
- Intravaszkuláris helyzetű elektroda

A szöveti oxigéntenzio meghatározásának egyéb (sebészeti) jelentősége:

- A sebekben az oxigéntenzio általában alacsony. A PtiO<sub>2</sub> a sebgyógyulás fontos meghatározója és a sebfertőzés (SSI) hatékony előrejelzője (pl. colorectalis reszekcióval kezelt, lélegeztetett betegeknél az SSI aránya 11,2% vs 5,2% volt, ha az intraoperatív oxigenizáció 30% vagy 80%-os FiO<sub>2</sub>-vel történt; ld. Greif R et al: NEJM 2000). A neutrofil leukociták baktericid aktivitása közvetlenül összefügg a PtiO<sub>2</sub>-vel: az oxigénfelhasználás és reaktív szabadgyök képződés az oxigénnyomással párhuzamosan csökken. A PtiO<sub>2</sub> a jelenleg alkalmazható klinikai eljárásokkal befolyásolható, így a sebfertőzés megelőzését, kezelését szolgáló eljárások hatékonyságának jó indikátora lehet (ld. Hopf et al: Arch Surg 1997).

### 4.2.4. Száloptikás arteria pulmonalis katéter

Speciális arteria pulmonalis katéterrel a SvO<sub>2</sub> változások folyamatosan, *on-line* mérhetők. A mérés elve a vénen keresztüljutó fény elnyelésén (abszorbancia) és visszaverődésén alapul (ld. Beer-Lambert-törvény).

### Indikációi:

- Intenzív betegmegfigyelés instabil hemodinamika esetén, súlyos keringési elégtelenség – pl. trauma, septicus sokk
- Súlyos égés
- Heveny légzési elégtelenség, többszervi elégtelenség
- Nagy kockázatú kardiovaszkuláris kórképek

### 4.2.5. Infravörös-közeli spektroszkópia (NIRS)

A NIRS a regionális szöveti oxigenizáció és hemodinamika monitorozására használható. (Elvi alapja a Beer-Lambert-törvény: adott koncentrációjú és vastagságú oldat abszorpciója ugyanannyi, mint feleakkora koncentrációjú, de kétszer olyan vastag oldatrétegé – azaz azonos rétegvastagság mellett az elnyelés a koncentrációtól függ.) A nem-invazív, gyors és folyamatos módszer a fényelnyelés alapján határozza meg a szöveti oxigénszaturációt (*oxygen saturation in tissue* – StO<sub>2</sub>). Az oxi- és dezoxi-Hbg és a citokróm C3 redox status átlagértékének meghatározása az artériás, vénás és kapilláris vérre vonatkoztatva történik. A citokróm C-oxidáz citokrómjához (a légzési lánc utolsó tagja) kapcsolatos a sejt oxigén fogyasztásának kb. 90%-a (az oxidatív foszforilálás). A citokróm c3 redoxállapotát döntően a rendelkezésre álló oxigén határozza meg, a DO<sub>2</sub> csökkenése az oxidatív foszforilálás és a citokróm c3 oxidá-

ció csökkenésével jár. A citokróm c3 redoxállapotának monitorozása tehát a sejtszintű ép/károsodott oxidatív anyagcsere és szöveti oxigénhiány monitorozását jelenti. *Fő indikációs terület* a cerebrális perfúzió és a perifériás izom (pl. tenyéren az eminentia thenaris) perfúziós állapotának és oxigenizációjának monitorozása (de NIRS alkalmazható csaknem minden szerv esetén). *Limitációt* jelent a kvalitatív mérés (a szórt és elnyelt fény „szennyződése” miatt kvantitatív mérés nem lehetséges).

#### 4.2.6. Intravitális videomikroszkópia

Intravitális videomikroszkóppal a lokális NADH- és NADPH-változások (a hipoxia következménye a helyi szöveti NADH- és NADPH-koncentráció emelkedése) kimutathatók. Nem fluoreszkáló minták festésére fluoreszcens festék használható, az ún. fluorokrómok egy adott hullámhosszú fényel megvilágítva fluoreszkálnak: nagyobb hullámhosszú, így alacsonyabb energiájú fényt emittálnak. A fényforrás általában higanygőz vagy nemesgázlámpa; a legfontosabb gerjesztő tartomány a kék és az UV. A legtöbb biológiai minta csak fluorokrómmal történő jelölés után fluoreszkál (*másodlagos fluoreszcencia*), de a természetben számos molekula, pl. kollagén, cellulóz, etc. „magától” fluoreszkál (*primer vagy autofluoreszcencia*). Az autofluoreszcencia néha diagnosztikai előnyt jelent (nincs szükség fluorokróm adására), így pl. a NADH és NADPH autofluoreszcenciájának detektálásával (mindkét anyag erősen fluoreszkál 460 nm-en, a NAD és NADP fluoreszcencia 3 nagyságrenddel gyengébb) a szöveti hipoxia kimutatható.

#### 4.2.7. Indirekt tonometria

Az oxigenizáció és isémia véráramlástól független megítélése a regionális pCO<sub>2</sub> és pH mérésével lehetséges. A módszer fő alkalmazási területe a gyomor és a sigma tonometriája az intramukózális pH meghatározásával (ld. később).

### 5. Hipoxia általános keringési zavarokban.

#### A sav-bázis egyensúly közvetlen monitorozása

##### 5.1. Alapelvek

- A pH a hidrogénion-koncentráció negatív logaritmus; a logaritmikus változás miatt kicsiny pH változás jelentős H<sup>+</sup>-koncentrációugrással jár (pl. a pH 7,4-ről 7,0-re csökkenésével az aciditás 2,5× nagyobb lesz).

- A pufferrendszerek közül a bikarbonátrendszer a teljes szervezet pH-ját szabályozza, mivel két különböző ponton hat (a HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> a veséken keresztül, míg a CO<sub>2</sub> a tüdőkön át: H<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> <=> H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> <=> H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>).

A vérgázanalízis célja, hogy megállapítsuk:

- a betegek vérgázstatusát (O<sub>2</sub>-felvétel, CO<sub>2</sub>-leadás a tüdőben, vér pH), és ennek révén következtethessünk pl.:
  - a tüdő és vese működésére (szerepük a sav-bázis egyensúly fenntartásában fontos!);
  - légzőszervi betegségekre és azok változására.

##### 5.2. A vérgázanalízis

Az analízis három részből áll: **1.** a megelőző szakaszban megfelelő előírások betartásával kell a mintavételt elvégezni, majd a mintát azonnal, vagy átmeneti tárolás után az analízis helyszínére juttatni; **2.** az analízis (a minta mérése vérgázanalizátorral), **3.** az eredmények interpretálása és ennek ismeretében a terápiát megkezdése vagy változtatása. A mai, modern vérgázanalizátorok automata, nyomtatóval ellátott, mikroprocesszor vezérelt készülékek. Típusuktól függően általában a következő paraméterek mérhetők, ill. kalkulálhatók:

- Mért vérgáz és sav-bázis paraméterek:
  - pO<sub>2</sub> az oxigén parciális nyomása
  - pCO<sub>2</sub> a széndioxid parciális nyomása
  - pH a vér pH-ja
- A hőmérséklet és a ctHgb alapján kalkulálhatók:
  - BE aktuális bázisfelesleg/hiány
  - BEecf standard bázisfelesleg a sejt közötti folyadékban
  - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> aktuális bikarbonátkoncentráció
  - SaO<sub>2</sub> oxigénszaturáció
  - ctO<sub>2</sub> teljes oxigénkoncentráció
  - p50 a vér 50%-os szaturációjánál mért oxigénnyomás
- A metabolitok koncentrációja: cLaktát, cGlükóz
- Elektrolitok koncentrációja: cK<sup>+</sup>, cNa<sup>+</sup>, cCl<sup>-</sup>, cCa<sup>2+</sup>

Az input paraméterek a beteg adatai, a minta típusa (modernebb készülékek érzékelik), testhőmérséklet, ctHgb (teljes hemoglobinkoncentráció). A készülék mintadetektáló rendszerrel rendelkezik, mely érzékeli a mintában lévő levegőbuborékokat, vezérli a minta helyzetét, meghatározza a minta mennyiségét. A méréshez kb. 55 µl teljes vér szükséges, az eredmények 20 sec alatt elkészülnek.

A vérgázanalízist befolyásoló főbb tényezők:

- A hőmérséklet emelkedése (paO<sub>2</sub> és a paCO<sub>2</sub> nő), vagy csökkenése (paO<sub>2</sub> és a paCO<sub>2</sub> csökken);
- Dohányzás (CO képződés): paO<sub>2</sub> csökken;
- Levegőbuborékok a mintában (paO<sub>2</sub> fals emelkedése);
- Hosszú idejű (több, mint 30 perces) tárolás.

### 5.3. Alapvető sav-bázis paraméterek

Paraméter	Normálérték	Egység	Megjegyzés
pH	7,35–7,4–7,45		Nincs egysége
pCO <sub>2</sub>	4,8–5,3–5,9 36–40–44	kPa Hgmm	A respirációs komponens Nem határozzuk meg kapilláris vérből
pO <sub>2</sub>	11,9–13,2 90–100	kPa Hgmm	Tengerszinten FIO <sub>2</sub> = 21%. Magasabb vidéken magasabb. A beteg oxigenizációját jelzi, nem szabad összekeverni a sav-bázis egyensúllyal.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aktuális bikarbonát)	22–24–26	mmol/ℓ	A vesekomponens. Megváltozik, ha a pCO <sub>2</sub> kóros
Standard bikarbonát	22–24–26	mmol/ℓ	Hasznosabb, mint az aktuális bikarbonát. [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] a minta 40 Hgmm (5,3 kPa) CO <sub>2</sub> -vel történő ekvilibrációja után mérjük
Bázis felesleg	-2, 0, +2	mmol/ℓ	Renális, metabolikus komponens. A negatív szám bázisdeficitet jelez

### 5.4. Mintavétel



A mintavételhez a megfelelő eszközöket kell használni, a mintákat az előírások szerint kell kezelni, ellenkező esetben pontatlan eredményt kapunk. A téves eredmény sokkal veszélyesebb, mintha egyáltalán nem lenne eredmény.

Artériás vérmintát bőrön keresztül punkcióval, vagy artériás katéteren keresztül nyerhetünk. Követelmény az artériás vérmintavételi helyekkel szemben, hogy az artéria elég nagy és felületes, valamint könnyen elérhető legyen (főleg radialis/brachialis/femorális artériák). A punkció gyorsan kivitelezhető, nem kell katétert bevezetni; de fájdalmas lehet, néha nehéz megtalálni az eret, így csak képzett személy végezheti. Katéterből könnyebb vért venni, nem okoz fájdalmat, rizikó nélkül többször is megismételhető; de nagyobb a fertőzés veszélye, alvadék keletkezhet. A katéter térfogatának négyszeresét leszívjuk, majd ezt követően veszünk mintát. Centrális vénás katéterből vagy jobb pitvarból (csak utóbbi a „kevert vénás vér”) történő mintavétel csak egyensúlyi állapotban (*steady-state*) lehetséges. Ambuláns betegeknél fekvő helyzetben, minimum 3–5 perccel a katéter bevezetése után, lélegeztetett betegeknél 20 perccel az utolsó respirátorbeállítást követően (csak ezután változtatnak a lélegeztetési paramétereken).

A mintavétel eszközei: steril kesztyű, steril fecskendő/23–25 G-s steril tű, mikromintavevő/kapilláris, fertőtlenítő oldat.



A mikromintavételi eszköz (az ábrán az AVL Medical Instruments látható) tartozékai: 26 G-s (0,45 mm átmérőjű) steril tű és heparinizált kapillárisok. A mikromódszer egyszerű, nem traumatizál.



#### Artériás punkció (mikromódszerrel)

- Mintavétel előtt a fecskendőbe megfelelő mennyiségű alvadégtárolót (heparin, 50–100 U/ml vér) szívunk fel.
- Leggyakrabban az a. radialisat pungáljuk. A mintavétel helyén a bőrt fertőtlenítjük. A pulzus ellenőrzése után az Allen-teszttel vizsgáljuk a kollaterális áramlást. (Összeszorított ököl mellett az a. radialis és ulnaris együttes leszorítása, majd az ököl kiengedése és az a. ulnaris felengedése után a kéz kipirulását figyeljük.) A csuklótájéki helyi anesztéziáját követően a csuklót extenzióban alátámasztva pungálunk. A tűt kb. 45 fokos szögben, a véráramlással szemben tartva szúrjuk be az artériába. A fecskendőben levő kapillárisok a vérnyomás hatására megtelnek vérrel (240 µℓ). A mintavétel történhet normál, 2 ml-es, heparinos fecskendővel is.
- A tű kihúzása után az eret kb. 2 percig leszorítjuk. A mintát óvatosan rázzuk össze a heparinnal, így nem keletkeznek mikroalvadékok a mintában. Az alvadék pontatlan eredményt ad, és eltömíti a vérgázmérő készüléket.
- Vérvétel után, a szúrás helyét 10–15 percig leszorítjuk, hogy megakadályozzuk a vérzést, majd kötést alkalmazunk.
- Mintavétel után távolítsuk el a fecskendőből a levegőbuborékokat, majd kupakkal zárjuk le.
- A vérgázparaméterek rövid idő alatt jelentős mértékben változhatnak, ezért mintavételkor a dátum és idő mellett rögzíteni kell a beteg állapotára vonatkozó adatokat (testhőmérséklet, testhelyzet, mintavételi hely, lélegeztetési mód, valamint a folyamatosan monitorozott légzési és keringési paraméterek) is, hogy a vérgázértékeket ezekhez tudjuk viszonyítani.

- Mintavétel után a mérést lehetőleg azonnal vagy max. 10 percen belül el kell végezni. Ha ez nem lehetséges, akkor hűtve (jeges vízben, 0–4 °C-on) tároljuk, legfeljebb 30 percig (sejtanyagcsere csökken).
- A minta homogenitása fontos: közvetlenül az analízis előtt keverjük el a mintát, így megakadályozzuk a sejtek kiülepedését. Az első néhány csepp nem jellemző az egész mintára, ezért kinyomjuk a fecskendőből.

#### Kapilláris vér

- Heparinózott üvegapillárist használunk, a mintavétel előtt az ujjbegy (vagy fülcimpa, esetleg sarok) keringését masszírozással, meleggel fokozzuk, majd fertőtlenítés után standard mélységű sebet ejtünk.
- Az első csepp vért mindig le kell törölni. A következő cseppből töltjük meg a kapillárist buborékmentesen és teljesen, majd a két végét azonnal lezárjuk.
- A fémszálat tartalmazó kapillárisban a vért mágnes segítségével gondosan összekeverjük az alvadás-gátlóval, és a mintát azonnal laboratóriumba továbbítjuk.

#### Vénás vérvétel

- A mintavétel többnyire centrális katéterből történik. Ha perifériás vénáról van szó, a mintát leszorítás nélkül kell venni. Centrifugálás, mintakezelés során az atmoszferikus levegővel történő ekvilibrációt el kell kerülni.

### 5.5. A sav-bázis eltérések leggyakoribb okai a sebészeti szakterületeken

- **Respirációs acidózis**  
pH < 7,35 és PaCO<sub>2</sub> > 45 Hgmm. A PaCO<sub>2</sub> megnő (a CO<sub>2</sub>-képződés nagyobb, mint a CO<sub>2</sub> elimináció) pl. légúti obstrukció, gyógyszerhatás, koponyatrauma, ARDS, tüdőbetegségek – minden olyan esetben, amikor a ventiláció nem kielégítő.
- **Respirációs alkalózis**  
pH > 7,42 és PaCO<sub>2</sub> < 35 Hgmm. PaCO<sub>2</sub> csökkenés – pl. hipoxia miatti hiperventilláció következtében. Oka lehet még: fájdalom, infarktusz, láz, sokk, tüdőembólia. A tüdő CO<sub>2</sub>-eliminációja hatékonyabb, mint az O<sub>2</sub>-felvétel, így a betegségük első fázisában lévő tüdőbetegek gyakran hipoxémiások normális, vagy alacsony PaCO<sub>2</sub> mellett.
- **Metabolikus acidózis**  
pH < 7,35 és HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> < 22 mEq/l. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> csökkenés (bázisdeficit) gasztrointesztinális bikarbonátvesztés, krónikus vesebetegség, szervesen savak (pl. diabéte-

zes ketoacidózis, tejsavacidózis szöveti hipoxiával), szalicilátok, etilén-glikol, toxinok, veseelégtelenség (csökkent savkiválasztás) miatt.

- **Metabolikus alkalózis**  
pH > 7,42 és HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > 26 mEq/l. A HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> megnő (bázisfelesleg) gyomorsavvesztés (pl. hányás, pylorus stenosis) vagy diuretikumok (alacsony szérumszén-dioxid-szint) alkalmazásakor.
- **Kevert sav-bázis eltérések**  
Számos formájuk ismeretes – két vagy három eltérés együtt fordulhat elő. Példa a respiratorikus és metabolikus acidózis együttes fellépése: szeptikus sokk, MOF, szív- és/vagy légzésleállás.

### 5.6. Hipoxémia és hiperkapnia

	Hipoxémia (artériás pO <sub>2</sub> kPa)	Hiperkapnia (artériás pCO <sub>2</sub> kPa)
<b>Enyhe</b>	>11	6,1–6,6
<b>Mérsékelt</b>	6–10	6,7–8
<b>Súlyos</b>	<6	>8

### 5.7. A sav-bázis egyensúly endogén helyreállítása

Eltérés	Válasz	Vér pH	Vér pCO <sub>2</sub>	Vér BE	Vizelet pH
Metabolikus acidózis	dekompensált	csökken	normális	csökken	
	kompensált	közel normális	csökken	csökken	csökken
Metabolikus alkalózis	dekompensált	növekszik	normális	növekszik	
	kompensált	közel normális	növekszik	növekszik	növekszik
Respirációs acidózis	dekompensált	csökken	növekszik	normál	
	kompensált	közel normális	növekszik	növekszik	csökken
Respirációs alkalózis	dekompensált	növekszik	csökken	normál	
	kompensált	közel normális	csökken	csökken	csökken

### 5.8. Vérgázértékek kiértékelési algoritmus

1.	Miről van szó tulajdonképpen, acidémiáról vagy alkalémiáról?	pH < 7,35 = acidózis [-> 2. pont] pH > 7,45 = alkalózis [-> 5. pont]
2.	Ha acidémia, mi a primer ok? Metabolikus, respirációs, vagy kevert?	CO <sub>2</sub> magas = respirációs acidózis [-> 3. pont] HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> alacsony vagy BE negatív = metabolikus acidózis [-> 4. pont] Mindkettő = kevert metabolikus és respirációs acidózis
3.	Ha respirációs acidózis, van-e metabolikus kompenzáció?	Ha magas a CO <sub>2</sub> (respirációs acidózis), de a metabolikus komponens az ellenkező irányba mutat (BE vagy SeBi magas, a metabolikus alkalózis felé), akkor jelen van metabolikus kompenzáció.
4.	Ha metabolikus acidózis, van-e respirációs kompenzáció?	BE negatív (metabolikus acidózis) de a respirációs komponens az ellenkező irányba mutat (CO <sub>2</sub> alacsony, a respirációs alkalózis irányába), akkor jelen van respirációs kompenzáció.
5.	Ha alkalózis van jelen, a primer ok respirációs vagy metabolikus?	*A primer zavar ugyanabba az irányba mutat, mint a pH (alkalózis felé). Respirációs alkalózis alacsony CO <sub>2</sub> -vel jár, a metabolikus alkalózis magas SeBi-vel és pozitív BE-vel.
6.	Ha metabolikus vagy respirációs alkalózis, van-e kompenzáció?	Mint fent.
7.	Milyen az oxigenizáció?	A pO <sub>2</sub> megfelel-e a FiO <sub>2</sub> -nek? Ha alacsonyabb az elvárt-nál: vagy tüdőbetegségre, jobb-bal shuntre utal, vagy a minta vénás vérből származik. (Vénás vérben rendszerint pO <sub>2</sub> < 40 Hgmm, szaturáció < 75%). Ha a CO <sub>2</sub> nagyon magas, az O <sub>2</sub> rendszerint alacsony.
8.	Állapítsuk meg az okot.	Pl. metabolikus acidózis (mert a pH alacsony és a BE negatív) respirációs kompenzációval (mert a pCO <sub>2</sub> alacsony).

\*Soha sem teljes a kompenzáció!



## VI. A testhőmérséklet monitorozása

*”If the thermometer had been an inch longer  
we’d have frozen to death”*  
Mark Twain (1835–1910)



### 1. Általános elvek

A maghó a belső szervek hőmérséklete (testfelszínen a környezet függvényében 4–5 °C-kal alacsonyabb). Az egészséges testhőmérséklet értékét több tényező befolyásolja:

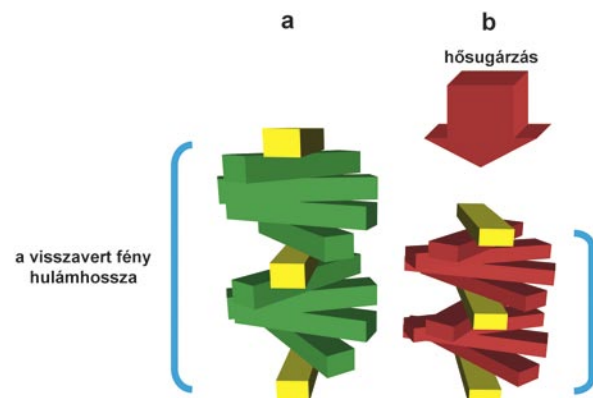
- A mérés helyszíne:
  - rectum:  $37,1 \pm 0,4$  °C
  - szájüreg:  $36,7 \pm 0,4$  °C
  - hónalj:  $36,5 \pm 0,4$  °C
- A testrész fedettsége
- Nedvességtartalom
- Életkörülmények
- Napszak (késő délután magasabb, oka az izommunka, emóciók stb.), ciklikus ingadozások

- Folyadékkristályos hőmérsékletérzékelés (főleg otthoni diagnosztikára alkalmas).



### 2. A hőmérsékletmérés klinikai jelentősége

- Hipotermia és láz felismerése és megelőzése
- Mesterséges hipotermia, szívsebészeti műtét alatti lehűtés/felmelegítése követése



### 3. A mérés gyakori helyei

- Nyelőcső
- Nasopharyngealisan
- Axillarisan
- Rektálisan
- Hólyagban

A folyadékkristályos hőmérsékletmérés elve. A spirális lépcsőre hasonlító kristályszerkezet alaphelyzetben, hőhatás hiányában (a) hosszabb hullámhosszú fényt ver vissza. Amikor a kristályt hősugárzás éri, a rétegek egymáshoz nyomódnak, megnő a csavarodás, és a teljes spirálok közötti távolság csökken (b). A kristály ekkor rövidebb hullámhosszú fényt ver vissza.

### 4. A testhőmérséklet mérése

#### 4.1. Mechanikus eszközök

- A higanyos hőmérőn exponenciális görbe alapján az ún. beállási idő 3–4 perc (hónaljárokban 10 perc), a mérés pontossága 35–42 °C között  $\pm 0,1$  °C.
- Termográfia (pl. emlőrák, gyulladások diagnosztikája, ill. kutatási célból).

#### 4.2. Elektronikus hőmérsékletmérés

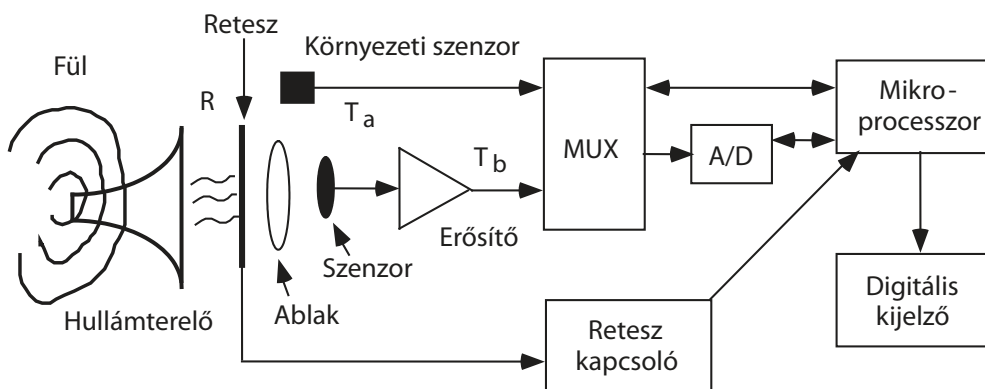
- Platina alapú hőérzékelővel (az ellenállás 0 °C és 100 °C között közel lineárisan változik).
- Termisztorokkal (nagy, negatív hőmérsékleti együtthatóval rendelkező félvezető tulajdonságú kerámiák, szennyezett fémoxidok): termikus ellenállásuk a hőmérséklet növekedésével csökken (a termoelemekhez képest ellentétesen reagálnak ugyanarra a hőmérsékletváltozásra). Az orvosi-bi-

## VI. A TESTHŐMÉRSÉKLET MONITOROZÁSA

ológiai technikában használt termisztorok fajlagos ellenállása  $0,1\text{--}100\text{ m}\Omega$ . A termisztorok kicsik (átmérőjük kisebb lehet, mint  $0,5\text{ mm}$ ), nagyon érzékenyek a hőmérsékletváltozásra és hosszú ideig stabilak, azaz nem változik meg a karakterisztikájuk ( $\pm 0,2\%$ /év az ellenállás változása).

- Hőmérsékletérzékelő integrált áramkörök: műveleti erősítők, amelyekbe hőmérsékletre érzékeny félvezető elemeket építettek be.

- Termoelemek: elektromotoros erő (vagy más néven *Seebeck-feszültség*) keletkezik két különböző fém érintkezésekor (a jelenséget 1821-ben fedezte fel Seebeck). Ha a különböző fémeket hálózatba kapcsoljuk, az eredő feszültség arányos a két fémérintkezés közti hőmérsékletkülönbséggel (*Peltier-effektus*). Az elektromotoros erő egy vezetőben levő hőmérséklet-gradiens miatt is kialakulhat (*Thomson-effektus*): ekkor arányos a vezető két végén mért hőmérsékletek négyzetének különbségével.



**Az infravörös hőmérő.** A mérés során kinyílik egy retesz, és a fülből érkező hősugárzás ( $R$ ) az érzékelőhöz (szenzorhoz) jut. Az infravörös sugárzás fluxusa:  $N_T = A\sigma\epsilon_a(T_b^4 - T_a^4)$  ahol  $A$  = célterület,  $\sigma$  = Stefan-Boltzmann-állandó,  $\epsilon_a$  = a környezeti sugárzás (szenzor),  $T_b$  = testhőmérséklet,  $T_a$  = szenzorhőmérséklet.

## VII. A központi idegrendszer monitorozása

*"The chief function of the body is  
to carry the brain around"*  
Thomas Alva Edison (1847–1931)

A központi idegrendszer monitorozása a neurológia, radiológia stb. tárgya; itt csupán a legfontosabb módszereket soroljuk fel.

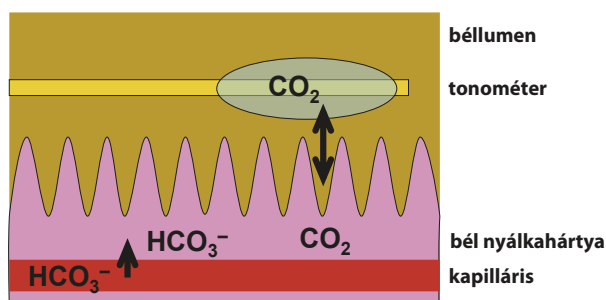
- Klinikai: szenzórium, reflexek, „ébresztés teszt”.
- Elektroencefalográfia: lapos EEG, beszűkült aktivitás, 95% *spectral edge* stb.
- Kiváltott potenciál (szomatoszenzoros, akusztikus, vizuális EP stb.)
- Vénás embolizáció kimutatása, agyi angiográfia, DSA stb.
- Intracranialis nyomás monitorozása (traumatológia, idegsebészet) – intraventriculáris, epidurális, Codman stb. módszerek
- Transcranialis Doppler-vizsgálat
- Jugularis ganglionszaturáció mérése
- Cerebrális oximetria

## VIII. A gasztrointesztinális rendszer monitorozása

A gasztrointesztinális keringés, oxigenizáció és struktúra monitorozását röviden már érintettük (ld. indirekt tonometria, intravitális videomikroszkóp), a további részleteket a radiológia, belgyógyászat megfelelő fejezetei (pl. endoszkópia, képpalkotás) tartalmazzák. A modul fő tárgyköreit a gasztrointesztinális rendszer funkcionális monitorozása, a nyálkahártya keringési állapotának vizsgálata, a tápláltsági állapot és a mesterséges táplálás, a nazogasztrikus sonda és a gasztrointesztinális traktus vizsgálatokhoz, műtétekhez történő előkészítése jelentik.

### 1. A gyomor / vékonybél / szigmbél nyálkahártya pH-jának indirekt meghatározása

A vékonybél mikrokeringésének ellenáramú kicserélő (*counter-current exchanger*) rendszere a villusok alapjától a csúcs felé haladva csökkenti a szöveti  $pO_2$ -t. Csökkenő perfúzió esetén a villus csúcsi részén nem biztosítható megfelelő szöveti oxigenizáció. Emellett a regionális perfúzió és anyagcsere közti eltérés együtt jár a  $CO_2$  eltávolítása és képződése közötti zavarral is:  $CO_2$  akkumulálódik a mucosában. Üreges szervek esetén (pl. gyomor, vékonybél) ez kimutatható a lumenbe áramló  $CO_2$  ( $PgCO_2$ ) mérésével. A gyomor esetében a mucosa  $pCO_2$  ( $PgCO_2$ ) aktuális értéke a  $CO_2$ -képződés (metabolizmus) és -eltávolítás (perfúzió) közötti egyensúlyra utal. Az emelkedett  $PCO_2$  (regionális hipercapnia) a rossz, elégtelen szöveti véráramlás és/vagy a károsodott metabolizmus jele lehet. A  $PgCO_2$  élettani körülmények között (normálértékek) megközelíti az artériás  $pCO_2$ -t, [( $PgCO_2$  kb. 45 Hgmm (6 kPa)]. A  $PgCO_2$  és az artériás  $pCO_2$  vagy az  $ETCO_2$  összehasonlítása mindig indokolt.



$$pH_{\text{mucosa}} = 6,1 + \log \frac{HCO_3^-}{CO_2 \times 0,03}$$

### 1.1. A $PgCO_2$ monitorozásának előnyei

A gasztrointesztinális mucosa a véráramlási redistribúció célpontja sokk, trauma, szepszis és nagyobb sebészeti beavatkozások alatt: az alacsony perctérfogat állapotokban vazokonstriktió alakul ki a mucosában. A perfúzió csökkenését követően a vékonybél mucosa károsodik elsőként, és a reszuscitáció után itt állnak helyre utoljára az élettani körülmények. A splanchnicus keringésromlás által okozott gasztrointesztinális mucosakárosodás döntő szerepet játszhat a szepszis és a többszervi elégtelenség (MOF) etiológiájában is. A gyomortonometria alkalmas a gyomorhipoperfúzió korai (szisztémás változások fellépése előtti) diagnosztizálására.

### 1.2. A $PgCO_2$ minimálisan invazív meghatározása tonométerrel

1. Speciális tonometriás katéter és monitor infravörös szenzor technológiával analizálja a  $pCO_2$ -t.
2. Sótonometria: több csatornával ellátott katéter, szemipermeabilis szilikon ballonnal a gyomorba vezetett katéter disztális végén. A  $CO_2$  szabadon ekvilibrál a gyomornyálkahártya, a szerv lumene és a ballon között.
  - 2a. A ballonnál vett gázminta analízise minden 30 percen (hagyományos sótonometria) történik;
  - 2b. Levegő-automata tonometria esetén 10 perc ekvilibrációs idő szükséges, a  $PgCO_2$  mérés pontossága is jelentősen javul.

### 1.3. Gyomortonometria

*Indikációs területek a gasztrointesztinális mucosa  $PgCO_2$  monitorozására:*

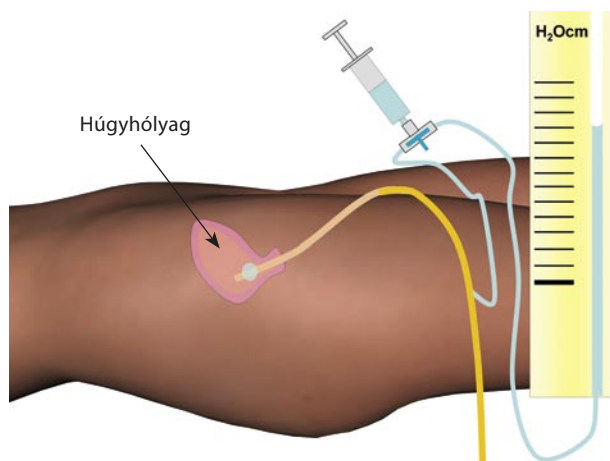
- trauma
- nagyobb sebészeti beavatkozások, pl. szívsebészet
- vérzés, vérzéscsokk
- kardiogén sokk
- súlyos heveny légzészavar
- súlyos akut pancreatitis
- súlyos égés
- hosszantartó mesterséges lélegeztetés

A  $PgCO_2$  előnye a  $pHi$ -val szemben (a Henderson-Hasselbalch-egyenlet alapján számolt intramucosális pH), hogy gyorsabb, pontosabb és jobb diagnózist ad. Ennek oka, hogy kritikus  $DO_2$  esetén az anaerob úton történő  $CO_2$ -képződés hozzájárul a  $PgCO_2$  fokozódásához. Eközben az artériás pH is csökken, s mindez ösz-

szességében fokozatosan tovább csökkenti a pHi-t. Ha ilyen állapotokban csak a pHi változását tekintjük diagnosztikus segítségnek, a terápia már elkésett és hatástalan lehet.

## 2. Hasüregi nyomásmérés

A hasüregi nyomásmérés indikált lehet többek között hasi compartment szindróma (*abdominal compartment syndrome* – ACS) esetén. A súlyos, beavatkozás nélkül halálhoz vezető tünetegyüttes leggyakrabban pancreatitis, peritonitis, szepszis következtében alakul ki. Kórtani alapja a hasüregi nyomás (*intraabdominal pressure* – IAP) hirtelen fokozódása. Az IAP megbízható, nem invazív mérőmódszere az intravesicalis nyomás meghatározása (a hasüregi nyomás áttevődik a húgyhólyagra). *Módszere:* a húgyhólyagba katétert vezetünk és standard mennyiségű (pl. 100 ml) fiziológiás sóoldattal feltöltjük. A hólyagban és a katéterben levő folyadék nyomását a centrális vénás nyomás méréséhez használt rendszerrel (ld. előbb) háromsztatú csap közbeiktatásával monitorozhatjuk. A mérés során ügyelni kell arra, hogy a mérőrendszer nulla pontja a hólyag szintjében legyen. A nyomásértéket vízcsm-ben (1 Hgmm = 1,36 H<sub>2</sub>Ocm = 0,13 kPa) kb. 1 perces várakozás után, kilégzéskor olvassuk le.



## 3. A tápláltsági állapot monitorozása

A megfelelő táplálkozás biztosítja a szervezet normális aktivitását és energiaegyensúlyát, a tápláltsági állapot meghatározása igen fontos lehet az invazív beavatkozások tervezésekor (malnutrició esetén gyakoribbak a szövődmények). A marasmus (energia- és fehérjehiányos állapot) és a kwashiorkór (fehérjehiányból adódó tápláltsági zavar) természetesen igen ritka, de hazai statisztikák szerint a betegek 15–60%-a lehet alultáplált a kórházi felvételtkor.

Az alapanyagcsere (*basal energy expenditure*, BEE) mozdulatlanul fekvő, éhgyomrú betegben, indifferens szobahőmérsékleten mért érték. A nyugalmi anyagcsere (REE) = BEE + kb. 10%. A napi nyugalmi kalóriaszükséglet (kcal/nap) a *Harris-Benedict*-képlet alapján is kiszámítható:

$$\text{BEE (férfiak)} = 66 + (13,7 \times \text{tskg}) + (5 \times \text{testmagasság [cm]}) + (6,8 \times \text{év})$$

$$\text{BEE (nők)} = 655 + (9,6 \times \text{kg tskg}) + (1,8 \times \text{testmagasság [cm]}) + (4,7 \times \text{év})$$

### 3.1. Az alapanyagcsere mérése

A BEE mérhető direkt és indirekt úton.

A direkt kalorimetria főbb típusai:

- A réteg-gradiens kaloriméterben hőelemek érzékelik a falon keresztül mérhető hőmérsékletkülönbséget. Tartozékok a levegőztető és mérőrendszer.
- A légáramlás kaloriméter a be- és kiáramló levegő hőmérsékletét, áramlását és páratartalmát, majd a hővesztéséget méri a következő képlet szerint:  $Q_a = m c_a (T_2 - T_1)$ , ahol  $m$ : levegőáramlás,  $c_a$ : hőállandó,  $T_2 - T_1$ : a levegő hőmérsékletváltozása.
- A vízáramlás-kaloriméter a be- és kiáramló víz hőmérsékletét méri.
- A kiegészítő (kompenzációs) kaloriméterben a kamra fűtéséhez kevesebb energia szükséges, ha az alany hőt termel.

Az indirekt kalorimetria a felhasznált oxigén és a termelt széndioxid mennyiségének mérésén alapul – megfelelő felszereléssel mesterségesen lélegeztetett betegekben folyamatosan mérhető.

### 3.2. A perioperatív táplálás

Nemzetközi és hazai felmérések alapján a kórházi ápolásra kerülő betegek 5–15%-a igényel teljes értékű, részleges vagy mesterséges (enterális vagy parenterális) táplálást. A műtéti szövődmények megelőzésének, ill. gyógyításának (is) elengedhetetlen feltétele a kiegyensúlyozott táplálkozás-tápanyagellátás és az optimális tápláltsági állapot. Az

alultápláltság késlelteti a sebgyógyulást, csökkent légzési teljesítménnyel jár, csökken az immunológiai védelem és fokozódik a fertőzések kockázata.

*Definíció* szerint a kóros tápláltsági állapot, vagy malnutrició, egy vagy több tápanyag relatív vagy abszolút hiányának, ill. feleslegének következtében alakul ki. A nem gazdasági-szociális okokra visszavezethető malnutrició elsődlegesen organikus és/vagy pszichés betegség következménye. Gyakori azonban a másodlagosan, iatrogén okokból kialakuló kóros tápláltsági (főként hiány-) állapot, amely a nem megfelelő ápolási szemlélettel magyarázható. A malnutrició önmagában is számos veszéllyel fenyeget:

- a beteg fogékonyabb a fertőzésekkel szemben,
- nő az ödéma készség,
- a csökkenő proteinszintézis miatt intravazális transzportzavar, koagulopátia stb. alakulhat ki,
- a szellemi működés lelassul,
- más patológiás állapottal (műtét, trauma) társulva az alultápláltság elhúzódó gyógyuláshoz, magasabb szövődmenyarányhoz, emelkedett halálozási arányhoz vezet. A testtömeg-csökkenés és a műtéti kockázat növekedése közti összefüggés az alábbiak szerint alakul:
  - 10–15%: kismértékű,
  - 20–25%: jelentős,
  - 30–35%: súlyos kockázat,
  - > 40%: életveszélyes állapot.

A kóros tápláltsági állapot leggyakoribb formája a hospitalizált betegek fehérje-energia malnutriciója. A malnutrició stressz állapotokban (akut betegség, baleset, égés, műtét) igen gyorsan kifejlődhet, de gyakori a krónikus betegségek esetében is:

- Két-három napnál rövidebb koplalás egészséges felnőtt esetében 2–3%-os testsúlyvesztésen kívül általában más következménnyel nem jár.
- Egy hétnél hosszabb ideig fennálló csökkent táplálékfelvétel már egészséges, fiatal felnőttekben is komoly veszéllyel járhat.
- 60–70 napos táplálékmegvonás (pl. éhségstrájk) halálos kimenetelű lehet.

Gyermek- és időskorban, ill. hiperkatabolikus állapotokban a folyamat jelentősen felgyorsul.

A mesterséges táplálás *célja*, hogy a malnutrició kialakulását megelőzze, ill. a tápláltsági állapotfelméréssel feltárt kóros tápláltsági állapotot megszüntesse, vagy a malnutrició mértékét csökkentse.

### 3.3. A kóros tápláltsági állapot felmérése

A tápláltság klinikailag a súlycsökkenésből, a tápláltsági állapot felmérése objektív és szubjektív adatok szintézise alapján **1.** a táplálkozási anamnézis felvételéből, **2.** antropometriai, **3.** laboratóriumi és **4.** immunfunkciós vizsgálatok leleteinek értékeléséből áll.

- A táplálkozási anamnézis felvétele során legfontosabb a táplálkozási szokások és az étrend megismérése, valamint a testtömeg (-súly) változásának, ill. a változás időtartamának a tisztázása.
- Antropometriai vizsgálatok során az aktuális testsúlyt és a testmagasságot mérjük; a szervezet zsírraktárainak megítélésére például a m. triceps brachii feletti ún. bőrredővastagságot, az izomtömeg becslésére a nem domináns oldali felkarkörfogatot. A mért adatokból továbbiakat számíthatunk (pl. testtömeg-index, testfelszín, felkarizom-körfogat). Az izomerőt a szorítóerő számszerűsítheti. Az így nyert adatok alapján minősítjük az antropometriai eredményeket megfelelőnek, közepes fokban, vagy súlyosan kórosnak.



A Lange-féle eszközzel a bőrredővastagságmérése a triceps izomkötege felett, középvonalban, a felkar hátsó részén történik. Férfiaknál a bőrredő vastagsága nagyobb, mint 10 mm; a felkar körfogat nagyobb, mint 23 cm. Nőknél a bőrredő nagyobb, mint 13 mm; a felkar körfogata több mint 22 cm. A standardhoz viszonyított 60% alatti érték alultápláltságra utal.

- A laboratóriumi-biokémiai vizsgálatok a fehérje-anyagcseréről szolgáltatnak a tápláltsági állapotra jellemző adatokat. A máj által termelt funkcionális fehérjék közül az albumin vérszintje (élettani hidráltás mellett) a gyakorlat számára elégséges pontossággal jelezheti a malnutriciót. A rövid idő alatt bekövetkező változások követésére célszerűbb a rövid felezési idejű fehérjefrakció (transzferrin, prealbumin, retinolkötő-fehérje stb.) mérése. A vázizomfehérje bontására, nitrogénvesztésre (katabolizmusra) utal az emelkedett vizelet-kreatinin ill. a vizelet-3-metilhisztidin értéke, valamint az ún. kreatinin/testmagasság index.
- Az immunrendszer, elsősorban a celluláris immunitás igen korán károsodik malnutrició esetén. Ezt az abszolút limfocitaszám csökkenése és a tuberculin-, candida-, és egyéb bőrtesztekre adott csökkent, vagy anergiás reakció jelzi.

	Se-koncentráció (g/l)	Hiány	Felezési idő	Tartalék
<b>Albumin</b>	30–36	21–30	20 nap	4–5 g/tskg
<b>Transzferrin</b>	2,5–3,0	<2,5	8–10 nap	5
<b>Prealbumin</b>	0,15–0,3	<0,14	2 nap	1
<b>Retinolt kötő protein (RBP)</b>	0,026–0,076	?	10–12 óra	–

### 3.4. A mesterséges táplálás indikációi

1. Beteg, akik *nem tudnak* táplálkozni: eszméletlenség, nyelési zavarok, mesterséges lélegeztetés, száj és garat műtétei, sérülései, felső gasztrointesztinális traktus szűkületei.
2. Beteg, akik *nem akarnak* táplálkozni: étvágytalanság, pszichiátriai állapotok miatt.
3. Beteg, akik *nem táplálkozhatnak*: akut hasi katasztrófák (pancreatitis acuta, ileus, szepszis), tápcsatornai műtétek, súlyos gyulladásos bélbetegség.

Bizonyosan malnutrició áll fenn és a mesterséges táplálás feltétlenül javallt azokban az esetekben, ha az alábbi kóros értékek közül legalább négy fellelhető:

- öt napot meghaladó elégtelen táplálékfelvétel,
- négy héten belül (szándékos fogyókúra nélkül) kialakult 10%-ot meghaladó testsúlyvesztés,
- az aktuális testsúly kisebb, mint az ideális testsúly 80%-a,
- A BMI kisebb, mint 20 (testsúly kg / testmagasság [-m-ben-] négyzete)
- mért antropometriai értékek kisebbek, mint az ideális érték 80%-a,
- szérumalbumin kisebb, mint 30 g/l (normovolémia mellett),
- limfocitaszám kisebb, mint 1,2 g/l,
- csökkent / anergiás válasz az alkalmazott bőrtesztre.

### 3.5. A mesterséges táplálás kulcsszavai

A mesterséges táplálás két fő formája (parenterális és enterális táplálás) közül lehetőleg az enteralist kell alkalmazni, mert fizioiógiasabb és lényegesen olcsóbb, mint a teljes parenterális táplálás (TPN). A korai enterális nutrició jelentősen csökkenti a posztoperatív morbiditást, megakadályozza a bélmucosa-atrófiát; GALT (*gut-associated lymphatic tissue*) támogatást ad; csökkenti a

sérülésre adott hipermetabolikus választ, és kevesebb szövődémmel jár. Amennyiben a beteg táplálékigénye a gasztrointesztinális rendszer elégtelensége miatt enterális úton nem biztosítható, TPN-re kényszerülünk.

*Enterális táplálás:*

- elsődlegesen választandó,
- megelőzi a bélbolyhok atrófiáját,
- immunológiai előnyök, természetesebb, olcsóbb.

*Parenterális táplálás:*

- működésképtelen tápcsatorna esetén,
- folytonossághiány esetén,
- emésztési zavarok, felszívódási zavarok esetén,
- minden olyan esetben, amikor enterálisan nem lehet elegendő tápanyagot bevinni.

*Tápanyagok:*

- víz és ionok (Na<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>),
- energiahordozók (szénhidrátok, zsírok),
- nitrogénforrás (aminosavak),
- vitaminok,
- nyomelemek (Zn, F, I, Co, Cr, Mn, Mo, Cu, Se, Fe).

### 3.5.1. Az enterális táplálás

*Definíciója:* meghatározott összetételű tápanyagok (tápszerek) a gyomor-bélrendszerbe juttatása. Az egészséges ember természetes táplálásához leginkább hasonló módszer több előnnyel rendelkezik a parenterális táplálással szemben: szövődémményei kevésbé veszélyesek, a betegek jobban tolerálják. A tápszerek közt megtalálhatók a különleges anyagcsere-követelményeket (veseelégtelenség, májelégtelenség, hiánybetegségek, enzimopátiák stb.) kielégítő készítmények is. Általános szabályként megfogalmazható, hogy az enterális táplálás (ET) elsőbbséget élvez a parenterális móddal szemben. Az ET módszereinek (jelenlegi) aránya a klinikumban:

Módszer	Arány
Perkután Endoszkópos Gasztrosztoma (PEG)	58%
Nazogasztrikus szonda	32%
Jejunosztoma	6%
Egyéb	4%

#### 3.5.1.1. Szondatáplálás

*Definíciója:* az ET a gyomor-bélrendszerbe nem invazív módon, többnyire transznazálisan vezetett szondán át történik. A nazogasztrikus vagy nazoduodenális tápszonda legfeljebb 2–3 hetes használatra javasolt. A vár-

hatóan ennél hosszabb ideig tartó ET javallata esetén invazív módon tápsipolyt kell képezni. Ennek lehetőségei a perkután endoszkópos gasztro-, ill. jejunosztoma (PEG, PEJ), a laparoszkópos gasztro-, ill. jejunosztoma (LG, LJ) valamint a hagyományos sebészi úton képzett gyomor- vagy vékonybélisipoly és egyéb megoldások.

A tápszondák általános *jellemzői*:

- A korábban használt PVC szondák lágyító anyagot tartalmaznak, amely 24 órán túli használat esetén kioldódik, és a szonda anyaga megkeményedik. Ez fokozhatja a fekélyképződés veszélyét, elsősorban az orrüregben és a garatban.
- A poliuretán és szilikon-kaucsuk szondák nem tartalmaznak lágyító anyagot, rugalmasságukat nem veszítik el. Ezek a szondák a korábbi 2–4 mm-rel szemben általában csupán 1–2 mm belső átmérőjűek. Huzamosabb használatukat a betegek sokkal jobban elviselik.
- A nazogasztrikus szondák vékonybélbe vezetésének megkönnyítésére fejlesztették ki a 125 cm hosszú, kétballonos, mandrinos szondákat. Az első ún. húzóballon felfújására a gyomorban kerül sor, és ez segíti a vékonybélbe való átjutását, ahol a lúgos közegben a ballon leválik, és szabaddá teszi a szonda végén levő nyílásokat. A második, rögzítő ballon a szonda helyzetét stabilizálja.
- Az egyre vékonyabb tápszondák megjelenése, a tápszer folyamatos, 24 órás egyenletes bejuttatásának igénye szükségessé tette tápszeradagoló pumpák kifejlesztését. Ezek a pumpák kisméretűek, hordozhatóak, kezelésük egyszerű, hálózatról és telepről egyaránt működtethetők.

Az enterális tápszerekből, a beteg kalória-, fehérje-, szénhidrát- és zsírbevitel igényeinek megfelelően választhatunk. Általában 1–2 kcal/ml/perc mennyiség bevitele ajánlott, hogy elkerüljük a túlzott hormonfelszabadulást. Egyféle tápanyagot tartalmazó monotáppoldatok (szénhidrátok, zsíremulziók, aminosavak), többkomponensű táppoldatok, amelyek a fentieket összekeverve tartalmazzák, és „mindent egy tartályban” („*all in one*”), azaz teljes értékű oldatok állnak rendelkezésre.

### 3.5.1.2. Szövődmények

- *Technikai szövődmények*: a tápszonda elzáródása/be-száradása, eredeti helyzetből való kimozdulása, a szonda irritáló hatása következtében fellépő nyálkahártya-léziók, a tápszer-regurgitációból eredő aspiráció.
- *Anyagcsere-szövődmények*: nem megfelelő tápszer-választás és/vagy helytelen adagolási mód.
- *Fertőzéses szövődmény*: a tápszerek helytelen tárolása, valamint a por alapú tápszerek nem steril vízzel való feloldása miatt.

### 3.5.1.3. Az enterális táplálás technikája

Az enterális táplálás szájon át, a gyomron vagy a vékonybélben keresztül valósítható meg. Megtartott nyelésreflex és szabad passage mellett a mesterséges táplálás vagy a kiegészítő táplálás szájon át történik, ízesített tápszerek formájában. Előnye, hogy elkerülhető a beteg számára kellemetlen nazogasztrikus szonda alkalmazása, ugyanakkor az energiahány fedezésére gyakran akár 2–3 l tápszer elfogyasztása is szükséges, ami a beteg számára megterhelő lehet. A nazogasztrikus tápszonda vakon történő levezetése a speciális esetektől eltekintve könnyen elsajátítható, az általános orvosi rutin része kell(ene), hogy legyen.

## 4. A nazogasztrikus szondáról részletesen



A nazogasztrikus (NG) szonda levezetésének módja közül **1.** a leggyakoribb az orron át „vakon” történő levezetés; a **2.** röntgennel kontrollált, ill. **3.** endoszkópos levezetésnek elsősorban a duodenális vagy jejunális szondáknál van jelentősége.

### 4.1. A szonda levezetéséhez szükséges eszközök

- Műanyag tápszonda (40 cm),
- Lokális érzéstelenítő spray ornyálkahártya-érzéstelenítésre (tetracain-efedrin vagy lidocain-fenilefrin),
- Síkosításra paraffin-olaj, vaselinum album vagy lidocain kenőcs,
- Fonendoszkóp,
- 100–150 ml-es Farkas-fecskendő,
- Gumikesztyű és a tápszonda rögzítéséhez szükséges felszerelés (pl. egy kb. 60 cm hosszú, 2 cm széles gézcsík).

### 4.2. A nazogasztrikus tápszonda levezetésének technikája

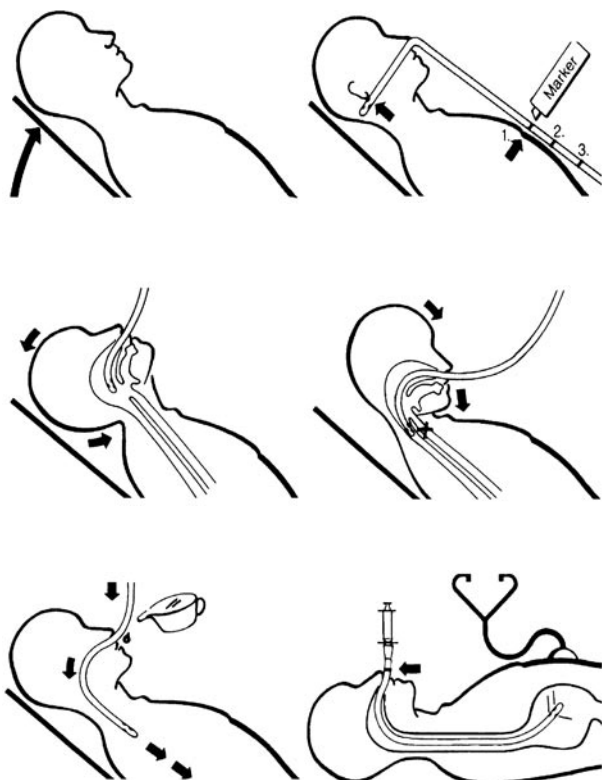


1. A beteget lehetőleg félig ülő vagy ülő helyzetbe hozzuk.
2. Az orrcsúcsot ujjal megemelve inspekcióval megállapítjuk, nincs-e jelentős szűkületet okozó orrsövényferdülés.
3. A tágabb orrfélbe 2×2 adag nyálkahártya érzéstelenítőt fújunk (élénk garatreflex esetén szájon át a garatnyálkahártyára is 2×2 adag érzéstelenítőt



fújhatunk, pl. 10%-os lidocain spray-t. Ez a spray alkoholtartalma miatt orrnyálkahártya érzéstelenítésére nem használható.)

- 5–10 perc múlva a síkosítóval bekenet tápszondát a tágabb orrjárat alján, szagittális irányban vezetve az orrgaratig toljuk (kb. 10 cm).
- A szonda az orrgarat hátsó falánál általában elakad, két ujj között pördítve és előre nyomva a szonda vége hirtelen lefelé fordul és a szájgarat felé tovább tolható. A jól kooperáló beteget itt nyelésre szólítjuk fel, és a nyeléssel szinkronban lassan tolvá a tápszondát az általában könnyedén a nyelőcsőbe juttatható.
- Eszméletlen vagy nem kooperáló betegnél a mesopharynxban megjelenő szondát a szájon át benyúlva a mutató ujjunkkal az oldalsó garatfalon tartva lassan előre tolvá, a sinus piriformison keresztül a nyelőcsőbe vezetjük. Nehezített levezetés esetén laringoszkóp és *Magill*-fogó használata segítheti a szonda irányítását.



Lassú finom mozdulatokkal dolgozzunk. Ha a szonda elakad, kicsit visszahúzva esetleg ujjaink között pörgetve tolható újra előre. Ha a beteg erősen köhögni kezd, stridorossá, esetleg dyspnoessé válik, a szonda feltehetően a gége-trachea irányába csúszott. Ekkor vissza kell húzni, és újra megpróbálni előre tolni. A szonda megfelelő pozíciójáról az epigastrium felett hallgatóva győződhetünk meg. Farkas-fecskendővel a szondába hirtelen levegőt fújva zuborgást hallunk. Ezután a szondatáplálás folyadékkal (pl. tea) kis bolusokban indítható, majd a továbbiakban tápszer adagolható rajta.

### 4.3. Javallatok

- Anyagbevitel: táplálás, folyadék, gyógyszerek
- Dekompresszió: folyadék- és gázeltávolítás, aspiráció kockázatának csökkentése, sebési sebek gyógyulási esélyeinek növelése (rendszerint időszakos szívással)
- Lavage (átöblítés): irrigáció, toxikus anyagok eltávolítása
- Nyelőcsővarixok kompressziója (ehhez speciális –pl. ún. *Sengstaken*-szonda szükséges)
- GI-tartalom aspirációja analitikai célból



### 4.4. A szondák jellegzetességei

- Anyaguk gumi, műanyag, szilikon vagy poliuretán lehet.
- A lumen átmérő jelzése a French (Fr – részletesen lásd a hólyagkatétereknél).
- Némelyikben röntgenjelet adó huzal található, ezek röntgenfelvételen általában fényáteresztő területként látszanak.
- Alaptípusok: rövid, standard (medium), hosszú, némelyik a vékonybélbe továbbítható.

#### Rövid szondák

- Orron át a gyomorba juttathatók (pl. *Levin*, *Salem*, stb.), leggyakrabban nyelőcső és gyomorműtétek előtt / alatt alkalmazzák.
- Fő cél a folyadék és gáz eltávolítása a felső gasztrointesztinális traktusból, mintavétel, rövid távú táplálás / kezelés (3–4 hét).



#### Standard (médiüm) szonda

- Egy lumenű (nyílás a végén, és több az oldalon), mérete 14–18 Fr (a cardia sphinctere szorosabban zár a 6–12 Fr szondák körül!); némelyik piros gumiból készült, ezeket a felhasználás előtt 15–20 percre jégbe kell helyezni. Csökkenteni kell az irritációt az orrban és a torokban (az újabb típusokban víz által aktivált síkosítás is lehetséges).

- Táplálásra nazoenterikus, duodenumba vagy jejunumba helyezhetők is lehetnek, átlagosan 24 óra alatt jutnak a gyomorból a vékonybélbe (pl. *Dobhoff*, *Entraflo* stb.); poliuretán vagy szilikongumi, 8–12 Fr szondák; wolframsúlyos csúcsi résszel; röntgenárnyékot adnak (*radiopaque*); vezetőnyárrsal vagy anélkül.



### Hosszú szondák

- A nazoenterikus szondák (orrtól a vékonybélig) *indikációja*: gasztrointesztinális tartalom eltávolítása, dekompresszió, intesztinális disztenzió, posztoperatív obstrukció, hányás, a varratvonal feszülésének csökkentése.
- A *Miller-Abbott*-szonda intesztinális dekompresszióra alkalmas, 12–18 Fr, kettős lumene aspirációra és a ballon felfújására szolgál.
- A *Harris*-szonda: szívásra és öblítésre; egylumenű, Y-elágazással, 14 vagy 16 Fr; ólomsúlyal (használatához óvatosság ajánlott).
- A *Cantor*-szonda hosszú, egylumenű gumicső, a végsúly higany, só vagy víz lehet, csak orvos vezetheti le.



### 4.5. Sürgősségi szondalevezetés

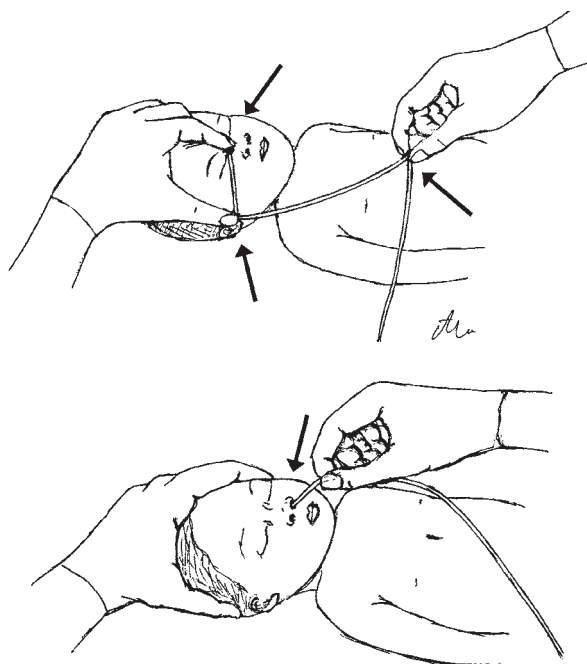


*Szükséges eszközök*: ugyanazok, mint általában (szonda, topikális anesztetikum vagy lidocain, síkosítás, 30–50 ml-es fecskendő, fonendoszkóp, szívás, ragtapesz). *Indikáció*: fenyegető aspiráció, lavage szükségessége. *Ellenjavallat*: nyelőcső-obstrukció (nyelőcsőbetegség vagy trauma, arc traumás sérülésekor rendkívüli elővigyázatossággal). *Előnye*, hogy a tudatánál levő beteg tolerálja, nem akadályozza az intubálást, csökkenti a gyomor-disztenziót, a beteg beszélhet. *Hátrány*: kellemetlen, hányás a bevezetés alatt, gépi lélegeztetésekor akadályt jelenthet. *Szövődmények*:

- Lágyrész sérülés, tüdővérzés (rossz technika, traumatizáló bevezetés)
- Endotrachealis bevezetés (accidentális trachea intubálás)
- Nyelőcső-perforáció
- Szupragasztrikus helyzet
- Elzáródás, a szonda megcsavarodása, hurkolódása
- Pleura effusio (beszűródés), pneumothorax
- Accidentalis sinusintubáció (ritkán, de előfordul)

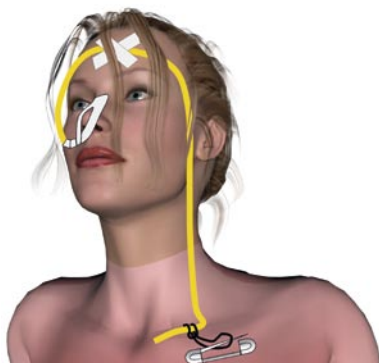
### Technikája:

- A fej neutrális helyzetben legyen, oxigénbiztosítás (lehetőség szerint)
- Garatreflexek kikapcsolása anesztetikummal, majd a cső lubrikálása
- A szonda bevezetése a gyomorba (ld. előbb)



### Ellenőrzés:

- Tud-e a beteg lélegezni? (Légzési elégtelenség első jeleire, pl. csökkenő SaO<sub>2</sub>, dyspnoe, köhögés, cianózis, el kell távolítani!)
- Tud-e beszélni? (A megfelelően bevezetett szonda nem zavarja a hangszalagok működését.)
- Nincs-e megtekeredve (Garatellenőrzés lapoc és fény segítségével: a szonda egyenes vonalban látható.)
- Hallható-e levegő beáramlása (50–60 ml-es fecskendőből 10–20 ml levegő beadása után hallgatózás a gyomor felett a bal felső hasi kvadránsban).
- Gyomortartalom aspirációja
- A legbiztosabb módszer a képpalkotás (röntgen).
- A tüdőbe vezetés kizárása (a gyomortartalom igazolása) pH-gyorstesztel (lakmuszpapírral) lehetséges: a gyomor pH rendszerint 1–5; a vékonybél pH 6,0; a tüdő pH nagyobb, mint 7,0.
- Rögzítés



### Orogasztrikus szonda levezetése

**Indikációk, kontraindikációk:** ld. fent. **Előnyök:** nagyobb átmérő, orrüreg átjárhatatlansága, epipharynx-tumor, koponyaalapi és arcsontok törésekor is biztonságosan levezethető, elkerüli az orrgaratot. **Hátránya:** intubációkor zavarhatja a vizualizációt. **Szövődmények:** ugyanazok, mint a nazogasztrikus szonda esetében (a beteg megharaphatja a szondát). **Technikája:**

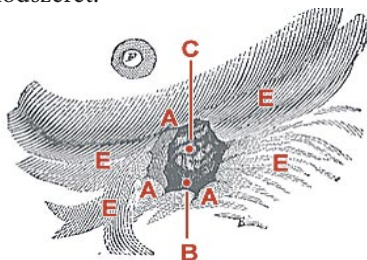
- Fej neutrális vagy hátrahajtott helyzetben, a szondát a középvonalban kell levezetni.
- Továbbiakban ugyanaz, mint a NG szonda esetében.

## 5. A gasztrális táplálás

Nazogasztrikus tápszondán (hátrányos tulajdonságuk ellenére az 50 cm-es PVC szondák a legelterjedtebbek) vagy gasztrosztomán át kivitelezhető. Gasztrosztoma műtéti és endoszkópos módon készíthető.

### 5.1. A gasztrosztoma történeti háttere

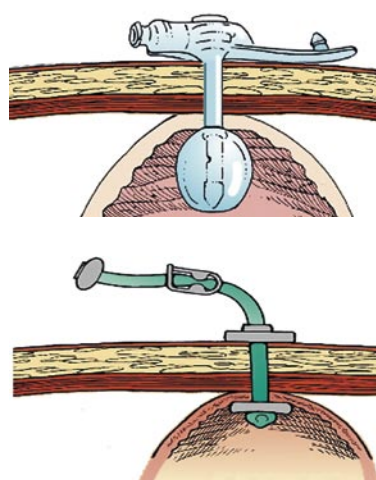
- 1833** Az első „gasztrosztomát” Dr. William Beaumont (1785–1853) írta le Alexis St. Martin sebének ismeretésekor (*Experiments and Observations on the Gastric Juice and the Physiology of Digestion*, 1833)
- 1981** Gauderer és Ponsky leírta a kevésbé invazív perkután endoszkópos gasztrosztoma (PEG) módszert.



Alexis St. Martin sebének eredeti leírása: "This engraving represents the appearance of the aperture with the valve depressed. A A A: Edges of the aperture through the integuments and intercostals, on the inside and around which is the union of the lacerated edges of the perforated coats of the stomach with the intercostals and skin. B: The cavity of the stomach, when the valve is depressed. C: Valve, depressed within the cavity of the stomach. E E E E: Cicatrice of the original wound."

## 5.2. A gasztrosztoma típusai

Európában korábban a *Witzel-* és *Kader-*sipolyt alkalmazták, jelenleg a PEG készítése a legelterjedtebb technika.



### 5.2.1. PEG

- Az eredeti leírás szerint a gyomorba vezetett endoszkópon keresztül a gyomrot levegővel felfújjuk (az endoszkóp fénye a hasfalra áttűnik).
- A katéter bevezetésének ideális helye a köldököt és a bal bordaívet összekötő egyenes felső egyharmad-kétharmad határán lévő pont. E területen ujjal kompressziót gyakorolunk a hasfalra, ami a gyomor falát bedomborítja, és az endoszkóppal is jól látható.
- Helyi érzéstelenítés után punkciós tű segítségével műanyag katétert vezetünk a gyomorba, és az ezen keresztül vezetett fonalat az endoszkóp idegentestfogójával, a szájon keresztül kivezetjük, majd egy speciális tápszondát kötünk rá.
- A fonalra kötött szondát, annak lassú előre húzása révén a gyomorba, majd a hasfal elé vezetjük úgy, hogy a szonda egyik vége a gyomorban maradjon. A szonda kicsúsztatását egy szilikon-kaucsuk gyűrű akadályozza meg. Ütközésgig húzzuk a szondát, majd a has bőrén rögzítjük.

Az eljárást *Westweber* és *Troidl* egyszerűsítette. Endoszkópos intragasztrikus kontroll mellett, vastag punkciós tűn keresztül *Foley*-katétert lehet a gyomorba vezetni, amit a ballon felfújása után ütközésgig visszahúznak. Így

szükségtelenné válik a vezetőfonal használata, és az eredeti eljárás 15–20 perc időtartamával szemben néhány perc alatt elvégezhető.

Endoszkóp segítségével a szonda vége a vékonybélbe is levezethető. Fej-nyaki malignus tumorok esetében az endoszkóp levezetése a térszűkítés miatt akadályozott lehet. Ilyenkor laparoszkópos vagy sebészi gasztrosztóma készülhet.

## 6. Az intesztinális táplálás

Laparotomia után a posztoperatív atónia elsősorban a gyomrot és a vastagbelet érinti, ugyanakkor a vékonybél motilitása és felszívóképessége a műtét után néhány órával már csaknem zavartalan. Ez a felismerés, valamint a tápszerek fejlődése teremtette meg az alapot a korai posztoperatív táplálás bevezetéséhez.

### 6.1. Módszerei

Tápanyag nazointesztinális szondán, műtéti jejunosztomán, tűkatéter-jejunosztomán vagy PEG-en át a jejunumba vezetett katéteren keresztül juttatható a vékonybélbe.

#### 6.1.1. Nazojejunális szonda vékonybélbe való vezetése

- A gasztrális bevezetési technikához hasonlóan megkísérelhető „vakon”. A szondát a gyomorba vezetik, a beteg a jobb oldalán fekszik (ebben a helyzetben várható, hogy a perisztaltika segítségével a szonda áthalad a pyloruson).
- Mivel a „vak” szondalevezetés gyakran sikertelen, előnyösebb röntgenellenőrzéssel levezetni a szondát a gyomorba. Ezt követően a mandrint kihúzzuk, és a húzóballont kontrasztanyaggal töltjük fel. A beteg jobb oldalára fektetjük, és a szondát röntgenellenőrzés mellett a duodenumba vezetjük. A húzóballon lúgos közegbe jutva a vékonybélben leválik és a kontrasztanyag a vékonybélbe jut.

Mindkét esetben a vékonybélbe való átjutás feltétele a zavartalan gyomorműködés. Ez természetesen nem mindig áll fenn, ezért dolgozták ki az endoszkópos szondavezetés technikáját.

- Az e célból kifejlesztett 1,8 mm külső átmérőjű és 250 cm hosszú mandrinos szondát az endoszkóp biopsziás csatornáján vezetjük le szemmel ellenőrizve a duodenumba, majd az endoszkóp eltávolítása során a szondát folyamatosan továbbvezetjük előre. Ezt követően az orálishoz kivezetett szondát az orrba helyezzük át.

#### 6.1.2. Enterális táplálás műtétilag készített jejunosztomán keresztül

Két alapvető módszert különböztetünk meg, a *Marwedl* szerint készített időleges és a *Maydl* szerinti végleges enterosztómát.

#### 6.1.3. A tű-katéter-jejunosztómia

*Delany* 1973-ban írta le először a módszerét, amely *Heberer* 1983-as módosításával kapta mai formáját. A korai posztoperatív tű-katéter-jejunosztóma *indikációja*: nyelőcsőműtétek, gyomorkiirtás, hasnyálmirigy-csonkoló műtétek, májrezekciós és transzplantációs műtétek, műtétet követően fenyegető szövődmények esetében.

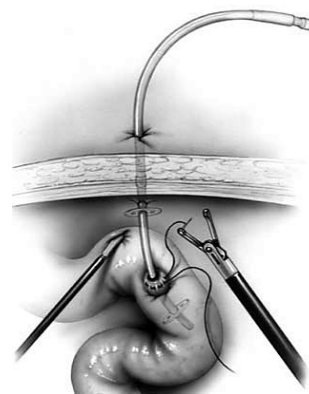
*Az intraoperatív módszer technikája:*

- A katéter behelyezése speciális készletet igényel. Először punkciós tű segítségével a hasfalon keresztül a hasüregbe vezetjük a 1,5 mm átmérőjű poliuretán katétert, ezt követően mandrinos tű segítségével 4–6 cm-es szubmukózus alagutat (*tunnelt*) készítünk a bél falon, majd ezen keresztül a katétert a bélbe vezetjük. A szubmukózus „antireflux” alagút jelentősége, hogy megakadályozza a katéter eltávolítása után sipoly kialakulását.
- A bélkacsot két-három öltéssel a peritoneumhoz rögzítjük.

A beavatkozás néhány percet vesz igénybe, így ezzel az alapműtét időtartama nem változik jelentősen. A katéter szilikon-kaucsuk csatlakozóját összekötjük a tápszertartó zsákkal és a tápszert enterális pumpa segítségével adagoljuk.

#### 6.1.4. PEG-jejunosztóma

Az intesztinális táplálás negyedik módja, amikor PEG útján juttatjuk a szondát a gyomorba, majd a végét endoszkóppal a vékonybélbe vezetjük.



## 6.2. A táplálás adagolása

- A gasztrális táplálás a műtétet követően egyes ritka esetekben csak a harmadik-negyedik napon kezdődhet meg, ezzel szemben a jejunalis táplálás azonnal indítható.
- Gasztrális táplálás esetén az ozmolaritást emeljük először, és csak ezt követően a bevitt volumen mennyiségét, míg intesztinális táplálás esetén a sorrend fordított.
- Gasztrális táplálás során a második napon érjük el az energiaigény teljes fedezését, intesztinális táplálás esetén négy nap szükséges az alkalmazkodáshoz.
- A táplálék bolusokban történő bejuttatása mellett szól, hogy a gyors egymás utáni kis adagokban bejuttatott nagy volumenű tápszer ingerli a gyomor feszülési receptorait, és ezáltal fokozza a perisztaltikáját. A szerzők egy része a bolusokban való bejuttatást javasolja. Bolusokban történő adagolás esetén igen fontos a szonda napi két-háromszori átöblítése.
- Jejunalis táplálás során folyamatos táplálékbevitel alkalmazandó. A tápszeradagoló pumpák lehetővé teszik a tápszer 24 órás folyamatos, egyenletes bejuttatását. A folyamatos bejuttatás csökkenti a székletszámot, kisebb az infekció veszélye. A negyedik napig folyamatosan emeljük a bejuttatott tápszer mennyiségét, majd az alkalmazkodási idő leteltével a tápszer sűrűségének fokozásával is növelhetjük a bevitt energiamennyiséget.

## 7. A szondatáplálás

A fő cél a malnutrició megelőzése és kezelése. Tápanyagokat biztosít, ha az orális bevitel vagy a gasztrointesztinális rendszer továbbító/emésztő képessége nem megfelelő. Olcsó, biztonságos, általában jól tolerálható, megőrzi a gasztrointesztinális integritást és flórát.

### 7.1. Formulák

- A házilag elkészíthető tápoldatok már nem felelnek meg a korszerű táplálás elveinek. A kereskedelemben kapható tápszerek lehetnek:
  - Polimer, magas molekulásúlyú protein-szénhidrát-zsirtartalmú oldatok
  - Kémiaileg előre emésztett, könnyen felszívódó tápanyagok (nagy részecskeszám, magas ozmolaritás!)
  - Moduláris termékek egy fő összetevővel – pl. fehérjeoldatok
  - Betegség-specifikus tápszerek pl. veseelégtelenségben, májelégtelenségben, traumát követően alkalmazandók, vagy magas rosttartalmú tápszerek

## 7.2. Módszerek

A beadás módszere függ a szonda helyzetétől, a betegről stb. Alapvető lehetőségei: a szakaszos bolus (300–400 ml formula beadása/4–6 óra); a szakaszos infúzió (a szondatápot tartalmazó zsákban levő folyadék – rendszerint 200–400 ml – 30 percen keresztül befolylik, meghatározott időszakokban), és a folyamatos infúzió (infúziós pumpával, állandó sebességgel).

### 7.3. A szondatáplálás abszolút és relatív ellenjavallatai

- A táplálék gasztroenterális továbbítása nem lehetséges (pl. ileus, perforáció).
- Nyelőcső-varikozitás (a nazogasztrikus tápszonda levezetés ellenjavallatát képezi, de PEG útján bejuttatott szondának vagy katéter-jejunosztomának nincs akadály).
- A hemosztázis zavarai (fokozott óvatosság indokolt, a szonda a nyálkahártya felsértésével nehezen csillapítható orrgarati, ill. nyelőcsővérzést okozhat).
- Az emésztőcsatorna felső szakaszán (nyelőcső, gyomor) végzett műtéti beavatkozások utáni korai időszak. Jejunalisan ilyenkor is táplálható a beteg. A célzott szerveken átvezetve a szonda legalább 20 cm-rel disztálisabb helyzetbe kerüljön.

### 7.4. Szövődmények

- Regurgitáció / aspiráció
- Szondakicsúsás
- Eltömődés
- Bakteriális fertőzés
- Gázképződés
- Hányinger/hányás
- Nasopharyngealis irritáció. Vastag és nem megfelelő anyagú tápszonda az orrban, orrgaratban, nyelőcsőben, fekélyt, perforációt, sinusitist okozhat.
- Hiperglikémia
- Dehidráció, folyadékhiány / deficit
- Tüdőszövődmények. Nem körültekintő levezetéskor, elsősorban fekvő, eszméletlen betegen, a szonda a légutakba (trachea, tüdő) kerülhet. Különösen súlyos szövődményeket okozhat a túl kemény mandrin, vagy ha a könnyebb levezetés reményében a szondát hűtőszekrényben lehűtik, amitől merevvé válik.
- A szonda az agyalapot áttörve a koponyaüregbe is kerülhet (!).
- A hasmenés gyakori, makacs, időnként nehezen befolyásolható szövődmény. *Okai és kezelése:*
- Túl nagy tömegű egyszerű adagok alkalmazása. Javasolt az adagok csökkentése és lassú (15–20 perc alatt) beadása; két adag között 1–2 órás szünet beiktatása.

- Túl nagy az alkalmazott tápszer ozmolaritása. A fiziológiás szintre (300 mOsm/l) kell beállítani.
- A tápszer hőmérséklete túl alacsony és a beadás sebessége túl nagy. Az alkalmazott tápszer legyen szobahőmérsékletű, az adagolás legyen lassú. Javasolt a fokozatosság betartása, pl. a táplálást 20–40 ml/óra mennyiséggel kezdeni, majd fokozatosan emelve az adagokat a 3–4. napon elérni 120 ml/óra volument. A napi mennyiség a 3000 ml-t ne haladja meg.
- Laktózzal és zsírral szembeni túlérzékenység
- A tápoldat bakteriális fertőzése. Az elkészített, ill. megkezdett tápoldatot hűtőszekrényben és legfeljebb 24 óráig szabad tárolni, és közvetlenül alkalmazás előtt kell megfelelő hőmérsékletre felmelegíteni. Antibiotikumok átgondolt alkalmazása mellett a normál bélfóra megóvható.

### 8. Parenterális táplálás

Infúziós készítményekkel folytatott intravénás, parenterális táplálás (PT) csak azokban az esetekben indokolt, ha a gyomor-vékonybél nem alkalmas a mesterséges enterális táplálásra, vagy ezen az úton nem vihető be elegendő mennyiségű táplálék. A gyomor-bélrendszer tömegének és/vagy felszívó képességének csökkenése reverzibilis lehet pl. enterokután fisztula záródása vagy bélreszekció után (a bélszakasz adaptálódik az aktuális viszonyokhoz), de irreverzibilis a károsodás a kiterjedt vékonybélpusztulás után kialakuló rövidbél-szindrómában.

Bélelégtelességben (*intestinal failure*) a működő bélszövet mennyisége az emésztéshez és a tápanyagok felszívódásához szükséges minimum alá csökken (az elv hasznos lehet a TPN szükségességének megítélésére).

A TPN (teljes parenterális táplálás) *abszolút indikációja*:

- Nagy hozamú enterokután fisztulák fennállása
- Hemodinamikai instabilitás, súlyos bélisémia (súlyos malnutrició mellett)

*Relatív indikáció:*

- Közepes vagy súlyos malnutrició és több napos enterális táplálási képtelenség
- Abdominális szepszis, peritonitis, ileus
- Súlyos gyulladásoz bélbetegség (IBD – pl. m.Crohn)

#### 8.1. A parenterális táplálás technikai lehetőségei

A TPN perifériás vagy centrális vénán keresztül történhet.

##### 8.1.1. Perifériás parenterális táplálás

Perifériás parenterális táplálás (PPT) vagy újabb nevén parciális táplálás *indikált*, ha:

1. az enterális táplálás nem lehetséges vagy nem elégséges, és
2. a táplálás előrelátható időtartama kevesebb, mint 7 nap, és a betegnek nincsen CV kanülje.  
PPT csak rövid időre (kevesebb, mint 2 hét) tervezhető. Nem kielégítő módszer súlyos katabolikus állapotban, de malnutricióban nem szenvedő beteg néhány napos táplálására, ill. enterális táplálás kiegészítésére kiválóan alkalmas. *Problémát* jelenthet a thrombophlebitis (a kanüloket 24–48 óra elteltével cserélni kell). Az ozmolaritási határookra különösen ügyelni kell!

##### 8.1.2. Centrális parenterális táplálás

A centrális parenterális nutrió *indikációi*:

- 7-10 napnál hosszabb idejű parenterális táplálásra van szükség.
- A perifériás vénás bevitel korlátozott (pl. rossz vénák, magas kalóriabevitel szükségessége).

TPN csak centrális vénába vezetett kanülon keresztül végezhető. A centrális vénás kanül táplálásra használt lumenét egyéb célra (pl. vérvétel, gyógyszerelés) ne használjuk.

### 8.2. A parenterális táplálás típusai

A tápoldatokat 12–20 óra alatt, egyenletesen, cseppszabályozóval, vagy infúziós pumpával kell bevinni. Feltétlenül előnyben részesítendő az „all in one” – egy zsákos tápoldatok (teljes napi adag egy zárt rendszerben)

#### 8.2.1. A hipokalórikus táplálás

A szervezet energiaszükségletét csak részben fedezi (endogén zsírfelszabadítás). A szénhidrátbevitel 2 g/tskg; ez kiegészíthető 10%-os zsíremulzióval. A nitrogénforrás: 1–1,5 g/tskg aminosav, továbbá elektrolitok, vitaminok, nyomelemek adhatók. Az oldatok ozmolaritása nem haladja meg a 900 mOsm/l-t, ezért perifériás vénába is adható.

#### 8.2.2. Izokalórikus táplálás

A szervezet teljes tápanyag szükségletét parenterálisan fedezzük. Általában 30–40 kcal/tskg az energiabevitel. N<sub>2</sub>-forrás: 1,0–2,0 g/tskg aminosav, a szénhidrát és zsír mennyiségi aránya 2:1. Ezeket az oldatokat csak centrális vénán át lehet bejuttatni!

#### 8.2.3. Aminosavak

*Kiszereles:* 5, 8, 10, 15, 20%-os infúziós oldatok. *Összetétel:* L-aminosavak (Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val, Arg, His, Ala, Pro, Cys, Gly, Gln, Ser, Tyr). Kiegészítésként elektrolitokat is tartalmazhat.

Javallatok:

- Parenterális táplálás

Relatív ellenjavallatok:

- Aminosavanyagcsere-zavarok
- Metabolikus acidózis
- Hiperhidráció
- Veseelégtelenség – ha nem áll dializáló kezelés alatt
- Sokk

**Figyelmeztetés:** gyógyszerekkel keverni tilos! Az aminosavak hasznosulásához megfelelő energiahordozó és K<sup>+</sup>-bevitel szükséges. Szérumelektrolit-, sav-bázis-, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>-monitorozás szükséges!

**Egyéb megfontolások:** súlyos májfunkciós zavarokban olyan oldatra van szükség, amelyben magas az elágazó szénláncú és alacsony az aromás aminosavak és a methionin aránya.

### 8.2.4. Zsíremulziók

**Kiszereles:** 10, 20, 30%-os infúziók. **Összetétel:** triglicerid-foszfolipid emulziók (szójaolajból, olívaolajból, halolajból, tojássárgából nyert összetevők).

Javallatok:

- Parenterális táplálás során az energiaszükséglet biztosítása
- Esszenciális zsírsavak bevitel

Ellenjavallatok:

- Zsírananyagcsere-zavarok
- Sokk
- Posztgressziós szindróma korai szakasza

**Figyelmeztetés:** szérumtriglicerid-, elektrolit-, vércukor- és sav-bázis-ellenőrzés szükséges. Egyidejűleg adott szénhidráttal, aminosavval jobban hasznosul.

### 8.3. A parenterális táplálás szövődményei

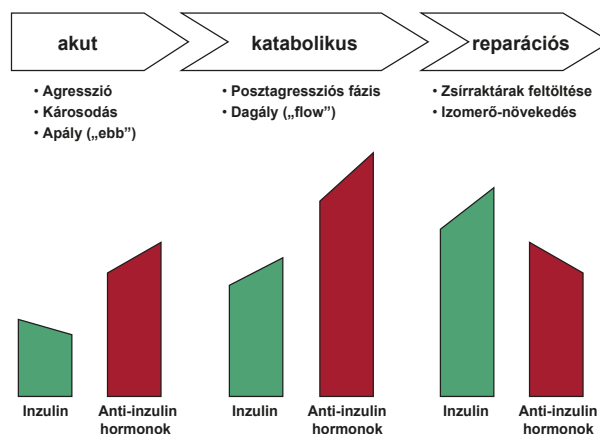
- A technikai szövődmények a kanül érpályába juttatásával kapcsolatosak (az esetek 5–10%-ban észlelhető, 0,5%-ban mortalitással fenyeget).
- Az anyagcsere-szövődmények általában iatrogén okokra vezethetők vissza (nem megfelelő oldat, helytelen adagolás).
- A fertőzés a leggyakoribb és legveszélyesebb szövődmény (az összes fertőzéses szövődmény meghaladja a 10%-ot; a tartósan használt kanülok bakteriológiai pozitivitása eléri a 40%-ot).

## 9. A posztgressziós szindróma

**Definíció:** a szervezetet érő káros behatások endokrin stresszreakciót indítanak, melynek a következménye a gyors és tartós energiaszolgáltatás és az immunológiai védekező mechanizmusok megerősítése.

**Főbb összetevői:**

- Katabolikus folyamatok túlsúlya
- Glükoneogenezis, lipolízis, fokozott fehérjebontás
- Negatív nitrogénegyensúly
- Arg, His, Pro, Gln szemiesszenciálisnak minősül
- Katekolaminok, glükokortikoidok, glukagon, pajzsmirigyhormonok túlsúlya



A posztgressziós szindróma szakaszai

## 10. Beöntés és hashajtás

A gasztrointesztinális traktus előkészítésének / diagnosztikájának / terápiájának fontos részei.

**Indikációi:**

- GI traktus előkészítése műtétek és kolonoszkópia előtt
- Ileus konzervatív terápiája, műtét előtti detenzionálás. (Folyadék- és elektrolitpótlás, nazogasztrikus szonda szükséges!)

**Módszere** elektív műtét esetén:

- Rektális vizsgálat (!)
- 4 napig növényi rostmentes táplálék.
- Hashajtók: X-Prep, glicerines kúp.
- Oldatok (Yal-Trommsdorff-klizma, Rins-Sal, Rins-Ringer stb.).



# IX. A kiválasztás monitorozása. A húgyhólyag katéterezése

## 1. Elméleti háttér

A gyakorlatban katéterezésnek nevezzük a húgyhólyag mesterséges kiürítését. A vizelet kiürítését akadályozhatja prosztataátültetés, tumor, gyógyszerhatás (opiátok), gerincvelő-betegségek, pszichés gátoltság, kövesség, polypus stb. A katéterezés gyakran sürgősségi orvosi feladat, de a krónikus betegellátásban is – különösen idősebb páciensek esetében – a leggyakoribb beavatkozások közé tartozik. A katéter behelyezése történhet diagnosztikus és terápiás célból.

*Diagnosztikus célok:*

- Súlyos állapotú beteg folyadékháztartásának monitorozása
- Steril vizeletminta nyerése
- Reziduális vizelet meghatározása
- Pontos eredmények nyerése urológiai vizsgálatokban

*Terápiás célok:*

- Retentio urinae megszüntetése
- Inkontinencia okozta vizeletcsepegés megakadályozása
- Hólyagöblítés
- Műtéti előkészítés
- A vizeletvezető traktus műtét utáni sínézése
- Urethraelzáródás megelőzése

## 2. A katéterezés általános szabályai



- Csak akkor katéterezzünk, ha feltétlenül szükséges.
- A sterilitás szabályait minden körülmények között tartjuk be.
- Csak sértetlen, ép katétert használunk.
- A beavatkozást óvatosan végezzük, mert a húgycső sérülékeny.
- A katéterezés ellenjavallt az urethra sebési és traumás elváltozásaiban és többszöri sikertelen katéterezési kísérlet után.

## 3. A katéterekről általában

- Különböző anyagból és különböző méretben készülnek. Rövid távú használatra műanyag és latex katéterek ajánlottak, hosszú távra szilikon katétereket kell alkalmazni, mert ezeknél ritkább az eltömődés és a katéter körüli vizeletszivárgás. Léteznek ezüstbevonatú, antimikrobiális és sikosítóval bevont katéterek is.
- A katéterek külső átmérői *Charrière* „francia skálája” szerint: 0,33 mm = 1 french (F) vagy 1 charrière (1 Char, 1 Ch); így például a 3 F 1 mm-es átmérőnek felel meg.
- A húgycső-katéterezés céljának megfelelően különböző alakú és vastagságú katétereket használunk. A húgycső egyszeri vagy intermittáló katéterezésére a sima, egyenes (*Nélaton*, *Robinson*) 16–18 Ch (F) méretűek megfelelőek. Ugyanezt a méretet használjuk a tartósan bent maradó *Foley*-katéterekből is.
- Férfiaknál nagyobb méretű katéter tartós használata a húgycsőváladék pangását, következményes húgycsőgyulladást és -szűkületet, mellékhere-gyulladást okoz. Ennek ellenére a húgyhólyag és a prosztata endoszkópos operációja után nagyobb átmérőjű (20–24 Ch) katéterre lehet szükség a véralvadékok kiürítésére.
- Férfi katéterezésénél a symphysis alatt és a pars membranacea bejáratí részénél akadályba ütközhetünk, ekkor hajlított végű (*Thiemann*)-katétert használunk.

A katéterek anyaguk, lágyáguk alapján három nagy csoportba oszthatók.

### 3.1. Puha katéterek

- A *Nélaton*-katéter egyenes cső, melynek vége legömbölyített, és a hólyagba vezetett végéhez közel ovális alakú nyílás van.
- A *Thiemann*-katéter hólyagba vezetett végén kb. 1–1,5 cm hosszú ormány van, amely tompán elvékonyodik, és 45 fokos szögben hajlik. Hólyagba vezetéskor arra kell ügyelni, hogy a katéter ormánya mindig a beteg arca felé forduljon, mivel ekkor az ormányrész a húgycső elülső, sima falán halad végig, és így könnyen bevezethető. Az ormány irányát a katéter külső végén kis taraj jelzi.
- A *Pezzer*-katéter gumiból készül. Kerek, lapos, gomb alakban végződő, a gombon néhány lyukkal ellátott eszköz, amelyet hólyag- vagy prosztataműtétek során volt szokás (ma már ritkán) a hólyagba helyezni.
- A *Foley*-katéter műanyagból készül, a hólyagba vezető végéhez közel, kívülről folyadékkal vagy levegővel feltölthető ballon van, melynek segítségével a hólyagban rögzíthető. A ballon feltöltéséhez nincs szükség steril folyadékra, mivel az a hólyag ürterével nem közlekedik.



### 3.2. Félmerev katéterek

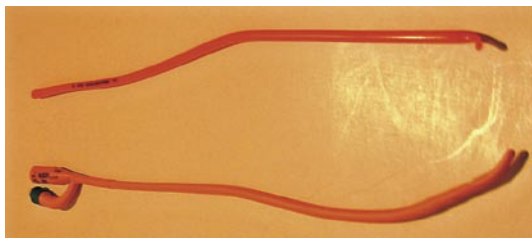
- A *Mercier*-katéterek selyemszövetből készül, viasz-lakkal impregnált katéterek, amelyek testhőmérsékleten puhák, 5–10 fokon megmerevednek. Ez a merev állapot heges húgycsőszűkületek esetén segíti az ellenállás leküzdését.

### 3.3. Merev katéterek

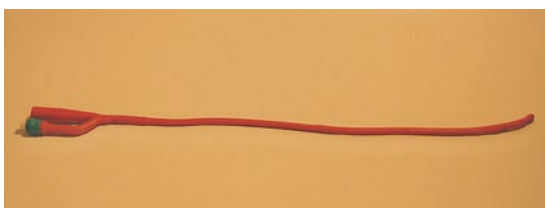
- Fémből, műanyagból vagy üvegből készülhetnek. A fémkatéterek ovális ablakkal ellátott csövek, melyeknek a fémszondákhoz hasonló a görbületük. Üvegből készült katétereket régebben nőknél alkalmazták, bevezetésük előtt meg kellett győződni a katéter végének épségéről, nehogy húgycső sérülést okozzanak.



Nelaton-katéter



Thiemann-katéter



Foley-katéter

## 4. A katéterezés technikája



A katéterezés előtt készítsünk elő minden szükséges eszközt, és lehetőleg vegyünk igénybe segítséget, különösen, ha a beteg nem képes együttműködni. Esméletlen beteget egy személy is kőmetsző helyzetbe (a katéterezéshez alkalmas pozícióba) tud hozni, ha térdeit és csípőit erősen behajlítva, talpait a gátja alatt egymással szembe támasztja.

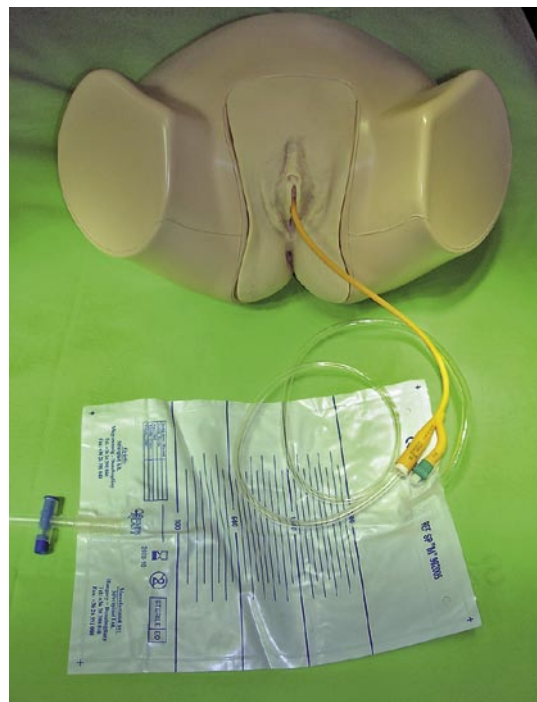
### 4.1. A katéterezéshez szükséges eszközök

- Megfelelő méretű *Foley*-katéter (14–22 Ch)
- Csatlakozó steril cső és zsák
- Bucik a lemosáshoz, dezinficiáló oldat
- 10 ml-es fecskendőben steril desztillált víz
- Steril katéter síkosító olaj (*Instillagel*)
- Megfelelő méretű steril kesztyűk

### 4.2. Nő katéterezése



- Kézmosás után steril gumikesztyűt húzunk. A beteg a hátán fekszik, lábait felhúzza és szétterpeszti.
- A beteg jobb oldalán állva bal kezünk hüvelyk- és mutatóujjával feltárjuk a szeméremrést. Az urethra bejárata a clitoris és a hüvely ventrális boltozata között, a középvonalban kicsiny részként mutatkozik.
- Jobb kezünkkel dezinficiéssal átitatott buccival háromszor végigtöröljük az urethra bejáratát (egy buccival csak egyszer, határozott mozdulattal törölünk, majd eldobjuk, és másikat veszünk).
- A katétert – a sterilitásra ügyelve – jobb kezünkbe fogjuk, csúcsát ceruzaszerűen tartjuk, míg többi részéből hurkot képezve ugyanebben a kezünkben rögzítjük. A katéter végére steril olajat vagy kenőcsöt teszünk.
- A katéter csúcsát az urethrába illesztjük, és az el-tartott hurkot kisebbítve előretoljuk, vigyázva, hogy a húgycsőbe kerülő részek semmihez ne érjenek hozzá.

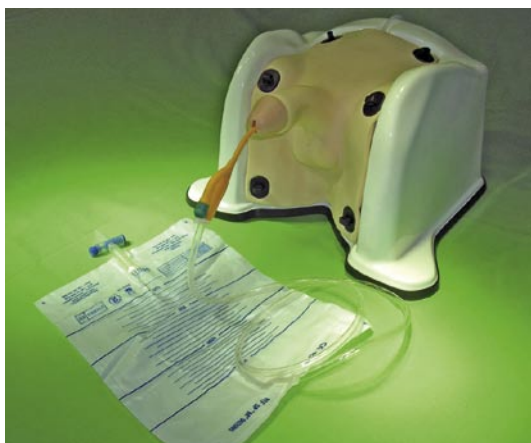


- Amikor a vizelet a katéterben megjelenik, bal kezünk ujjainal összeszorítjuk, és további 5–10 cm-t haladunk előre, hogy a ballonos rész biztosan a hólyagba jusson.
- A katétert a vizeletgyűjtő zsák összekötő csővéhez csatlakoztatjuk. A ballonjárat külső nyílásához illesztjük az előkészített feltöltött fecskendő, és feltöltjük a ballont.
- A katétert ezután óvatosan ütközésig visszahúzzuk, és ragtapasz segítségével a comb belső feléhez rögzítjük.

### 4.3. Férfi katéterezése



- Férfiaknál a hosszabb, többször hajlított húgycső miatt nehezebb a katéter bevezetése, mint a nőknél. Ezért ajánlott, hogy a katéterezést két személy végezze.
- A beteg hanyatt fekszik, felhúzott és szétterpesztett lábakkal. Bal kézzel visszahúzzuk a fitymát a hímvesszőről. Az urethra szájadékát a fentiekhez hasonló módon lemoszuk.
- A katétert az előbb leírtak szerint előkészítjük és tartjuk. A húgycső lefutását igyekszünk kiegyenesíteni úgy, hogy kb. 60 fokos szögben megemeljük a péniszt.



- A katétert óvatosan vezetjük be. Kb. 15–20 cm-nél kisebb-nagyobb akadályt érzünk; ez a prosztata magassága. Ha ezen nem tudjuk a katétert átvezetni, akkor válasszunk vékonyabb átmérőjűt. Más módszer: töltjük fel a katétert steril síkosító folyadékkal, majd külső végéhez illesztünk ugyanilyen folyadékkal töltött steril fecskendő, és az újabb előrehaladási kísérlet közben a fecskendő tartalmát a katéterbe nyomjuk; a folyadék így előkészíti az utat az előrehaladó katéternek.
- A katéterezés végén a fitymabőröt húzzuk vissza a glansra.

### 4.4. Tanácsok, megjegyzések

- A katéter kiválasztásánál az egyéni adottságokat, a behelyezés célját és a katéterhasználat időtartamát kell figyelembe venni. Általában kisméretű katéter ajánlott, mert a nagy átmérőjű katétereknél több a komplikáció. A vastagabb (20–22 Ch) katéter azonban alkalmasabb a pars membranacea magasságában található akadály leküzdésére, s ez kevésbé képes hamis járatot fúrni. Amikor a katéter vége eléri a belső záróizmot, ellenállásba ütközhet. Néhány másodperces szünet alatt ellazulhat a záróizom, és túljutunk a problémás szakaszon. A prosztatatahiperplázia és a húgyúti szűkületek komolyabb ellenállást okozhatnak a katéter útjában. Sosem szabad erőltetni, hogy legyőzzük az ellenállást, mert ödémát vagy perforációt okozhatunk.
- A beteg nem érezhet fájdalmat a ballon feltöltése során. Ha fájdalmat jelez, akkor a ballon a hólyag helyett a húgycsőben van, és további felvezetésre van szükség. Vérzés vagy sikertelen katéterezés esetén hólyagpunkciót kell végezni.
- A túltelítődött hólyag tapintással felismerhető. A beteg alhasi fájdalmat, puffadást, csuklást panaszol. Megtévesztő, hogy sokszor – s ezért úgy tűnik, hogy sokat is – vizelet, pedig ilyenkor a túltelt hólyag túlcsgorgásáról van szó (ischuria paradoxa). Ez 600–800 ml-es vizeletretenciónál már rendszerint előfordul. Ha a hólyag feszesen telt vizelettel, csak lassan engedjük le. Hipotenzió vagy hólyagvérzés léphet fel, amikor a hólyag összenyomódott erei hirtelen kitérülnek. A hólyag nyomáscsökkentésére először legfeljebb 800 ml vizeletet engedünk le, zárjuk le a katétert 15 percre, majd 15 percenként engedjük fel, és mindig 100 ml-t engedjük ki, amíg a hólyag teljesen ki nem ürül.
- Férfiakat diagnosztikus célból ma már csak ritkán katéterezünk, steril vizeletmintát az ún. középsugárból veszünk. Nőknél is legtöbbször elegendő, ha a húgycsőnyílás környékét a leírt módon megtisztítjuk, és a nagyajkak feltárása után a középsugárból vizeletet veszünk. Ez a vizelet üledékvizsgálatra alkalmas, de mikrobiológiai vizsgálatokhoz nem mindig sikerül ilyen módon steril vizeletet nyerni. Ez esetben szükséges lehet a katéterezés.
- Esméletlen, sokkos beteg esetén azonban nagyon fontos a katéter behelyezése, hogy a vesefunkciót, folyadékháztartást figyelemmel kísérhessük.
- A katéter cseréje hetente, vagy elzáródás, hibás működés esetén szükséges. A cserék gyakoriságát a katéter anyaga is meghatározza – szilikon katétereket hosszabb ideig is bent lehet hagyni. A katéter eltávolítása során is ügyeljünk arra, hogy az urethra fala ne sérüljön meg.
- Ha *Thiemann*-katétert használunk, ügyelni kell arra, hogy a katéter csőre anatómiai helyzetbe kerül-

jön, s ezt előrehaladás közben meg is tartsa. A cső helyzetéről a külső végén található taraj tájékoztat. A katéter akkor áll helyesen, ha taraja a beteg arca felé néz. *Thiemann*-katéterrel azonban csak akkor kíséreljük meg a katéterezést, ha ehhez korábban gyakorlatot szereztünk.

#### 4.5. A katéteres vizelet gyűjtése

A vizeletgyűjtés célja lehet:

- Vizelet egyszerű vizsgálata
  - inspekció, fajsúly, ozmolaritás mérése
  - mikroszkópos vizsgálat
  - kvalitatív és kvantitatív laboratóriumi vizsgálatok
  - mikrobiológiai vizsgálat (tenyésztés)
- Vizeletürítés mennyiségi meghatározása
  - Egész napos (24 óras) gyűjtött vizelet – napi folyadék-egyensúly. Bevitel, ürítés mérése
  - Óradiurézis meghatározása: súlyos állapotú betegekben (sokk, égés, kritikus keringési állapotok, veseelégtelenség stb.). Nagyon fontos monitorozási lehetőség!

### 5. Tartós katéterezés

Az idős, krónikus betegségekben szenvedők arányának növekedésével egyre többször válik szükségessé ez a megoldás.

A tartós katéterezés *indikációi*:

- Vizeletretenció, amely nem orvosolható sebészi vagy gyógyszeres kezeléssel;
- Bőrsérülések, decubitusok vannak, amelyeket meg kell óvni a felülfertőződéstől;
- Végstádiumú vagy legyengült betegeknél, ha az ágy-nemű- és ruhacserék kényelmetlenek vagy zavaróak.
- Eszméletlen, súlyos állapotú betegek intenzív terápiája.

Mérlegelnünk kell azonban a tartós katéterezéssel járó szövődményeket és kényelmetlenségeket (fertőzések, húgycsőfisztulák, vizeletszivárgás stb.), ezért a katéterezést kerülni kell, amíg csak nem lesz mindenképpen szükséges.

*Szövődmények* lehetnek:

- Húgyúti fertőzések (ha a katéterezést nem a sterilitás szabályai szerint végezzük). A fertőzés első jele lehet a katéterezés után akár néhány óra múlva fellépő hidegrázás és láz (az ún. „katéterláz”). Az idős, tartósan katéterezett betegek lázas eseményeinek kétharmada húgyúti fertőzéshez kapcsolódik, ezért rendszeresen ellenőrizni kell a katéteres betegek hőmérsékletét. Az elmeállapot változásai, a bő-

séges verejtékezés, a hasi fájdalom, a tachycardia, a hipotenzio, az émelygés és hányás, valamint a nyugtalanság vagy izgatott viselkedés olyan jelek és tünetek, amelyek húgyúti fertőzés vagy bakteriémia jelei lehetnek. Ilyen fertőzés esetén fontos, hogy megfelelő mikrobiológiai vizsgálat után célzott antibiotikum-terápiát kezdjünk (sok baktériumtörzs rezisztens a szokványos antimikrobás kezelésre).

- Az urethra sérülései. Ha katéterezés közben az urethra, ill. prosztata sérülésének gyanúja merül fel, azonnal urológiai konzíliumot kell kérni.
- Encrustatio (törmeléklerakódás a katéter vége körül, amely elzárja az elvezető nyílásokat). Az encrustatio megelőzésének egyik módja, ha a katétert gyakrabban cseréljük. Emellett hatásos lehet a vizelet savas kémhatásának fenntartása is. Ezt diétás intézkedésekkel érhetjük el: célszerű az étrendbe húst, teljes gabonákat, tojást, szilvát, mazsolát iktatni, ha a páciens egyéb betegségei ezt nem kontraindikálják. A megfelelő folyadékfogyasztás (napi 2000–3000 ml) biztosítja a vizelet állandó áramlását a katéterben, és csökkenti az elzáródás lehetőségét.
- Vizeletszivárgás általában a katéter elzáródása és hólyagspasmus kapcsán fordul elő. A hólyag irritabilitása és spazmusa több okból eredhet: a leggyakoribbak a húgyúti fertőzés, székrekedés, hólyagkövek, túlméretezett katéterballon. Szivárgás esetén a fenntartó okot kell kezelni; ha ez nem sikeres, akkor spazmusoldó szert alkalmazhatunk.
- A vizeletszag megelőzésében a higiéné és a megfelelő ápolás játszik fontos szerepet. A gáttájat naponta le kell mosni, az elvezető csövet és zsákot cserélni kell, a katéter cseréjével együtt.
- Nagymérvű vizeletcsapoláskor sokk (elkerülési módját lásd előbb).

### 6. Egyéb katéterezési lehetőségek

- A suprapubikus katétert a hasfalon keresztül, steril, perkután úton vezetjük be a hólyagba. Gyakran alkalmazzuk nőgyógyászati, urológiai műtétek után és az intenzív terápiában.
- A külső katétereket a hólyag működési zavarával kapcsolatos problémák ellátására használhatjuk. Csak olyan betegeknél alkalmazhatjuk, akik nem reagáltak az inkontinencia megoldását szolgáló egyéb kezelésre. A férfiak külső katétere egy szeméremcsonthoz rögzíthető pénisz tölcserből vagy elasztikus pánttal rögzített kondomból áll. *Szövődményei* ödéma, bőrirritáció, a pénisz elszorítása, húgycső-diverticulumok. Léteznek női külső katéterek is, de biztonságuk és hatékonyságuk nem bizonyított.

# X. Függelék

## 1. Idegen nyelvű kifejezések és idézetek

7. oldal: „Szeretném megérni azt a napot, amikor sebész lesz valahol valakiből, akinek nincsenek kezei, mivel a műtéti rész csak a feladat legkisebb részét jelenti”. (Harvey Cushing)
10. oldal: „Isten hozott a valódi mérés birodalmában”. Az inch meghatározása: „három egymás után helyezett árpaszem hossza”.
18. oldal: „Ezután az előttem fekvő lecsupaszított bal oldali carotis artériába a szív iránya felé rögzítettem a rézcsövet, ehhez kötöttem a lúdgégét, ennek másik végéhez egy 12 láb és 9 hüvelyk hosszúságú üvegcsövet kötöttem. A vér addig emelkedett a csőben, amíg 9 láb 6 hüvelykes magasságot ért el”. (Steven Hales)
19. oldal: „Az örvénylés a klasszikus fizika utolsó megoldatlan nagy kérdése”. (Richard Feynman)
29. oldal: „A zseni egy százaléknyi ihletből (vö. 'belegzésből') és kilencvenkilenc százalék izadtságából áll”. (Thomas A. Edison)
37. oldal: „Az anoxaemia nem csak megállítja a gépet, hanem tönkreteszi a gépezetet is.” (John S. Haldane)
40. oldal: „Pillanatfelvételek a múltból”
47. oldal: „Ha a hőmérő egy hüvelyknyivel hosszabb lett volna, mind halálra fagyunk”. (Mark Twain)
49. oldal: „A test legfontosabb feladata, hogy a fejet hordozza”. (Thomas A. Edison)

## 2. Az angol rövidítések jegyzéke

ARDS	Adult Respiratory Distress Syndrome (felnőttkori respirációs disztressz szindróma)
BEE	Basal Energy Expenditure (alapanyagcsere)
CCD	Charge-Coupled Device (töltéscsatolt eszköz)
CI	Cardiac Index (szívindex)
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
DIC	Disseminated Intravascular Coagulopathy (disszeminált intravaszkuláris alvadási zavar)

EP	Evoked Potential (kiváltott válasz)
ESPVR	End-Systolic Pressure-Volume Relation (végszisztolés nyomás-térfogat-összefüggés)
ETCO <sub>2</sub>	End-tidal CO <sub>2</sub> (végkilégzési széndioxid koncentráció)
IBD	Inflammatory Bowel Disease
LED	Light-Emitting Diode (fénykibocsátó dióda)
MOF	Multiple Organ Failure (többszörös szervkárosodás)
MRI	Magnetic Resonance Imaging (mágneses rezonanciás képalkotás)
MRA	Magnetic Resonance Angiography (mágneses rezonancia angiográfia)
NIR	Near Infra Red (közel infravörös)
NIRS	Near Infra Red Spectroscopy (közel infravörös spektroszkópia)
OPS	Orthogonal Polarisation Spectral imaging (ortogonális polarizációs spektrális képalkotás)
PMN	Polymorphonuclear (polimorf magvú)
PCWP	Pulmonary Capillary Wedge Pressure (pulmonalis kapilláris éknyomás)
PPN	Peripheral Parenteral Nutrition (perifériás parenterális táplálás)
SpO <sub>2</sub>	Percentage of Hemoglobin Saturated by Oxygen (oxigénnel telített hemoglobin hányad)
TEE	Trans-Esophageal Echocardiography (transoesophagealis echokardiográfia)
TPN	= Total Parenteral Nutrition (teljes parenterális táplálás)

