

**Magyar Mérnöki Kamara**

**FAP - 19/2015/3.**

**Egészségügyi-Műszaki Tagozata**

**Az egészségügyi technológia fejlődésének hatásai  
az egészségügyi létesítmények tervezésére**

(Új technológiák bemutatása)

1. rész

<b>Műtéti technológiák fejlődése és ennek következményei.</b>
---

Tanulmány, szakmai segédlet

Budapest, 2015. szeptember

**Összeállította:** dr. Forgács Lajos és ifj. Pólya Endre

**Ellenőrizte:** Dió Mihály mestertanár, Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kara

**Jóváhagyta:** a Magyar Mérnöki Kamara Egészségügyi-Műszaki Tagozatának Elnöksége  
(elnök: Udvardy Péter)

Budapest, 2015. szeptember

## Tartalom

<b>1. A tanulmány tárgya.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Az egészségügyi technológia fogalma. ....</b>	<b>7</b>
2.1. Mit értünk az „egészség” fogalma alatt? .....	7
2.2. Mit jelent az „egészségügy” fogalma? .....	8
2.3. Ki a „beteg”? .....	8
2.4. Mit jelent a „technika” szó? .....	9
2.5. Mit jelent a „technológia” kifejezés? .....	10
2.6. Mit jelent az egészségügyi technológia (vagy: orvostechnológia) fogalma? .....	10
2.7. Mit értünk az orvostechnika fogalma alatt? .....	11
2.8. Mit értünk a „clinical/hospital engineering” (klinikai vagy kórházi mérnökség) fogalma alatt? .....	12
2.9. Mit nevezünk „orvostechnikai eszköz”-nek? .....	12
<b>3. A diagnosztikai eljárások fejlődése az orvostechnikai eszközök segítségével.....</b>	<b>14</b>
<b>4. A műtéti technika fejlődése a műszaki (orvostechnikai) eszközök segítségével. ...</b>	<b>22</b>
<b>5. Korszerű műtéti technikák.....</b>	<b>32</b>
5.1. Mechanikai jellegű sebészeti kézieszközök. ....	32
5.1.1. Orvosi kézieszközök csoportosítása.....	33
5.1.2. Az orvosi kézieszközökkel szemben támasztott általános követelmények. ....	35
5.2. Villamos elven működő, nagyfrekvenciás sebészeti vágó készülékek. ....	36
5.2.1. A nagyfrekvenciás sebészet elve.....	38
5.2.2. Elektródproblémák.....	40
5.2.3. A bipoláris elektródok.....	42
5.2.4. A nagyfrekvenciás sebészet veszélyei. ....	43
5.3. Endoszkópok alkalmazása a műtétek során. ....	45
5.3.1. Endoszkópok alkalmazási területei. ....	45
5.3.2. Az endoszkópos sebészet lehetőségei. ....	46

5.3.3.	Endoszkópok fajtái.....	48
5.3.4.	Endoszkópos sebészeti kiegészítő eszközök.....	50
5.3.5.	Endoszkópok orvosi alkalmazási területei.....	53
5.4.	Lézersebészet.....	57
5.4.1.	A fény biológiai hatásai .....	57
5.4.2.	A fényelnyelés színfüggése.....	57
5.4.3.	A fénnel kiváltott hatások teljesítményfüggése .....	58
5.4.4.	Lézer sugárzók .....	58
5.4.5.	Sebészeti lézerek.....	60
5.4.6.	Alkalmazási útmutatások .....	62
5.5.	Robotasszisztált sebészet (Műtéti navigációs rendszerek).....	64
<b>6.</b>	<b>Milyen legyen a 21. század kórháza?.....</b>	<b>71</b>
6.1.	Az újkor kórházainak kialakulása – röviden .....	71
6.2.	A 21. század kórházának kialakítási szempontjai .....	74
6.3.	Az „ember-központú” kórházzal szemben támasztott követelmények .....	77
6.4.	A sürgősségi ellátás fejlődésének hatása a kórházak kialakítására .....	82
6.5.	Korszerű műtőtömbök kialakítási szempontjai .....	86
6.6.	Egynapos sebészet („one day surgery”) .....	96
6.7.	Így néz ki egy korszerű műtő a 21. században (példa).....	98
<b>7.</b>	<b>IRODALOM.....</b>	<b>101</b>

## 1. A tanulmány tárgya.

Minden ember legfőbb értéke az egészsége. Leegyszerűsítve az „egészség” fogalmának értelmezését, akkor mond/hat/juk „egészségesnek” magunkat, ha szervezetünk normálisan működik, „jó” érezzük magunkat, ha nem vagyunk „betegek” (Az „egészség” és a „betegség” definíciójával a későbbi, 2. fejezetben még részletesen foglalkozunk.) Az egészség megfelelő szinten való megőrzése mindig egyik legfontosabb törekvésünk.

Ha valamilyen külső vagy belső okok miatt mégis betegek leszünk, azonnal orvoshoz fordulunk, aki különböző vizsgálatok révén, melynek során használ már egyszerűbb kivitelű műszaki (orvostechikai) eszközöket is, mint például: lázmérő, vérnyomásmérő, vércukorszintmérő, esetleg EKG, pulzoximéter, és saját (valamint a tanult) tapasztalatainak birtokában megállapítja bajunkat és előírja a megfelelő kezelést, vagy gyógymódot. Ez még az alapellátás szintje.

Súlyosabb baj esetén, a járóbeteg ellátás szintjén, pedig további kivizsgálásokra van szükség, ahol már számos, bonyolult kivitelű orvostechikai eszközzel, mint például: röntgen készülék, ultrahangos diagnosztikai vizsgáló eszköz stb, is találkoz/hat/unk, melyek mind-mind szükségesek a megfelelő diagnózis felállításához, azaz a betegség megállapításához. A gyógyulást is elősegít/het/ik különböző műszerek (orvostechikai eszközök), egyszerűbb esetben például ingerterápiás készülékek, különböző gyógyászati segédeszközök stb.

Baleset, vagy valamilyen szerv súlyosabb megbetegedése esetén kórházi kezelésre, esetlegesen műtetre és ápolásra szorulunk. Ez már a fekvőbeteg-szakellátás szintje. Műszaki szempontból a kórház olyan építmények összessége, ahol az összes műszaki létesítmény, berendezés és eszköz alkalmazásának célja és feladata a betegellátás magas színvonalon való teljesítése.

Azaz: az egészségügyi ellátás megvalósításához, a gyógyítási tevékenységek kivitelezéséhez speciális létesítmények (kórházak, klinikák, szakrendelők, egészségügyi intézetek stb), és különböző eszközök, műszerek, készülékek, berendezések (összefoglaló néven: orvostechikai eszközök) szükségesek. Ezeknek a tárgyi feltételeknek a megteremtését az egészségügyi technológia révén tudjuk elérni. (Az „egészségügyi technológia” pontos definíciójával is foglalkozunk majd a következő, 2. fejezetben)

Nagyon jól tudjuk, hogy a gyógyítási tevékenységgel a különböző orvosszakmai képzettséggel rendelkező orvosok és ápolók foglalkoznak. Jelenlétük elengedhetetlen az egészségügyi ellátások rendszerében. De az ő munkájukat hasznosan segítik és kiegészítik még számosan, akik az egészségügy különböző területein másfajta szakképzettséggel dolgoznak. Ilyenek - többek között, a gazdasági és ellátó személyzet mellett - a műszaki szakképzettséggel rendelkező mérnökök, technikusok, szakmunkások. Úgy tűnik, hogy időnként kevéssé figyelünk az ő munkájukra, pedig az ő tevékenységük is szükséges és nélkülözhetetlen ebben a folyamatban. Ezen tanulmány megírásának egyik célja, hogy ismertessük a műszakiak, a mérnökök szerepét és jelentőségét az egészségügyi ellátás folyamatában, első sorban a legújabb egészségügyi technológiák bemutatásával.

Egyszerű eszközöket már az ókorban is használtak az akkori orvos-papok gyógyítási célokra, például a mai szikéhez hasonló késeket, vagy más hasonló eszközöket, ókori egyiptomi leletek is utalnak erre. A középkorban tovább fejlődött a különböző mechanikai jellegű eszközök használata. Döntő fejlődés azonban csak a XIX. század vége felé, az elektromosság és a röntgensugárzás felfedezésével indult meg. Innentől kezdve azonban ez a fejlődés szinte rohamszerű lett és a XX. század közepén és vége felé olyan eszközök jelentek meg, amelyek a számítástechnika felhasználásával forradalmasították a gyógyítás menetét. Csak néhányat emelnénk ki ezek közül: a röntgentechnika erőteljes alkalmazása, a villamos elven működő diagnosztikai és terápiás készülékek egyre növekvő száma, az ultrahang technika alkalmazása, majd az endoszkópos eszközök felhasználása. A XX. század végén a diagnosztikában a képalkotó technika széleskörű elterjedése, a terápiában pedig az endoszkópok elterjedése számos új gyógy mód alkalmazását segítette elő. Vagyis az egészségügyi technológia alkalmazása az orvostudományban a mindennapok nélkülözhetetlen résztvevője lett. Ezekből szeretnénk ebben a tanulmányban egy kis „ízeltőt” adni.

Megkerülhetetlen az a tény is, hogy ezeknek a technikáknak, összefoglaló nevén: az egészségügyi technológiának az létrehozatalához és alkalmazásához speciális szakképzettségű emberekre van szükség. A világ nagy részében, az USA-ban, Kanadában, Japánban, Ausztráliában és Európa nyugati részén ezeket a mérnököket hívják „clinical engineer”-nek, vagy „hospital engineer”-nek, azaz magyar fordításban klinikai mérnököknek, vagy kórházi (kórházüzemeltető) mérnököknek.

Magyarországon 1992-ben az /akkori/ Haynal Imre Egészségtudományi Egyetem Egészségügyi Főiskolai Karán indult meg a mérnöki alapvégzettségre épülő kétéves „klinikai/kórházi mérnöki” szakirányú továbbképzés. 2000 után ez a szakirányú továbbképzés folytatódott a Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Karán, egészen 2008-ig. Azóta azonban ilyen irányú továbbképzés nincs. Vagyis, már 7 éve nem jelennek meg az egészségügyben olyan mérnökök, akiknek feladata lenne a 21. század rohamosan fejlődő orvostechikai eszközeinek alkalmazása és az egészségügyi technológia művelése. Pont akkor, amikor rohamosan nő a kórházainkban alkalmazott CT-k, MRI-k, ultrahangos készülékek száma és erőteljesen fejlődik az „egynapos sebészet”, ami nem lehetséges az endoszkópok nélkül, valamint Európában is széles körben elterjedőben van - kivéve Magyarországot - az úgynevezett „robotsebészet” alkalmazása.

Ezért is gondoltuk azt, hogy ezen tanulmány segítheti az egészségügyi intézményekben, vagy az egészségügy érdekében dolgozó mérnökök szakmai tájékozódását és továbbképzését a legújabb, legmodernebb egészségügyi technológiák bemutatásával.

Budapest, 2015. szeptember

## 2. Az egészségügyi technológia fogalma.

Amikor egy új szakterülettel kezdünk foglalkozni, mindig szükséges tisztázni előtte, hogy mit is értünk a megnevezések, fogalmak alatt. Ennek megfelelően ebben a fejezetben ismertetjük és magyarázzuk az egészség, az egészségügy, a beteg, a technika, a technológia, az orvostechika és az egészségügyi technológia (vagy: orvostechológia), valamint a klinikai/kórházi mérnökség („clinical engineering or hospital engineering” és az orvostechikai eszközök („medical devices”) definícióit, azért hogy a továbbiakban a megértést megkönnyítsük.

### 2.1. Mit értünk az „egészség” fogalma alatt?

*„Az egészség az ember biológiai-pszichológiai és társadalmi létezésének szükségletkomplexuma; a teljes fizikális, mentális és társadalmi jóllét állapota, amelyik alapvető emberi jog.”*

Ezt a legközismertebb meghatározást a WHO (World Health Organisation), az Egészségügyi Világszervezet alkotta meg az 1972. évi, Alma-Ata-i (ma: Almati-i) kongresszusán.

*Megjegyzés: A definíció szövegében értelmezésbeli különbség mutatkozik a „társadalmi jóllét”, avagy a „társadalmi jólét” elfogadásában. Az eredeti angol szövegben ugyanis a „well-being” kifejezés szerepel. Ezt – a mi véleményünk szerint is – helyesebb úgy értelmezni, hogy az „valamiben jól lenni, valamiben megelégedett lenni, valamit jól érezni” állapotot jelent. A „jólét” fogalma pedig az anyagi javakban való megelégedettséget, esetlegesen gazdagságot jelent, amihez kétség kívül hozzátartozik a „jó egészség” megléte is.*

Ez a meghatározás tehát az egészséget széleskörűen, az ember létezésének alapvető szükségleteként határozza meg, amelyik magában foglalja nemcsak az egyén fizikális (testi) és mentális (érzelmi-értelmi) állapotát, hanem a közvetlen környezettel, valamint a társadalom egészével való kapcsolatát is. Külön kihangsúlyozza, hogy az egészséghez minden embernek joga van, vagyis ennek a jognak a biztosítása egyúttal az egyént magában foglaló társadalom kötelessége is.

Az utóbbi időben egyébként az egészség értelmezése többször is módosult. Míg régebben elsősorban a „betegség hiányát” értették alatta, vagyis: egészséges az, aki nem beteg; ma már ez nem ilyen egyértelmű. Ez az értelmezés ugyanis egy statikus, állandósult, jól meghatározott állapotot feltételez, holott az egészséget célszerűbb úgy szemlélnünk, mint egy állandó mozgásban, változásban lévő, egyensúlyt kereső folyamatot. Ez egy olyan folyamat, amelynek eredménye a szervezeten belüli és a szervezet, valamint természeti és társadalmi környezete közötti dinamikus egyensúly. Tehát az egészséget elsősorban az emberi test zavartalan funkciói és az a törekvés biztosítja, hogy folyamatos egyensúly legyen, vagy maradjon a szervezet és környezete között. A változó ingerek, a különböző hatások kimozdíthatják ebből az egyensúlyi helyzetből az egészségesnek tekintett embert, de amíg az egyén képes a kiegyenlítődésre, helyreállításra, addig nincs károsodás és addig beszélhetünk az egészségről.

„A jó egészségi állapot egyúttal elősegíti a társadalmi jólétet a gazdasági fejlődésre, a versenyképességre és a termelékenységre kifejtett hatása révén. A jól teljesítő egészségügyi rendszer hozzájárul a gazdasági fejlődéshez és a jóléthez.” (WHO Európai Miniszterek Konferenciája, Tallinn, 2008., Tallinni Karta 4. pontja)

## 2.2. Mit jelent az „egészségügy” fogalma?

*„Az egészség megtartására, javítására és helyreállítására irányuló tevékenységek összessége; az orvostudomány eredményeinek intézményes gyakorlati alkalmazása.”*

Az egészségügy tehát nemcsak tevékenységek sorozatát jelenti, hanem magában foglalja az ezek gyakorlásához szükséges intézményrendszert is.

Más meghatározásban az egészségügy egy társadalom életét meghatározó nagyszisztéma, amelynek célja az egészség megőrzése, helyreállítása, illetve ezek feltételeinek biztosítása. Működése során alapvetően két feladatot lát el:

- az államhatalom által meghatározott hatósági intézkedéseket hajt végre (jogalkotás, jogalkalmazás), illetve
- az egészség megőrzésére, megtartására, helyreállítására irányuló szolgáltatásokat nyújt.

Az egészségügy a gazdasági tevékenység egyik ágazatának tekintendő.

## 2.3. Ki a „beteg”?

A jogi meghatározás erre nagyon egyszerű: *„Az egészségügyi szolgáltatásokat igénybe vevő, vagy abban részesülő személy.”* (Eütv. 3. §. a) pontja)

A beteg szóval azonos értelemben szokták használni a „páciens” (és nem „paciens”!) kifejezést is. Az Orvosi Szótár meghatározása szerint „páciens: orvosi kezelésben részesülő beteg”. Szerintünk azonban a „páciens”: az egészségügyi szolgáltatást igénybe vevő személy”, aki még nem biztos, hogy „beteg” is. Ebből a szempontból a válaszként megadott jogi meghatározás sem egyértelmű. Csak az egészségügyi szolgáltatások igénybe vétele során, azaz az orvosi vizsgálatok után derül/het csak ki, hogy valóban beteg-e az a személy, aki orvoshoz fordul. Gondoljunk csak a szűrővizsgálatokra, például a tüdőszűrő vizsgálatra, vagy egy vérvétel utáni laboratóriumi vizsgálatra.

A beteg fogalmának meghatározása éppen ezért ennél részletesebb megfontolásokat igényel. Az egészség fogalmának meghatározásánál már említettük, hogy a betegség fellépte, vagy fennállása egy olyan dinamikus folyamat következménye, amikor az egyén szervezete már nem képes létrehozni a szervezete és a környezeti hatások általi egyensúlyt.

Bár a gyakorlatban legtöbbször az egyént a statisztikus átlaghoz mérten vizsgálják, valójában minden egyén a saját fizikai és mentális állapota és körülményei által meghatározottan tekintendő. Például: a statisztikai átlag szerint az emberi szervezet átlag hőmérséklete (az úgynevezett mag-hőmérséklet) normális esetben: 36,7 °C. Ha ezt már legalább 1 °C-kal meghaladja a hőmérséklet, akkor az egyénnek hőmérséklet emelkedése van (aminek számos oka lehet, tehát ezeket is figyelembe kell venni), azt mondjuk, hogy

láz, azaz beteg. Vannak azonban olyan egyének, akiknek a normális esetben is a mért átlag hőmérsékletük  $37^{\circ}\text{C}$ -nál kicsivel nagyobb. Ebben az esetben a  $37,7^{\circ}\text{C}$  hőmérséklet elérése még nem okoz olyan tüneteket, mint az előző esetben, azaz nem biztos, hogy az egyén beteg.

Mindezt a matematika törvényszerűségei szerint az úgynevezett Gauss-féle eloszlás függvénnyel szemléltethetjük. Ennek értelmében a vízszintes tengelyen a mért értékek találhatók, míg a függőleges tengely a mért események (egyének) számát jelenti. Egy meghatározott értékhez tartozik egy meghatározott gyakoriság, azaz adott személyek száma, tehát ez az a legtöbb személy, akinek ilyen mért értéke van. Ettől jobbra és balra – egy szintén meghatározott szűk sávban – megállapítható egy olyan tartomány, ahol a mért érték még elfogadható. Ez az úgynevezett szórás-tartomány. Ez adódhat a mérési bizonytalanságból, a mérési körülményekből, a mért egyedek eltérő életkori, felépítésbeli sajátosságaiból stb. Az ezen a szórástartományon belüli értékeket tekintik – a statisztikai számítás szabályait figyelembe véve – elfogadható értéknek, tehát „egészséges”, normál értéknek.

Annak az egyénnek azonban, akinek az „egészséges”, normál értéke a Gauss-görbe leszálló ágának alsó részébe esik (akár pozitív, akár negatív értelemben), az eltér az általánosan elfogadott „egészséges – beteg” felfogástól, ebben az esetben egyéni megfontolás tárgya, hogy az egyént mikor tekint/het/jük egészségesnek, vagy betegnek. Ezért ennek megállapítására csak az orvos jogosult *megfelelő vizsgálatok* után.

További meghatározások:

- **járóbeteg:** olyan ellátásra szoruló beteg, akinek egészségi állapota lehetővé teszi, hogy személyesen is felkeresse az egészségügyi intézményt, és akinek az ellátása nem indokolja a 24 óránál hosszabb, egybefüggő kórházi benttartózkodást.
- **fekvőbeteg:** minden, kórházban egészségügyi szolgáltatásban részesített beteg, aki az adott intézményben az érvényes intézkedéseknek megfelelően meghatározott időnél hosszabb ideig folyamatosan tartózkodott, függetlenül attól, hogy hány osztályon ápolták.

Megjegyzés: A meghatározott idő: 24 óránál tovább

#### 2.4. Mit jelent a „technika” szó?

*„A „technika” szó a görög „techné”: művészet kifejezésből származik és ebben az értelemben ügyességet (művészetet), mesterségbeli tudást jelent. Ilyen értelemben beszélhetünk bárkinek a „technikájáról”, például az operáló sebész orvos technikájáról, mesterségbeli fogásairól, ügyességéről.*

*Általános értelemben azonban van egy másik jelentése is: a műszaki tudományok összességét jelenti. Azaz mindazon dolgokat, amelyek révén anyagi javakból (nyersanyagból, vagy alapanyagból) használati eszközöket tudunk létrehozni. Röviden: „valamiből valamit” csinálunk.”*

De nem mindegy, hogy hogyan! Ez a „HOGYAN” jelenti pedig a másik sűrűn használatos fogalmat: a „technológia” értelmezését.

## 2.5. Mit jelent a „technológia” kifejezés?

*„Valamilyen termék, termény, létesítmény, szolgáltatás, gyártási, termesztési, illetve előállítási eljárásainak összessége. Egy adott technológia alkalmazása során valamiből valamit előállítanak, létrehoznak, vagy valamit megváltoztatnak, átalakítanak valamilyen eszköz(ök) segítségével egy több műveletből álló folyamatban.”*

Ezeket a fogalmakat gyakran használják az egészségügyben is. Maga a gyógyítási folyamat is egy olyan technológiai eljárás, amelynek során „valamiből”: a beteg emberből meghatározott műveleti elemek sorozatán keresztül, vagyis a vizsgálatok és az alkalmazott terápiás eljárások révén „valamit”: azaz ismét egészséges (helyesebben: gyógyult) embert hozunk létre. Tehát máris nem idegen még az egészségügyiek számára sem a technika, technológia szó értelme, hiszen szoros kapcsolatban van a gyógyító-megelőző tevékenység minden fáziséval.

## 2.6. Mit jelent az egészségügyi technológia (vagy: orvostechnológia) fogalma?

*„Az egészségügyi ellátás speciális működési feltételeit biztosító technológia. Feladata: a betegellátáshoz (diagnosztika, terápia, megelőzés, ápolás, gondozás, rehabilitáció stb.) szükséges feltételek komplex biztosítása, az orvosszakmai programnak megfelelően az épület/ek/ tervezési folyamatában a szükséges műszaki, technikai követelmények megadása, a kivitelezéshez szükséges adatok, szempontok és összefüggések meghatározása.” (A meghatározás letölthető: [www.mediplan.hu/mit\\_jelent\\_az\\_orvostechnologia\\_honlaprol](http://www.mediplan.hu/mit_jelent_az_orvostechnologia_honlaprol))*

Itt jegyeznénk meg, hogy az „egészségügyi technológia” és az „orvostechnológia” kifejezéseket azonos értelemben használják. Használatos még a „kórháztechnológia” kifejezés is. Ebben az esetben kifejezetten a kórházakban használatos technológiai folyamatok értelmezéséről van szó, elsősorban a kórházüzemeltetés során felmerülő feladatok megoldása kapcsán (például az energiaellátás, hőellátás, vízellátás folyamatos biztosítása, szellőzési rendszerek, csatornarendszerek kialakítása, orvosi /vagy medikai/ gázok biztosítása, egyéb infrastrukturális feladatok /például élelmezésüzem, mosodai szolgáltatások, kórházon belüli szállítások, kórházi hulladékok kezelése/ problémáinak megoldása stb). (Lásd: Orvostechnikai eszközök - gyakorlati útmutató I. kötet című Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Karának egyetemi tankönyve 20. oldalán.)

**Az egészségügyi technológia kifejezés előfordul a 191/2009. (IX.15.) Kormányrendelet (továbbiakban: Kr.) szövegében többször is, amely Kr. az építőipar kivitelezési tevékenységéről szól. A Kr. 22.§. (5) bekezdés e) pontja az üzemeléstechológiai tervek között említi az „egészségügyi technológiai tervet” is!, valamint a Kr. 1. melléklete II. fejezet (A kivitelezési dokumentáció munkarészei) 6. pontjában írja a következőket:**

- „6.1. egyes építménytípusoknál az építmény vagy egy részének működése, környezetre gyakorolt hatása okán technológiai (gyártás-, javítás-, vizsgálat-, konyha-, **egészségügyi technológiai** stb) terv elkészítése válhat szükségessé, amely az építményre jellemző egyedi folyamatok működését írja le.

Esetünkben:

- az építmény: az egészségügyi létesítmény (például: kórház),
- egyedi folyamat (amelyik a szóban forgó technológiára jellemző): a gyógyító tevékenység.

Ma már egy kórházat műszaki szempontból úgy tekinthetünk, mint egy rendkívül szigorú technológiai követelményeknek megfelelően működő *üzemet*, amelyben alapvető követelmény a berendezések, felszerelések és eszközök, műszerek naprakész üzemképessége és a speciális életvédelmi, biztonságtechnikai szabályok rendkívül szigorú betartása és betartatása. Mind ezek során pedig alapvető szempont a technológiának megfelelő kórházhigiéniai előírások betartása és betartatása. Ha ezek a műszaki feltételek nem állnak fenn, az veszélyezteti az orvosok és az egészségügyi szakszemélyzet gyógyító-megelőző tevékenységének eredményességét, a beteg gyógyulási esélyeit, illetve mind ezeken keresztül a népesség egészségi állapotát is.

Az orvostechnológia, vagy gyakran használatos más elnevezésével: az egészségügyi technológia nem azonos jellegű az ipari, gyártási technológiákkal: a gyártási folyamatok általában teljesen lineárisak, egyirányúak, gépsorra szervezhetőek. A gépsor legtöbbször egy nagy teremben helyezkedik el. A kórházban ezzel szemben több, egymással összetett funkcionális kapcsolatban álló kisebb helyiség (részleg) működik, ezeknek a gyógyítási folyamat sorrendjéhez kell igazodni, és ennek megfelelően kell alkalmazni a megfelelő, többnyire orvostechnikai eszközöket. (Az orvostechnológia alapvető feladata a szükséges higiéniai, sterilitási, életvédelmi és sugárvédelmi előírások figyelembe vétele, valamint a megfelelően elkülönített közlekedési útvonalak (betegforgalom, látogató forgalom, anyag és eszköz szállítás stb) meghatározása is. (Lásd: [www.mediplan.hu/mit](http://www.mediplan.hu/mit) jelent az orvostechnológia? honlapot)

A rendkívül érzékeny egészségügyi technológia ellent mond nagyon sok ipari feltételnek. Az üzemeltetéshez szorosan tartozó karbantartásokat, javításokat, hitelesítéseket ebben a nagyon érzékeny környezetben kell elvégezni, lehetőleg a gyógyítási tevékenység megszakítása, leállítása nélkül, a higiéniai feltételek folyamatos megtartásával. A mégis szükségessé váló, ideiglenes funkcióváltásokat (például egy egyszerű átépítés vagy festés miatt) mindig a technológia szerteágazó igényeinek figyelembe vételével kell megszervezni és elvégezni.

## **2.7. Mit értünk az orvostechnika fogalma alatt?**

*„Az orvostechnika olyan határterületi (interdiszciplináris), vagy több tudományt is átfogó (multidiszciplináris) tudomány, melynek célja, hogy az orvostudomány által felvetett mérési (információszerzési) és gyógyászati problémákat a műszaki tudományok elvei, módszerei és eszközei segítségével oldja meg. Célja, hogy az élő szervezetről (az emberről) minél több és minél objektívabb információkat szerezzen és ezek birtokában*

*olyan eszközöket és készülékeket hozzon létre, amelyek elősegít/het/ik a gyógyítás folyamatát.”*

A fenti definícióban a következő lényeges elemek vannak:

- *határterületi tudomány*, tehát művelőinek mind a műszaki tudományok alapfogalmainak ismeretében, mind az orvosi tudományok alapfogalmainak ismeretében jártasnak kell lennie;
- *alapvetően a műszaki tudományok* elveire és módszereire épít, tehát elméleti megalapozottsága természettudományos-műszaki jellegű;
- *ugyanakkor gyakorlati, alkalmazói jellege is van*, mivel az orvostudomány által felvetett problémákat eredményesen meg kell oldania.

Az "orvostechika" kifejezés eredetileg az angol "bioengineering" szóból származik, s ilyen értelemben jelenti az "élettel, az élő anyaggal kapcsolatos" tudományok és a műszaki tudományok közötti kapcsolatot. Szűkebb értelemben csak az orvostudományok és a műszaki tudományok közös területét értjük alatta.

## **2.8. Mit értünk a „clinical/hospital engineering” (klinikai vagy kórházi mérnökség) fogalma alatt?**

*„A klinikai mérnöki tudomány az orvosi és biológiai mérnöki tudományoknak a klinikai környezeten belüli alkalmazásával foglalkozik az egészségügyi ellátás hatékonyságának növelése érdekében.”* (IFMBE CED: International Federation for Medical and Biological Engineering Clinical Engineering Division meghatározása.)

A „clinical engineering” fogalmának meghatározására számos más, hasonló értelmezés is létezik. Ezekkel, valamint a „klinika” szó nemzetközi (angolszász) és magyar értelmezésével részletesen foglalkozik dr. Forgács Lajos: A klinikai és kórházi mérnökök képzésének nemzetközi összehasonlítása című FEFA IV./1360 (Budapest, 1996.) számú tanulmánya 7.-12. oldalán.

Az általánosságban „clinical engineering”-nek nevezett tudományterület a „biomedical engineering” (orvosbiológiai mérnökség) tudomány önálló, gyakorlati alkalmazását jelenti. Ezek művelőit: a „clinical engineer” (klinikai mérnök) és a „hospital engineer” (kórházi mérnök) fogalmakat a gyakorlatban azonos értelemben használjuk

## **2.9. Mit nevezünk „orvostechikai eszköz”-nek?**

Az Európai Unió 93/42/ECC direktívájának megfelelően és az azzal harmonizált magyar jogszabályban (4/2009. (III. 17.) EüM rendelet 2. § (1) bekezdés) foglaltak szerint és az Eütv. 3. § h) pontja értelmében:

***„minden olyan, akár önállóan, akár más termékkel együttesen használt készülék, berendezés, anyag, szoftver vagy más termék - ideértve az azok megfelelő működéséhez szükséges szoftvert, amely a gyártó szándéka szerint kifejezetten diagnosztikai, illetve terápiás célra szolgál, valamint a rendelésre készült eszközt, továbbá a klinikai vizsgálatra szánt eszközt is -, amely a gyártó meghatározása szerint emberen történő alkalmazásra szolgál***

- aa) betegség megelőzése, diagnosztizálása, megfigyelése, kezelése vagy a betegség tüneteinek enyhítése,*  
*ab) sérülés vagy fogyatékosság diagnosztizálása, megfigyelése, kezelése, tüneteinek enyhítése vagy kompenzálása,*  
*ac) az anatómiai felépítés vagy valamely fiziológiai folyamat vizsgálata, helyettesítése, illetve pótlása vagy módosítása,*  
*ad) 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;*  
*b) az élettelen állati eredetű szövet vagy sejt felhasználásával készült eszköz;*  
*c) a gyógyszernek minősülő készítmény beadására szolgáló eszköz;*  
*d) az az eszköz, melynek szerves része olyan, önmagában alkalmazva gyógyszernek minősülő anyag, amely az eszközt kiegészítve hat az emberi testre;*  
*e) az az eszköz, melynek szerves része olyan humán vérből vagy humán plazmából származó, önmagában alkalmazva gyógyszer alkotóelemnek vagy gyógyszernek minősülő anyag, amely az eszközt kiegészítve hat az emberi testre (a továbbiakban: humán vérszármazék).*

Úgy tűnik, mintha első hallásra ez a meghatározás túl bonyolult lenne. Gondoljunk azonban arra, hogy olyan definíciót kellett alkotni, amelyik mindenfajta orvostechnikai eszközre vonatkoztatható. Emeljük ki ebből a meghatározásból a lényeges dolgokat és mindjárt közérthetőbb lesz.

Tehát: **orvostechnikai eszköz az, amelyik**

- (1) embereken való alkalmazásra készül**
- (2) a felsorolt gyógyászati célokra,**
- (3) a gyártó szándékai szerint.**

### 3. A diagnosztikai eljárások fejlődése az orvostechnikai eszközök segítségével.

*Megjegyzés: Ebben az alfejezetben csak a tanulmány célkitűzésének megfelelően, a műtéti technológiához szükséges képalkotó diagnosztika fejlődésének szempontjából számba jöhető jelentősebb eredményeket említjük meg. Természetesen ezen kívül is a diagnosztika számos ágában jelentős fejlődés következett be, amelyekkel itt, terjedelmi okokból nem tudunk foglalkozni.*

Ha az egyén egészségi állapotában rossz irányú változás következik be, akkor orvoshoz fordul kivizsgálás és gyógyítás céljából. Ennek a rossz irányú változásnak többnyire vannak előjelei. Az egyénnek (betegnek) **panaszai** vannak, például: fáj a feje, kipirult az arca, meleg a homloka, fáj a hasa, rossz a közérzete stb. Ezek olyan szubjektív (az egyéntől függő) érzések, amelyeknek még mérhető értékei nincsenek, sok mindenre utalhatnak, de mindenképpen befolyásolják már az egyén egészségi állapotát. Ezekhez a panaszokhoz járulnak a **tünetek**: valóban meleg a homloka, kiütései vannak, nyomásra érzékeny a hasa stb. Mindezek arra utalnak, hogy megbomlott az egyensúly a beteg szervezete és az őt ért külső hatások között. A beteg ezekkel a panaszokkal és tünetekkel megy el az orvoshoz.

**Az orvosi vizsgálat** először a **kikérdezéssel (anamnézis felvételével)** kezdődik. A beteg személyi adatainak felvételén túlmenően megtörténik a **kórelőzmény felvétele** is: például: mikortól érzi a beteg ezeket a tüneteket, mikor járt hideg helyen, avagy mit evett az elmúlt időszakban, hol érez fájdalmat stb.

Az orvos **megtekinti a beteget (inspekció): megállapítja a külső jeleket**: valóban meggyőződik arról, hogy a betegnek meleg a homloka, avagy tényleg ott fáj, ahol panaszai vannak a betegnek stb.

Ezután következnek az úgynevezett **elsődleges (hagyományos) vizsgálati eljárások**:

- megtapintás (palpáció),
- kopogtatás (perkusszió),
- meghallgatás (auszkultáció).

A megtapintás a beteg testtájainak közvetlen érintéssel történő vizsgálata, melynek során meggyőződik arról, hogy a beteg panaszai valósak.

A kopogtatás eredete az, hogy ha az orvos határozottan kopogtat a mellkason, az esetleges patológikus (rendellenes, nem megszokott) elváltozások észlelhetők. Eredetileg Leopold Auenbrugger (1722-1809) bécsi orvos fedezte ezt fel, de vizsgálati módszerként csak a 19. század első évtizedeiben terjedt el.

A meghallgatás azt jelenti, hogy füllel lehet érzékelni a beteg testében keletkező hangokat (helyesebben: zörejeket) és ezek a különböző elváltozásokat jelezhetik. Ez azonban erőteljesen függ a vizsgáló orvos hallásától, a beteg testének formájától és külső zavaró tényezőktől is. René Laennec (1781-1826) francia orvos alkalmazta először a mai

sztetoszkóp ősének tekinthető üreges fahengert hallgatózásra és megfigyeléseit 1819-ben közölte. Ez már eszközös vizsgálatnak tekinthető. A XIX. század vége felé használatos sztetoszkóp egy membrános hallgatófejből, és két, fülre illeszthető csőből állt, melyet egy gumicső kötött össze (lásd 3.1. ábra).



3.1. ábra. A sztetoszkóp

Ennek modernebb kivitelezésű változatát használ/ták/ják a higanyos vérnyomásmérés során is. (A higanyos vérnyomásmérőt az EU ma már nem engedi használni!) Ma már elektronikus digitális sztetoszkóp is létezik. Mindezt azért is említjük itt meg, mert a hagyományos sztetoszkóp az orvosok jellemző használati eszköze lett, mintegy az orvosi tevékenység jelképe is.

A beteg vizsgálata során ezeket a hagyományos vizsgálati eljárásokat követik a mérések egyszerű eszközökkel: például hőmérsékletmérés („láz mérés”) orvosi hőmérővel, pulzusszám megmérése, vérnyomás megmérése vérnyomásmérő készülékkel stb, melyek már számszerűen is kifejezhető eredményeket adnak. Manapság a korszerű orvostechikai eszközök elterjedésével már a házi orvosi gyakorlatban is egyre több műszeres vizsgálat történik: esetlegesen EKG felvétele, kislabor vizsgálat, hallásvizsgálat, ultrahangos vizsgálat (például: magzati szívhangok megállapítása) stb.

Ezen előzmények és adatok alapján megtörténik **az elsődleges diagnózis felállítása**, vagy meghatározott betegségcsoportokba való besorolása. „*A diagnózis (kórisme): a betegségek felismerése és meghatározása.*” (Brencsán János: Orvosi szótár, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1993., 112. oldal)

A cél mindig a definitív ellátás biztosítása, vagyis az elsődleges diagnózis alapján a szükséges gyógykezelés (terápia) megállapítása és a végleges gyógyulás elérése. Amennyiben ez bizonytalan, vagy az eddigi vizsgálatok nem elegendőek egy biztos diagnózis meghatározásához, a beteget további vizsgálatokra (differenciál diagnosztikai vizsgálatokra) utalják a járóbeteg ellátás keretében, vagy esetlegesen kórházban (amennyiben állapota ezt kívánja meg).

A **differenciál diagnosztikai eljárások** már összetett, illetve speciális, részletekbe is menő vizsgálatok, melyek többnyire nagy tudású („high-tech”) és nagyértékű orvostechikai

eszközök (műszerek) segítségével történnek és nem egyszer több szakorvos szakmai ismereteit is megkövetelik. A vizsgálati eredmények lehetnek:

- **jelzések**, azaz valamilyen elváltozás, vagy jelenség fennáll-e, avagy nem, például a betegőrző monitorok esetén a beállított határérték túllépés, amelyik adott helyzetben életveszélyes helyzetet is teremthet.
- **számszerűen kifejezhető értékek**, például a testhőmérséklet értéke, a pulzusszám értéke, a vérnyomás értéke, a vércukorszint értéke. A viszonyítás ilyenkor (vagyis normális-e a mért érték, vagy eltér attól) mindig valamilyen előzetesen megállapított átlagértékhez, vagy a beteg előzetesen mért értékeihez képest történik.
- **folytonos görbeként megjelenő és vizuális alakfelismeréssel feldolgozott jelek**, mint például az EKG-görbe, mint időfüggvény, de lehetnek származtatott függvények is, mint például a különböző spektrumgörbék, időintervallum és amplitúdó-hisztogramok (eloszlásfüggvények) stb. A lényeg az, hogy ezekből minden esetben hasznos információkat nyerjünk a beteg állapotára vonatkozóan.
- **teljes síkbeli képek**, ahol információt jelent az alak, a méret, a szín, az egymáshoz viszonyított megvilágítás értékek stb. Ilyenek a röntgenfelvételek, az izotópos vizsgálatok során kapott mozaikképek, vagy akár a vérképvizsgálatok, illetve a computertomográfias metszeti képek.
- **térhatású képek: virtuális térbeli árnyékolással elért hatás**. Ez történhet egy nézőpontból, síkmetszetekből, spirálmetszetekből, térbeli pontthalmazból. A hatás eléréséhez megfelelő számítógépes program szükséges.

Ezután a vizsgálatok (leletek) eredményeit, az adatokat feldolgozzák, kiértékelik és esetlegesen konzultációk során kikérik más orvosok véleményét is. Végül megállapítják a végső diagnózist és meghatározzák a gyógyítási eljárásokat.

A diagnosztikai vizsgálat különbözik a **szűrővizsgálattól**, amelyik viszont „*olyan vizsgálat, amelynek célja a betegség tüneteit nem mutató (tünetmentes) személy esetleges betegségének vagy kórmegelőző állapotának - ideértve a betegségre hajlamosító kockázati tényezőket is - korai felismerése*”. (Eütv. 3.§ ka) pontja)

Az orvosi gyógyító eljárások fejlődése megkövetelte a vele párhuzamosan (sok esetben azt megelőzően) fejlődő orvostechikai eszközök fejlődését is. Ez egy folyamatosan fejlődő visszacsatolás volt, ami csak elősegítette a minél objektívabb diagnózis felállítását. A kettő együtt alkotja az egészségügyi technológiát.

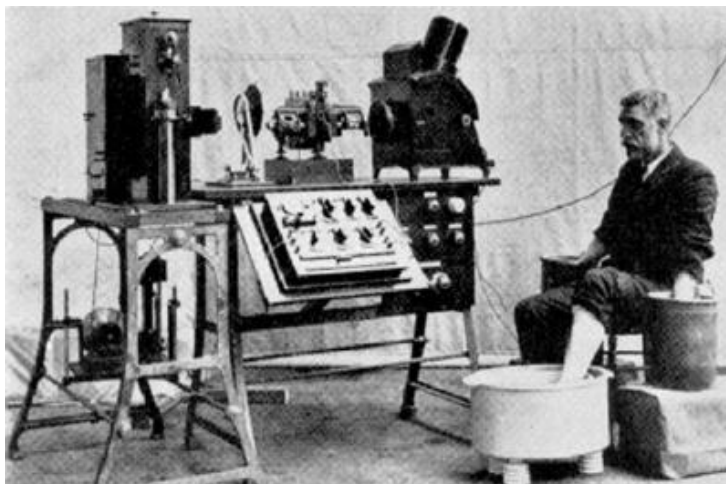
Az előzőekben említettük, hogy az egyszerű mechanikai eszközök alkalmazása főleg a 19. század folyamánya volt. Az **első „nagy ugrást”** 1895-ben a röntgensugárzás (angolszász országokban: X-sugárzás) felfedezése és a 19.-20. század fordulóján a villamos árammal működő eszközök elterjedése jelentette.

A röntgenkészülékek elterjedése, különösen a 20. század első évtizedeiben hozzájárult a tüdőbetegségek korai diagnosztizálásához, illetve azok gyógyításához. Ez volt az első olyan orvostechikai eszköz, amelyik már képi információt szolgáltatott a betegről. Felfedezője: Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) német fizikus 1901-ben az első fizikai Nobel-díjban részesült. A 3.2. ábrán látható az első röntgen felvétel, amelyet Röntgen a saját felesége ujjairól készített.



3.2. ábra. A legelső röntgen felvétel 1895-ből.

A 20. század első felében már alkalmazták az EKG készülékeket is. Az első, mai értelemben vett EKG-görbét 1903-ban Willem Einthoven (1860-1927) holland fiziológus készítette, aki 1924-ben orvosi Nobel-díjat is kapott az EKG vizsgálatok terén kifejtett tevékenységéért. Ennek eredménye volt, hogy a szív és keringési betegségek diagnosztizálása terén jelentős fejlődés következett be. Az első EKG készülékek bizony még nagyon monstrum eszközök voltak, lásd a 3.3. ábrán.

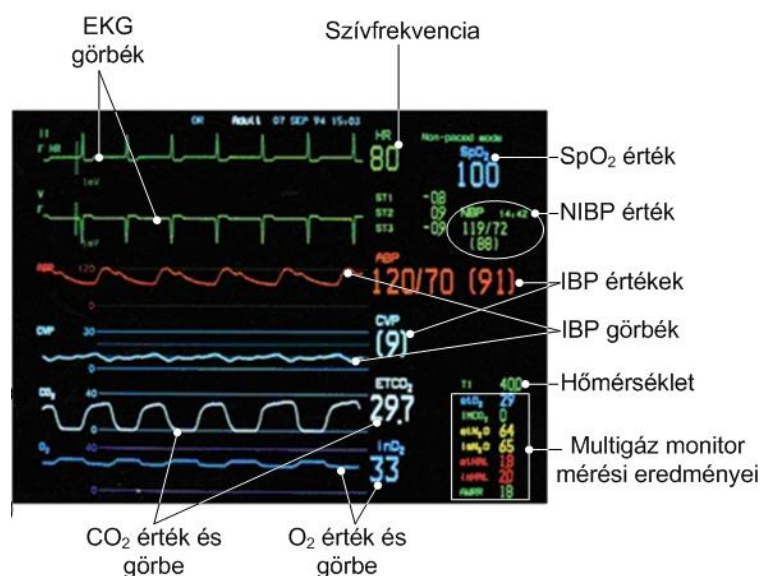


3.3. ábra. Az első EKG 1903-ból.

Az ilyen orvostechikai eszközök alkalmazása révén már egyre több információhoz jutottak az orvosok a különböző betegségek felismeréséhez, mivel már a számszerű és időfüggvény formájában is megjelenő adatok, valamint /mai értelemben vett/ kezdetleges képek is rendelkezésükre álltak az emberi test állapotáról.

**A fejlődés következő, második „nagy ugrása”** a II. világháború után, főleg az 1950/60-as években következett be. Az új orvostechikai eszközöknek jellemzője, hogy:

- a félvezető elemek (tranzisztorok, majd integrált áramkörök) gyors fejlődésének köszönhetően az eszközök szolgáltatása növekedett: több fiziológiai adat mérése egyidejűleg, kisebb méret, hordozható kivitel, teljesítmény csökkenés stb. Az elektronikus eszközök között megjelennek az **intenzív őrző monitorok**, amelyek elősegítik a műtét utáni állapotban, vagy életveszélyes állapotban lévő betegek folyamatos megfigyelését, a veszélyhelyzet jelzését, az adatok megőrzését. A nagymennyiségű adat (akár számszerű, akár folyamat jellegű) vizuális képernyőn jelenik meg, azonnal látható, és - szükség esetén - maradandó regisztrátumot is lehet készíteni (3.4. ábra).
- a röntgentechikában egyre nagyobb szerepet kap a felvételi technika, mivel ez kevesebb sugárterheléssel jár a beteg számára, ezzel növekszik a töréses megbetegedések jobb diagnosztizálása, nemcsak a mellkas átvilágítás lesz a röntgentechika feladata.
- megjelennek az ultrahangos (UH) diagnosztikai eszközök, amelyek többsége már képi információt szolgáltat a test belsejéből.
- a száloptika felfedezésével lehetővé válik az endoszkópokkal a test belső részeinek a megfigyelése is a testüregeken keresztül, ez már szintén képi információt szolgáltat.



3.4. ábra. Intenzív őrző monitor képernyőjén látható ábrák és értékek.

Az 1970-es évektől kezdve az 1980-as évek végéig további jelentős fejlődések következnek be:

- ❖ a digitális technika erőteljes előretörése, a számítástechnika rohamos fejlődése és a félvezető elemek miniaturizálása révén már magában az orvostechikai eszközben (EKG-ban, intenzív őrző készülékben, spirométerben stb) megtörténik az adatok feldolgozása, így számos származtatott adatot is tud már szolgáltatni a műszer, nemcsak a mért adatokat, ami növeli a diagnózis felállításának valóságát és biztonságát.
- ❖ döntő változást hoz a röntgenteknika alkalmazásában a computertomográf (CT) megjelenése 1975-ben. Ennek az eljárásnak a kidolgozói és a készülék megteremtője: Godfrey N. Hounsfield (1919-2004) angol villamosmérnök és Allan M. Cormack (1924-1998) dél-afrikai származású USA-beli fizikus már 1979-ben (tehát alig pár évvel a felfedezés 1973-as közlése után) orvosi Nobel-díjat kaptak! Azaz: műszaki és természettudományos alapképzettségű egyének nyerték el az orvosi Nobel-díjat, sőt mindezért G.N. Hounsfield 1981-ben az angol királynőtől „lovagi” („Sir”) címet is kapott!
- ❖ az endoszkópok esetében is már, a szemmel is látott képet elektronikusan dolgozzák fel, ezzel növelik az információk mennyiségét és megbízhatóságát.

Az említett műszaki fejlődések tehát jelentősen növelték a betegek vizsgálati lehetőségeit, elősegítették a minél több diagnosztikai adat nyerését és feldolgozását, ezáltal az orvosi diagnózis felállítását. A pontos diagnózis pedig jobb és eredményesebb terápiás eljárások alkalmazásához vezet hozzá, elősegítve ezzel a beteg mielőbbi gyógyulását.

A **harmadik „nagy ugrás”** az egészségügyi technológia alkalmazásában az 1990-2000 közötti években következett be. Figyelembe véve azt, hogy valamilyen felfedezés, vagy új

eljárás megjelenése kb. 10-15 év alatt válik oly fokon elterjedtté, hogy az már a közgyógyászatban is „rutin” eljárásnak számít/hat. Ennek jelentős állomásai:

- **az elektronikus elven működő műszerek tulajdonképpen már „célszámítógépek” lesznek**, melyek központi egysége maga a processzor (vagyis a vezérlő és jelfeldolgozó egység), ami a bemenetére kerülő digitális jeleket az adott parancsnak megfelelően feldolgozza. A mérendő fiziológiai jelet (vérnyomás érték, EKG-jel, légzés jellemzők, visszavert ultrahang stb) a mérőátalakító érzékeli és továbbítja az analóg/digitális átalakítón keresztül a központi egységnek. Tulajdonképpen ma már ez a hagyományos értelemben vett „mérő műszer”. A kijelző egységen pedig a legkülönbözőbb formában (számjegy, időfüggvény, származtatott adat, pontokból, vagy vonalakból álló kép stb) áll rendelkezésünkre a kívánt információ. – Ma már ilyen felépítésű akár egy EKG, akár egy spirométer (légzésmérő), akár egy ultrahangos diagnosztikai készülék, de az intenzív őrző monitorok is. Az orvos számára azért hasznos ez a megoldás, mert egy, vagy néhány mérés során nagyon sok adat, információ áll a rendelkezésére a diagnózis megállapításához.
- **a képalkotó eljárások előretörése és általánossá válása** a diagnosztikai tevékenységek során. Megjelennek újfajta elven működő eszközök is, mint például az MRI (mágneses magrezonanciás képalkotó készülék), amelyik a klinikai gyakorlatban már az 1980-as években megjelent, de széleskörű elterjedése csak az ezredforduló táján és utána történt meg. – De ugyanilyen a PET (pozitronemissziós tomográf) is, amelyik azonban még ma is nagyon drága (meghaladja az egy milliárd forintot, a kiegészítő CT készülékkel és az izotópokat előállító ciklotronnal (részecskegyorsítóval) együtt), ezért nem számít a rutin vizsgálatok közé. – Ezek az eszközök már az egész test belsejéről (vagy annak egyes szerveiről) részletes képet adnak, az orvos mintegy „belelát a testbe”! - Míg például korábban egy ízületi, vagy gerincbántalmat csak esetlegesen egy röntgenvizsgálattal diagnosztizáltak, manapság már a röntgen vizsgálatok mellet szóba jöhet a CT, az MRI és az ultrahangos vizsgálat is.
- Mindjárt meg kell azonban jegyeznünk, hogy **ezek a korszerű eszközök rendkívül drágák** (például: a CT ára 100-250 millió forint is lehet, az MRI 250-400 millió forint, míg egy jó minőségű, nagytudású UH készülék is belekerül 40-150 millió forintba), ezért a velük való vizsgálatok költsége (térítés nélkül) is sokba kerül (egy CT vizsgálat ára 20-85 ezer forint, MRI vizsgálat ára 15,5-140 ezer forint, UH vizsgálat 7.500-37.500 Ft.- Az endoszkópokat már nemcsak diagnosztikai célokra használják, hanem terápiás eszközként is szerepelnek (ennek megvalósítási módját majd a későbbi, 5. fejezetben ismertetjük), mégpedig rendkívül sokoldalúan. Ezekkel vált ugyanis lehetővé az orvosok és betegek évszázados álma: „csak ne vágjanak!”. Az endoszkópok alkalmazása vagy nyitott testüregeken keresztül történik, vagy pedig csak rendkívül kicsi (pár cm-es) vágással. Úgy is hívják ezt a lehetőséget, hogy „kulcslyuk sebészet”.

- az egészségügyi ellátások során létrehoztak egy **új ellátási formát**: a „sürgősségi ellátás”-t. Ezt azok a betegek vehetik igénybe, akiknek egészségi állapotában olyan változás következett be, amelynek következtében – azonnali egészségügyi ellátás hiányában – a beteg közvetlen életveszélybe kerülne, illetve súlyos, vagy maradandó egészségkárosodást szenvedne. (Eütv.3. §. i) pontja alapján) Ebben az esetben, amint a beteg jelentkezett (távközlési eszközön, vagy személyesen), azonnal el kell végezni a *„sürgős szükség fennállásának megállapítására irányuló vizsgálatokat, valamint a sürgős szükséglet elhárító beavatkozásokat”* (a 2006. évi CXXXII. tv. 1. §. (2) bek. h) pontja). – Ez a feladat egyrészt rendkívül jól felszerelt műszerezettséget igényel, ami a diagnózis azonnali megállapításához szükséges, másrészt pedig tartalmaznia kell az azonnali életveszély elhárításához szükséges eszközöket is. Abban az esetben, ha a beteg ellátása sürgősségi osztályon történik, biztosítani kell – kórházon belül, vagy 15-30 percen belül elérhető helyen – a képzett diagnosztika lehetőségét is.

#### 4. A műtéti technika fejlődése a műszaki (orvostechnikai) eszközök segítségével.

*Megjegyzés: Ebben az alfejezetben csak a tanulmány célkitűzésének megfelelően, a műtéti technika fejlődésének szempontjából számba jöhető jelentősebb eredményeket említjük meg, a sebészet más területeivel, például a járóbeteg-ellátásban vagy a fogászatban terjedelmi okokból nem tudunk foglalkozni.*

A **műtét** olyan orvosi gyógyító eljárás, amikor a test megnyitása révén kísérlik meg a gyógyítást. A műtéti beavatkozás célja a szervezetben keletkezett kóros elváltozások eltávolítása vagy helyreállítása. Ez már a terápiás eljárások közé tartozik.

A **műtéti technika** alatt értjük az orvos tevékenységét, vagy tevékenységsorozatát, azaz eljárási módját, amit a sebészeti betegek gyógyítása során alkalmaz megfelelő műszaki (orvostechnikai) eszközök segítségével.

Az őskor embere vadászott, harcolt az állatokkal, vagy más embertársaival. Ennek során vágások érték, melyek erős vérzéssel jártak, eltör/het/tek végtagjai, melyeket rögzíteni kellett, teste felületén zúzódások, csípések következtében felületi sebek, tályogok keletkeztek stb. Az emberiségnek mindig megvolt az a törekvése, hogy külső vagy belső sérülések esetén ezeket az elváltozásokat valamilyen módon helyreállítsa.

Már a **korai őskorból** (i.e. 6000-4000 között) vannak olyan régészeti leletek, tárgyak, melyek arra utalnak, hogy koponyalékelést végeztek a koponyatető sérülése után, azaz tűzből pattintott kővel megnyitották a koponyacsontot. Ilyen leleteket találtak például Észak- és Dél-Amerikában, az indiánok földjén. – A korai ókorban, Egyiptomban már i.e. 2. évezredben sánt használtak a törött végtagok rögzítésére. A későbbi i.e.-i századokból számos olyan kés-szerű eszköz került elő, melyek a mai értelemben vett szikére, ollóra hasonlítottak. – Ezeket a beavatkozásokat már külön erre a célra rendelt emberek, az őskorszakban többnyire a törzs varázslói („papjai”), míg az egyiptomiaknál már a gyógyító tevékenységet is végző papok végezték. – A babilóniai Hammurápi király i.e. 1760 körül írt egy „törvénykönyvet”, amelyben már intézkedett a „sebészek” honoráriumáról és a sikertelen „műtétjeik” esetén való büntetésről. (Lám-lám! Műhibák már a kezdetekben is léteztek!).

A **korai ókorban**, i.e. 700 körül a Római Birodalomban élő etruszok már fogpótlást készítettek (a „szervpótlás” kezdete!). I. e. 700-400 körül Európa északi részén a régészeti leletek között már vasból készült sebészeti eszközöket: szikét, ollót, fogót stb találtak. – De már az ókori görögöknél is i.e. 400-500 körül ilyen kezdetleges „sebészeti eszközök” voltak. – A cél mindegyik esetben az volt, hogy a „betegek” kinövéseit, tályogait, de esetlegesen a harcban megsérült végtagjait is eltávolítsák. A test belsejébe ekkor még nem tudtak beavatkozni. Ezeket a „műtéteket” a görögöknél és a rómaiaknál már az erre a célra kiképzett orvosok (legtöbbször rabszolgák) végezték.

A betegek ápolására a korai ókorban, i.e. 600 körül Ceylon (ma: Sri Lanka) szigetén már létrejöttek olyan intézmények, amelyeket a mai értelemben vett kórházak elődeinek tekinthetünk. Az ókori görögöknél is számos ismert kórház jött létre (például Epidauruszban, Kos szigetén stb). Majd később, a Római Birodalomban, az i.u. évszázadokban, a „valetidunáriumok” a római harcosok kórházai lettek. Itt már szerephez jutott a sebészet is, kisebb „műtéteket” is végeztek: harci sérülések helyreállítását, tályog felszúrását, felszíni daganatok (szemölcsök) eltávolítását, szemműtéteket stb. Találtak olyan sebészeti eszközöket, amelyeknek cserélhető vaspengéjük volt, a nyelük pedig bronzból volt. A szem szürkehályogának eltávolítását pedig éles tűvel végezték el. Persze ezek a „műtétek” a beteg részéről fájdalommal jártak, és nem egyszer el is fertőződtek, ami esetlegesen a beteg halálához is vezet/het/ett. Ezért volt a későbbi, középkori és újkori orvoslás egyik fő gondja az érzéstelenítés, vagyis a fájdalom nem-érzése.

A **középkor** (i.u. 3-6. századtól a 15-17. századig) kezdetén a gyógyítás Nyugat-Európában többnyire az úgynevezett kolostorkórházakban történt és a papok végezték. I. u. 820 körül a mai Svájc területén fekvő Szt. Galleni bencés kolostor kórházában már a fekvőbetegek szobája mellett orvosi szoba és egy „érvágó és köpölyöző” szoba is található. (Köpölyözés: ősi kínai eredetű gyógmód, lényege, hogy vákuumot hoznak létre hővel, vagy pumpával egy üvegharangban és azt rászorítják a testfelületre. Ezzel javítható a vérkeringés, vérző sebek összehúzódnak és kisebb, felületi daganatok eltávolítás is lehetséges). - 10. század vége feléről, az olaszországi Monte Cassino bencés kolostorban található egy leírás az „altató szivacsról”, ezt már a beteg elkábítására, érzéstelenítésére használták. Ópiummagból és mandagóralevélből készítettek oldatot és ebbe mártották be a kiszáritott tengeri szivacsot, és ezt tartották a beteg orra elé. – 1130-ban a clermonti zsinat megtiltotta a szerzeteseknek a gyógyító tevékenységet és a toursi zsinat után, 1163-ban külön választották az orvosokat és a kirurgusokat (sebészeket). Az orvosok világi emberek lettek a kolostorkórházakban is, a sebészet pedig „borbélymesterség” lett, vagyis a sebek gyógyítását ezentúl a borbélyok végezték egészen a napoleoni időkig, vagyis az 1800-as évek elejéig. Mellettük megjelentek a keresztes háborúk idején (11.-13. század) a „katonaorvosok” is (mai szemmel inkább: felcserek), akik a háborúk során megsérült, szúrt, vagy vágott sebeket (később a 15. század közepétől lőtt sebeket is) próbálták rendbe hozni, nem egyszer a végtagok amputálásával. Az érzéstelenítés hiánya, vagy kezdetlegességessége miatt, majd a sebek elfertőződése miatt ezek a „műtétek” azonban csak ritkán sikerültek.

A középkori sebészeti eljárások kidolgozatlanok és fájdalmasak voltak. A sebészek még túl kevés anatómiai ismeretekkel rendelkeztek és még nem volt megbízható érzéstelenítő a bemetszések és a beavatkozások fájdalmának csökkentésére. A sebek vérzésének csillapítására különböző formájú és hosszúságú vasrudakat (a seb nagyságának és formájának megfelelően) parázzsal, vagy izzó faszénnel megrakott serpenyőben felmelegítették és ezt nyomták bele a sebesült testébe (főleg katonáknál volt gyakori ez a művelet). Gyakorlati tapasztalataik alapján azt az élettani hatást használták ki, hogy (mai ismereteink szerint) a felmelegedés során a vérben oldott fibrinogén fibrinné alakul, amelyet már nem tud a vér feloldani, vagyis a vérzés megszűnik, vagy fel sem lép, hiszen az elmeztett, vagy sérült erek nyílását az alvadt vér elzárja. Ez egyúttal fertőtlenítette is a sebet, bár erről akkoriban még

nem volt tudomásuk a sebészeknek. Bár a „műtét” eredményes volt, a betegek, vagy sérültek azonban legtöbbször az utána bekövetkező „sebláz” miatt haltak meg, aminek oka pedig a sterilitás hiánya volt. (Fertőző baktériumok mindenhol akadnak, tekintetbe véve főleg az akkori „műtétetek” és az utána következő „gyógyulás” középkori körülményeit.)

A Semmelweis Orvostörténeti Könyvtárban és Múzeumban találunk adatokat arra vonatkozóan, hogy Magyarországon az 1700-as években „a sebészcéhek borbély-sebészt képeztek ki, aki tevékenységét gyakran a fürdőkben végezte. A borbélymesterség differenciálódásával különültek el a sebészek és a „parókások”, a mai értelemben vett borbélyok. A sebész-fürdős végezte az érvágást, a köpölyözést, a piócázást (vérszívást) és a kisebb sebészeti műtéteket. A foghúzás is a sebészek feladata volt, gyakran vásárokon vándorfoghúzók nyilvánosság előtt végezték a fájdalmas műveletet. A 18. század végéig a szülésetet a bábák végezték.” A sebészeti eszközök (ma is használatos helytelen elnevezéssel: „műszerek”) közül említésre méltók az érvágók, köpölyözők, szúrscapok (trokárok), sipolykések, koponyalékelő eszközök, fogók (például: a kezdetleges fogászati fogó).

A középkori orvoslás tárgyalásánál meg kell említenünk, hogy ezekben az időkben (a 7.-8. századtól a 13.-14. századig) rendkívül fejlett volt az arab gyógyászat, sőt módszereiben, szervezésében sok esetben évszázadokkal megelőzte a nyugat-európai viszonyokat is. Az akkori kórházaiak még ma is sok tanulságot jelentenek a modern kórházak építésénél, szervezésénél. Mindegyik kórházban külön osztály volt a sebészet. Többek között nekik köszönhető a „lázlap” bevezetése is, vagyis a gyógyítás menetének írásos formában történő folyamatos követése. Az arab orvosok világi személyek voltak, akik „orvosi iskolákban” szerezték meg tudásukat.

Bár nem arab, de keleti jellegű a konstantinápolyi Pantokrátor monostor kórházának létrehozatala és működése. Ez az épületkomplexum 1130 és 1136 között épült meg II. (Komnénosz) János bizánci császár támogatásával. Ebben a kórházban sebészeti-traumatológiai osztály is működött, azaz már baleseti sérülteket is gyógyítottak. Az osztály szerves része volt az operáló szoba, a kauterizáló (vérzéscsillapító) helység, az eszközök tárolására szolgáló „műszerszoba”, és a személyzeti tartózkodó (orvosi szoba) is. Külön ki kell emelnünk, hogy minden ágyon csak egy beteg feküdt! (Franciaországban a 15. század végén rendelte el IV. Henrik király, hogy „egy ágyban legfeljebb négy (4) beteget fektethetnek”!) A bizánci Pantokrátor kórház létrehozatalában és szervezési elveinek kidolgozásában jelentős szerepe volt a császár feleségének, Szent Piroksa magyar királylánynak, aki Szent László királyunk lánya.

**A modern sebészet megjelenését** az érzéstelenítés fejlődése segítette elő. 1844-ben Wells (észak-amerikai fogorvos) a dinitrogén-oxidot („kégáz”), majd 1846-ban Morton és Warren (USA) az étert, 1847-ben pedig Simpson (brit szülész) a kloroformot használta érzéstelenítés céljaira. Az étert egy zsebkendőre csöpögtették, és a páciens arcára szorították, aki belélegezte annak gőzeit. De Morton már használt egyszerű kivitelű inhalációs készüléket is (Ez tekinthető az „altatógépek” őseinek.) Ezzel megvalósulhatott a „fájdalommentes” műtéti

beavatkozás – A sebek elfertőződését megakadályozó első lépés pedig Semmelweis Ignác (1818-1865) felfedezése volt a klórvizes kézmosás alkalmazásával. A higiéné bevezetése és állandóvá válása a 19. század végén lehetővé teszi a steril (kórokozó mentes) műtéti körülmények megvalósítását.

A mai műtéti technika megvalósítása az **1820-as** évek utáni időszakban kezdődött meg. A kórházakban a sebészeti osztályok külön tartozéka lesz a beavatkozások elvégzésére alkalmas „műtő”-helyiség. Itt már, az akkor ismert narkózis eljárások alkalmazásával, valóban a test feltárása révén végzik el a beavatkozásokat. Ehhez pedig már a gyártási technológia fejlődése következtében különböző fém-anyagokból készült mechanikai szűrő, vágó, fogó stb eszközöket alkalmaznak. Ezeket nevezik akkoriban „orvosi műszerek”-nek, mivel olyan precíz fogásokat tesznek lehetővé, ami csak egy mérőműszer pontosságával azonos. A fertőzések elkerülésére ezeket az „orvosi műszerek”-et az alkalmazás előtt sterilizálni kell. Kialakulnak a különböző eszköz sterilizálási módszerek. Az első gőzsterilizálást Ernst von Bergmann sebész a berlini klinikán alkalmazta 1886-ban. A kórházi sterilizációs technika kiépítésében a legnagyobb érdem Curt Schimmelbusché (1860-1895), aki 1888-ban Kölnben tökéletesítette a gőzsterilizáló készüléket. Ő használta először a kötszer és a műtőruházat sterilizálására alkalmas fémdobozt. Az úgynevezett aszeptikus műtőt Gustav Adolf Neuber kielői orvos alkalmazta először magánklinikáján, ahol már a levegő is szűrőn keresztül jutott be a műtőbe. (Aszepszis: mindazon tárgyak csíra mentességét jelenti, amelyek a műtéti sebbel érintkezésbe juthatnak. Ez vonatkozik a sebész kezére (gumikesztyű használata) és minden egyes sebészeti eszközre, beleértve a textiliákat is.)

A **19. század vége felé** már alkalmazták a helyi érzéstelenítést is. Carl Koller (1857-1944) becsi szemorvos 1884-ben kokaint használt a szem szaruhártyájának érzéstelenítésére. Ugyanígy gégeműtéteknél is alkalmazást nyert ez az eljárás. – A kokain erős kábító hatása csak később derült ki, ezért helyette 1905-ben már a novokaint használták. Ezt Heinrich Braun (1862-1934) lipcsei német sebész vezette be a műtéti gyakorlatban.

1896-tól kezdődően megindul a röntgentechnika gyakorlati alkalmazása a klinikai gyakorlatban, először a csontelváltozások (törések, daganatok, csonttritkulás) és az idegentestek diagnosztizálására. Ez nagymértékben hozzájárult ezek műtéttel történő helyreállításához is. Mivel kezdetben még nem voltak tisztában a röntgensugárzás veszélyességével, ez sok tragikus esetet (bőrelváltozást, vérképző szervek károsodását, szervi elváltozásokat, rákot stb) okozott mind a betegek, mind az orvosok és az asszisztencia körében. Csak 1941-ben jelent meg Németországban az első sugárvédelmi rendelet.

A **20. század első felében**, az orvosi szakmák különálló voltának gyors növekedésével általánossá válik a különálló „műtő”-helyiségek megléte az egyes orvosi osztályokon. (Ez a „pavilonos” rendszerű kórházak elterjedésének időszaka.). Az egyes osztályok specializálódnak a különböző típusú műtétek elvégzésére, az egyes műtéteknél már komoly asszisztencia vesz részt, és sokszor igénylik más szakmájú orvosok közreműködését is. Mindez megnöveli a műtéteknél használatos eszközök számát is. Kialakulnak a csak meghatározott műtéti típusok elvégzéséhez szükséges úgynevezett „műszertálcák” (valójában

orvosi kézieszköz összeállítások), melyek sokszor 30-40 db különböző kézieszközt is tartalmaznak, a célnak megfelelő formában és kiképzésben.

Ezeknek a mechanikai elven működő orvosi kézieszközöknek (vágó, szűrő, fogó, terpesztő stb eszközöknek) van egy hátrányos tulajdonsága: roncsoló hatásuk miatt jelentős vérzést okoznak. A vérzés megszüntetése érdekében az átvágott nagyobb ereket sebvarró fonallal lekötik, a vékony erekből szivárgó vért tamponnal felitatják, mindaddig, amíg természetes folyamatként be nem következik a véralvadás. Nagyobb műtéteknél véralvadás gátló anyagot juttatnak a véredényrendszerbe a nagy vérveszteség megakadályozására. Ez azonban gátolja a kiserekben is a véralvadás folyamatát, tehát megnehezíti a műtéti terület áttekintését. Ezért az orvosok törekvése mindig kétirányú:

- ❖ minél kisebb területen, csak a legszükségesebb mértékben történjen meg a szövetek elroncsolása,
- ❖ a lehető legkisebb mértékű vérzés lépjen fel, illetve hamarabb meginduljon a véralvadás.

Az első törekvést megvalósítja majd a 20. század végén a – később tárgyalandó – noninvaszív (nem, illetve csak nagyon kis területen behatoló) sebészeti eljárás az endoszkópok alkalmazása révén, míg a második törekvés megvalósítására lehetőséget ad majd a 20. század közepén – a szintén később tárgyalandó – nagyfrekvenciás sebészeti vágókészülék alkalmazása.

A következőkben megemlítünk még a **20. század elejéről** néhány jelentős műtéti technikai eljárást, melyek szintén nagy lépést jelentettek a műtéti technika fejlődésében.

1901-ben Karl Landsteiner (1868-1943) bécsi orvos felfedezi a vércsoportokat, ez később, az 1. világháború során már lehetővé teszi a vérátömlesztést a sok vérveszteséggel járó műtéteknél. – 1902-ben Alexis Carrel (1873-1944) francia sebész újfajta érvarrási technikát vezet be, ez új lehetőséget nyitott a szív- és érsebészet, később a szervátültetések terén. – Már a 19. század végén erőteljesen megindul a sebészeti kötszerek fejlődése, megjelenik a gyapotból készült antiszeptikus kötözővatta és kötözőgéz. 1904-ben megjelennek a „tapadó kötések”, azaz a kötés középső részén nincs ragasztóanyag, s így szellőzik a seb. Hasonló módon kezdik alkalmazni a – ma is használatos – „leukoplasztot” a kötések rögzítésére. – 1929-ben Alexander Fleming (1881-1955) skót orvos felfedezi a penicilint, melynek jelentős baktériumölő hatása van. Felfedezése csak a 2. világháború után terjedt el széles körökben. Jelentősége abban van, hogy a műtéti gennyes szövődmények elkerülésére ezután már antibiotikumokat alkalmaz/hat/nak.

A **20. század második felében**, a 2. világháború után újabb jelentős fejlődés zajlik le. Ezt nagymértékben elősegíti az a tény, hogy a világháború során kifejlesztett haditechnika eredményeit a polgári körökben is kezdik alkalmazni, például az ultrahang technikát, a mikrohullámú technikát stb. A műszaki fejlődés az addigiaknál is erőteljesebben befolyásolja az újabb és újabb orvosi eredmények elérését, de egyúttal jelentősen drágítja is azokat. Az új műtéti technikák csak az orvostechikai eszközök fokozott mértékű alkalmazásával jöhetnek létre.

A pavilonos rendszerű kórházak építésének korszaka lejárt, már az 1930-as években elkezdődik az úgynevezett tömbkórházak építése. Ennek az a jellemzője, hogy többnyire egyetlen sokemeletes (akár 10 emelet felett is) épületből áll, ahol az egyes emeleteken helyezkednek el a különböző kórházi osztályok, de a műtőket már összevonták és ezek az épület felsőbb emeletén vannak (csendesebb, nyugalmasabb helyen, ahol már nem zavaró a betegforgalom) és mintegy „műtőtömböt” alkotnak. Egy-egy ilyen műtőtömb 4-6-8, de még ennél is több műtőhelyiséget tartalmaz/hat a megfelelő előkészítő, bemosakodó, ébredő helyiségekkel és a különböző, egyéb helyiségekkel (például nővérdolgozó, „műszerszoba”, orvosi tartózkodó, iroda) együtt.

Az 1960-as évektől kezdve viszont – első sorban üzemszervezési szempontok miatt – kialakulnak az úgynevezett „központi elhelyezésű kórházak”, ahol az összes diagnosztikai és terápiás egység egy épületbe (a „központi szárnyba”) kerül és a betegek elhelyezése egy, ezzel szoros összeköttetésben lévő külön épületben, az úgynevezett „hotel-szárnynál” történik. Így a műtőblokkok is a központi részben foglalnak helyet, szoros összeköttetésben a központi intenzív osztállyal és a központi sterilizálóval, valamint elérhető közelségben a diagnosztikai vizsgálatokkal, főleg a központi laborral és radiológiával.

Ebből az időszakból néhány jelentősebb orvosi műtéti technika:

- ❖ Az első gomba alakú combnyak-protézis beültetését hajtja végre Jean és Robert Louis Judet francia orvos **1950**-ben.
- ❖ Az Egyesült Államokban **1952**-ben Forest Dewey Dodrill először alkalmazott „szív-tüdő motort” szívműtét során, amelynek segítségével lehetővé vált a műtött betegnél a vérkeringés biztosítása a testen kívül, amíg a szíven, vagy a szívben a szükséges beavatkozást elvégzik.
- ❖ Tovább fejlődik az altatás (érzéstelenítés) technikája. Újabb altatószereket (narkotikumokat) kezdenek alkalmazni. A kloroformot - súlyos mellékhatása miatt (a tapasztalatok szerint ötször nagyobb gyakorisággal okozott halált, mint az éter) - már az 1900-as évek elején is nagyon ritkán alkalmazzák és egyáltalában nem javasolták használatát. – Megjelenik az intubációs altatás mellett az intravénás altatás is. Az intravénás anesztetikumokat 1933-ban használták először. **1954**-től kezdődően alkalmazzák már a mai értelemben is vett altató készülékeket.
- ❖ A hő hatása a vérzéscsillapításra már régóta ismert volt (lásd előzőleg a középkori sebészeti eljárások ismertetésénél). Az elektromosság megjelenésével – kihasználva az áram hőhatását – villamos készülékeket is kifejlesztettek koagulálási (vérzéscsillapítási) célokra. Mivel a villamos áramnak erős ingerhatása van az áram frekvenciájától függően (ez 50-60 Hz környékén a legerősebb), ezért megpróbálkoztak nagyobb frekvenciájú árammal, kihasználva azt a tényt, hogy 50 Hz-nél nagyobb frekvenciák esetén az ingerhatás már jelentősen csökken. Így már az 1910-es években is használtak 3 kHz frekvenciájú áramot vérzéscsillapításra,

majd 1925 táján ezt a frekvenciát 70 kHz-re emelték. Még nagyobb frekvenciák esetén lehetőség van az áram értékének növelésére is. Ha ezt a már amper nagyságrendű áramot kisfelületű elektródokon vezetjük a szövetekhez, a gyors és erős felmelegedés vágó hatást hoz létre a sejtekben, azaz pótolható a szike és villamos nagyfrekvenciás vágó készülékeket is alkalmazhatunk a műtétek során. Az elektronika fejlődése **1955-re** hozta létre az első vágásra és koagulálásra is használható ilyen orvostechikai eszközt. (Ennek működési frekvenciája 1-3 MHz nagyságrendű.) A félvezető eszközök elterjedése révén az **1990-es évekre** a nagyfrekvenciás sebészeti vágó és koaguláló készülékek széles körben elterjedtek.

- ❖ Műtét közben is előfordulhat, hogy a betegnél hirtelen szívmegállás következik be (ez a nyitott mellkasi műtétek esetén nagy valószínűséggel megtörténik). Ilyenkor azonnal meg kell indítani a szív működését, mivel 4 perc után már olyan károsodás lép/het fel, hogy a beteg meghal. Ugyanez a helyzet hirtelen bekövetkező szívinfarktus esetén is. Ilyenkor alkalmazzák a defibrillátor készüléket. Ez az orvostechikai eszköz nagyon rövid ideig (pár ms-nyi ideig) tartó, rendkívüli, de igen nagy áramerősségű áramimpulzust gyakorol a szívre, amitől az újra beindul/hat. Az első, ilyen életmentő beavatkozást **1947-ben** Beck az Egyesült Államokban végezte el műtét közben, de ez még csak nagyon egyszerű, hálózati váltakozó feszültséggel működő eszköz volt. - Nem nyitott mellkas esetén 1956-ban Paul Zoll (1911-1999) alkalmazott defibrillátort a beteg újraélesztésére. A mai értelemben is használatos impulzus defibrillátort Bernard Lown használta először **1959-ben**. A manapság is használatos defibrillátor sok fejlődésen ment át az eltelt idők során, de alapelvében maradt változatlan. Jelenléte viszont nélkülözhetetlen minden műtőben és minden olyan helyen, ahol hirtelen szívmegállásos rosszullét bekövetkezhet. Sőt, ma már a közösségi helyeken, vasútállomásokon, uszodákban, metróban stb megtalálhatjuk a félautomata defibrillátorokat, amelyeket az eszköz által mondott vagy az eszközön leírt utasítás alapján a laikus is tud használni.
- ❖ Mivel az úgynevezett „nagyműtétek” során előfordulhat a légzés leállása is, ennek újbóli beindítására, illetve a légzés folyamatos támogatására megjelennek a korszerű lélegeztető készülékek (respirátorok) is. Az első automata lélegeztető készülék az **1950-es évek második felében**, a Dräger cég fejlesztésében jelent meg (Pulmonatar néven) már oxigénpalackkal, nyomásmérővel, átváltó és nyomáscsökkentő szelepekkel rendelkezett, szívó- nyomótolmók segítségével juttatta a beteg tüdejébe a 30 % oxigén és 5 % szén-sav keverékét.
- ❖ A törött csontokat **1958-1960-ban** már csavarozással, szegecseléssel, és lemezekkel rögzítik. Még korábban, már 1940-ben Gerhard Küntscher (1900-1972) német sebész új módszert alkalmaz a csonttörés kezelésére, combcsont törésnél az úgynevezett velőúri szögezést, azaz a csontok belsőleg, a velőürből rögzíthetők.

- ❖ **1956**-ban Basil Hirschowitz dél-afrikai orvos elsőként vezeti be a klinikai gyakorlatba a száloptikás gasztroszkópot („gyomortükrözés”), ezáltal képi információt kaphatunk a gyomorban elhelyezkedő fekélyről, daganatokról, ami megkönnyíti a gyomorműtétek elvégzését. Majd ezt követi rektoszkópia („béltükrözés”) elterjedése. – **1980**-tól kezdve megindul az endoszkópok terápiás alkalmazása is. Kezdetben főleg szövetminta-vételre (biopsziára), idegentest eltávolítására alkalmazták őket, manapság már elengedhetetlen kellékei a műtéteknek. - **1964**-ben Kurt Karl Stephan Semm (1927-2003) automata gázbefúvó készüléket fejlesztett ki, mellyel kifeszítve tartható a hasüreg, ezáltal az operáló orvos könnyebben hozzáférhet a kívánt helyhez. (Az endoszkópokkal részletesen foglalkozunk később, az 5. fejezetben)
- ❖ az **1960-as** évek közepétől az Egyesült Államok, Kanada és Nyugat-Európa kórházaiban kialakulnak az intenzív terápiás osztályok és ennek folyamányaként a műtő helyiségek mellett is megjelenik az eddig „ébredő”-nek nevezett szoba új funkciója: egyúttal posztoperatív őrzővé válik, vagyis műszerekkel (intenzív őrző monitorokkal) folyamatosan figyelik a frissen műtött beteg állapotát, ezáltal elkerülhető az életveszély kialakulása, vagy a beteg állapotának súlyosbodása.

Az **1970 utáni évek** jelentős fejlődései a műtéti technika terén:

- **1967**-ben Christian Barnard (1922-2001) dél-afrikai sebész végrehajtja az első sikeres szívatültetést, de csak - a kilökődést megindító autoimmun problémák megoldása után - az **1980-as években** vált a szívtranszplantáció elfogadott rutinműtéte. Az első sikeres magyarországi szívatültetést dr. Szabó Zoltán professzor végezte a budapesti Szív- és Érsebészeti Klinikán 1992. január 3-án. - Bár már a szívatültetések előtt is történt veseátültetés, de a szervátültetések (például: máj-, tüdő-, hasnyálmirigy átültetések stb) klinikai gyakorlata csak ezután vált rendszeressé. Ez viszont a műtéti technikában is új kihívásokat jelentett, főleg a precíz, rövid idő alatt végrehajtott véghezvitelében.
- **1975**-ben Godfrey N. Hounsfield (1919-2004) angol villamosmérnök bemutatta „a komputerizált haránttengely irányú tomográf, rövidítve: CT) készülékét, amellyel a test különböző részeinek keresztmetszeti képeit lehet előállítani. (Mint azt már az előzőekben leírtuk, ezért az eljárásért, a CT elvének számítógépes kidolgozását végző Allan M. Cormack (1924-1998) dél-afrikai származású USA-beli fizikussal együtt már 1979-ben (tehát alig pár évvel a felfedezés 1973-as közlése után) orvosi Nobel-díjat kaptak!) – A CT-eljárást mindenek előtt a koponya és a mellkas csontjai kóros elváltozásainak diagnosztizálásához, valamint a felső has kórisméréséhez használták fel. A keresztmetszeti képek mellett a test belsejéről háromdimenziós képek is készíthetők. A csontokról készült háromdimenziós modellek a műtétek tervezéséhez ma már nélkülözhetetlenek. (Megjegyzés: A CT-nél a rotációs technika következtében a sugárterhelés lényegesebb nagyobb, mint az egyéb röntgenvizsgálatoknál, ezért célszerű módjával bánni vele!)
- **1982**-ben egy új képalkotó eljárás, a mágneses magrezonanciás tomográfia (MRI) előállította az első, klinikailag is használható képeket. Az eljárás előnye abban van, hogy a beteget nem veszélyezteti röntgensugárzás, vagy más, az egészséget károsító

tényező. A módszer alkalmazásával minden testtájékról minden síkban éles lágyrészkontrasztos képeket lehet kapni, és funkcionális vizsgálatok (például véráramlásmérés) is végezhetők. Az MRI vizsgálatokkal a testben lévő kóros daganatok helyét és formáját is pontosan lehet megállapítani, ezáltal a műtét során pontos képet kap az operáló orvos az operálandó helyről. (Megjegyzés: a mágneses rezonancia elvének, majd klinikai alkalmazásának elvéért eddig 6 Nobel-díjat osztottak ki, de egyiket sem orvos nyerte el, hanem fizikus, kémikus).

- **1986**-ban Ludwig Demling (1921-1995) német belgyógyász az erlangeni klinikán (Németországban) epeköveket zúzott szét lézersugarakkal, A lézersugarat endoszkóp segítségével juttatták a beteg epehólyagjába, anélkül, hogy a környező szöveteket megsértették volna. (De a lézersugarat 1962-ben alkalmazták először sikerrel a testfelszínen, a bőrgyógyászatban.)
- Az ipari alkalmazású **robotok** példája nyomán felvetődött a gondolat ezek sebészeti alkalmazására is. **1985**-ben egy Puma 560 nevű robot kapilláristűt tesz előmintavételre (*biopsy*) egy beteg agyába.
- **1988**-ban az [Imperial College London](#) által kifejlesztett PROBOT nevű robot [prosztataoperációt](#) hajtott végre egy betegen.
- **1992**-ben az Integrated Surgical Systems cég által bemutatott ROBODOC nevű gép precíz alkatrészt készít egy felső lábsont (*femur*) számára csípőcsere operáció céljából.
- **1992**-ben az [Intuitive Surgical](#) cég bemutatja a számítógépes [da Vinci sebészeti rendszert](#), valamint az AESOP (Aesopus) és a ZEUS sebészeti rendszert.
- **1998**-ban a [lipcsei](#) Szívsebészeti központban Dr Friedrich-Wilhelm Mohr végrehajtja az első sikeres *heart bypass* vagyis szívkipótlásra szolgáló robotos operációt a Da Vinci sebészeti robot segítségével.
- **1999**-ben [Kanada](#) a színhelye a világ első lüktető szíven sebészeti robottal végzett *coronary artery bypass graft* (CABG) vagyis koronaér szívkipótló átültetési operációnak a ZEUS robottal.
- **A világon az első Da Vinci robot asszisztált laparoszko-pos prosztata eltávolítása 2000-ben** a CHU Henri Mondor Egyetemi Klinikán történt Créteilben (Paris-Franciaország), majd 2000. 05. 23-án Dr. Jochen BINDER Frankfurtban végzi el a ugyanezt a műtétet.
- Szintén **2000**-ben történt meg a világon az első élődonor veseeltávolítás a CHU Nancy Brabois Egyetemi Klinikán (Nancy-Franciaország).
- **2001**-ben New Yorkban Prof. Marescaux francia sebészorvos a ZEUS sebészeti rendszer számítógépét használja egy francia, [strassburgi](#) kórházban lefolytatott operációra egy malacon (*cholecystectomy* vagyis epehólyageltávolítás): ez az első távsebészet.
- **2006**-ban az első emberi beavatkozás nélküli robot automata operációja Olaszországban.
- **2007**-ben Magyarországon is bemutatják a Da Vinci robotot egy nőgyógyászati műtét keretében az /azóta már megszűnt/ Telki Magánkórházban.

Az 1990-es évek végére, azaz az ezredforduló, a 2000-es évek elejére a sebészeti műtéti technika rendkívüli fejlődéseken ment át:

- a képalkotó diagnosztikák fejlődése elősegítette a műtéti területek pontos behatárolását,
- az új aneszteziológiai eljárások lehetővé tették a „fájdalommentes” műtétek elvégzését,
- az úgynevezett „nagy műtétek” során (nyitott mellkasi és hasüregi műtétek) a nagyfrekvenciás vágó készülékek alkalmazása elősegítette a vérzés jelentős csillapítását,
- a sebészeti endoszkópok alkalmazása megoldotta a „minél kisebb vágás, minél kevesebb fájdalom” problémáját,
- a műtét utáni „őrzés” (posztoperatív intenzív ellátás) nemcsak a frissen operált beteg állandó és folyamatos figyelését oldotta meg, hanem egyúttal biztosította a beteg paramétereinek és adatainak megőrzését és feldolgozását.

Az endoszkópok használatára nemcsak a hagyományos műtétek során kerülhet sor, hanem két új területen is:

- az egynapos sebészet (angolul: „one day surgery”) során és
- a „robotsebészet” alkalmazása során, amikor az orvos egy bonyolult mechanikai szerkezetet („robot”-ot) vezérel, és ennek „robotkarjai”, azaz endoszkópjai segítségével hajtja végre a beavatkozást, vagyis a műtétet.

Ma már egy műtét (főleg, ha az több óra hosszat is eltart/hat) előre jól megtervezett műveletek hosszú sorozatából áll, tehát tökéletesen megfelel a „technológia” szó fogalmának. Ezen műtétek csak az orvostechnikai eszközök sokaságának segítségével, sőt a számítástechnika (informatika) alkalmazásával történhetnek meg. **Így segíti elő az „egészségügyi technológia” a gyógyítás menetét.**

## 5. Korszerű műtéti technikák.

Korábban, a 4. fejezetben már említettük, hogy a műtétek során a test megnyitása révén kísérlik meg a gyógyítást. Ehhez viszont meg kell sérteni a külső bőrfelületet, továbbhaladva pedig az izomkötegeket, vagy valamelyik természetes testüregen (a szájüregen és a légcsövön keresztül, illetve a végbélen, húgycsövön, vagy a vaginán) keresztül kell eljutni az operálandó területhez. Ennek során viszont elkerülhetetlen, hogy olyan területeket is érintsen az operáló sebész orvos, amelyek eddig „egészségesek”, vagyis nem-károsodottak voltak, de most éppen ezen beavatkozás miatt sérülnek. (Például nagyobb, vagy kisebb vérerek is sérülnek, ami erős vérzést okoz/hat.) Az ilyen műveletek már csak valamilyen külső erő segítségével történhetnek, azaz a műtétek minden esetben eszköz használatával járnak együtt.

Ezek a beavatkozások az emberi szervezet működésébe, a beteg számára fájdalommal is járnak, ezért kezdet kezdetétől kezdve törekedtek ennek mérséklésére. Ma már korszerű érzéstelenítő módszerek állnak rendelkezésünkre a helyi, vagy lokális érzéstelenítés révén, vagy a beteg elkábításával, altatásával. Az ezt megvalósító eszközökkel tanulmányunkban azonban nem foglalkozunk. Viszont – éppen a minél kisebb sérülést és a lehető legkevesebb vérzést okozó beavatkozások elérése érdekében - át kell tekintenünk azokat az eszközöket, amelyek manapság tipikusan hozzájárul/hat/nak a műtétek sikeres lebonyolításához. Tanulmányunkban csak az általános sebészeti eljárásokhoz használt eszközöket említjük meg és nem foglalkozunk a speciális lehetőségekkel.

### 5.1. Mechanikai jellegű sebészeti kézieszközök.

*Előzetes megjegyzés: Már az előző, 3.2. fejezetben is megemlítettük, hogy ezeket az eszközöket szokás „kéziműszereknek” is nevezni. Ez az elnevezés gyakori az egészségügyi személyzet, de még a műszakiak és az egészségügyi termékek kereskedelmével foglalkozók között is. Véleményünk szerint a „kéziműszer” elnevezés helytelen és nem szakszerű.*

*A **műszer** fogalmára többféle meghatározás is létezik. Ezek szerint:*

*1. a műszer általában valamilyen fizikai (fiziológiai) mennyiség érzékelésére, mérésére alkalmas eszköz, amelynek az a feladata, hogy a valóságot minél élethűbben jelenítse meg. (Orvostechikai eszközök - gyakorlati útmutató I. kötet, Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Kara tankönyve, Bp. 2004, 22. oldal)*

*2. olyan mérőeszköz, mely értékmutatást ad. (Nemzetközi Metrológiai Értelmező Szótár, 4.6. pont, kiadta: OMH és MTA-MMSz Kft, Budapest, 1988.)*

*Megjegyzés: érték: valamilyen konkrét mennyiség nagyságának kifejezése egy szám és egy egység szorzataként ((Nemzetközi Metrológiai Értelmező Szótár, 1.18. pont, kiadta: OMH és MTA-MMSz Kft, Budapest, 1988.)*

*3. fizikai, kémiai, geometriai stb mennyiségek mérésére és a mérési eredmények alapján a különböző folyamatok vizsgálatára, gépek védelmére, szabályozására, vezérlésére, technológiai folyamatok irányítására, számításokra használt eszköz. (Új magyar lexikon, 5. kötet 84. oldal, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1962.)*

*4. nagy pontosságú művelet végzésére alkalmas munkaeszköz (Magyar Értelmező Kéziszótár),*

*A Magyar Értelmező Kéziszótár meghatározása szerint: **szerszám**: 1. a kézi erővel végzett munka hatékonyabbá tételére szolgáló eszköz. Az internetes Wikipédia - Enciklopédia meghatározása szerint pedig: különböző munkadarabok, anyagok megmunkálására szolgáló eszköz. Lehet kézi, vagy gépi. A szerszám lényege, hogy mechanikai előnyt hordoz magában, a szerszám használójának olyan fizikai képességet nyújt, amellyel a felhasználó természeti adottságai miatt egyébként nem rendelkezik. A legtöbb alapszerszám fizikai értelemben egyszerű gépnek tekintendő.*

*Ezek a sebészeti kézieszközök az orvos munkáját annyiban segítik elő, hogy olyan fizikai képességet szolgáltatnak neki, amelyet kézi erővel fejt ki. Ez viszont inkább a „szerszám” fogalmához áll legközelebb. A „műszer” fogalma pedig olyan méréshez kötődik, amelyik valamilyen fizikai (az egészségügyben fiziológiai) mennyiség legtöbbször számszerű eredményét, vagy időbeli lefolyását szolgáltatja. Ez viszont semmiféleképpen nem jellemző az „orvosi kézieszközökre”. Ezért mi maradunk továbbra is ennél a megnevezésnél.*

Az egészségügyben használatos kézi erővel működtetett minden olyan eszközt, mely mechanikai alapelven működik, „**orvosi kézieszköz**”-nek nevezünk. Ezeket az eszközöket legtöbbször sebészeti célokra: bőr bemetszésére, bevágására, szövet szétválasztására, rögzítésre, emelésre, szúrásra, vérzéscsillapításra stb használják. A kézieszközök is lehetnek egyszer-, vagy többször használatosak. Hosszú időn keresztül az orvosi kézieszközök voltak a sebészeti beavatkozások egyetlen eszközei, a napjainkban alkalmazott orvosi kézieszközök alakí és formai kialakításának kezdete a 18.-19. századba nyúlik vissza. Az idők folyamán a kézieszközök alakja, sokfélesége, anyaga, technológiája, fertőtlenítési lehetőségeik nagymértékben változtak. De manapság is nélkülözhetetlen segédeszközök a műszeres beavatkozások mellett.

Műtéti eszközök alatt értik a műtétekhez használatos textiliákat is (lepedők, kötszerek, köpenyek, maszkok, szemvédők stb), ezekkel azonban tanulmányunk során nem foglalkozunk.

### **5.1.1. Orvosi kézieszközök csoportosítása.**

Kialakításukat és részben felhasználási területeiket figyelembe véve – műszaki szempontból – a következőképpen csoportosíthatjuk őket:

- **Vágásra szolgáló éles eszközök:** minden olyan eszköz, melynek éle segítségével szövetszétválasztást, vagy szövetleválasztást végeznek, például: kések, ollók, vésők, csípők, kaparók stb.
- **Szúrásra alkalmas eszközök:** azok, melyeknek hegyével, esetleg élével szúrni, karcolni, illetve bevágni lehet, például: szemészeti lándzsa, oltólándzsa stb.
- **Fogó eszközök:** minden olyan eszköz, mellyel az orvos testrészt, vagy valamilyen segédanyagot fog, szorít vagy eltávolít, például: csipesz, érfogó, tamponfogó stb.

- **Terpesztő és feltáró kézieszközök:** melyekkel műtétek alkalmával a sebnyílás vagy a test üregei feltárhatók, terpeszthetők, tágíthatók, például: szondák, lapocok, horgok, kampók, terpesztők, tágítók stb.
- **Kanalas kézieszközök:** alkalmazási céljuk gennyes gócok, idegen anyagok eltávolítása, illetve kiemelése, elnevezésüket kanálra emlékeztető formájukról kapták, például: sebészeti kaparókanál, nőgyógyászati kaparókanál stb.
- **Csontműtési kézieszközök:** melyeket az orvos csontműtétekhez, mint segédeszközöket, vagy mint helyettesítő eszközöket használ, például: fűrészek, marók, reszelők, vésők, vagy az implantátumok közül a csontszegek, csontcsavarok, csontlemezek stb.
- **Orvosi tűk:** többnyire a sebek kitisztításánál, vagy a sebek összevarrásánál használatos eszközök, például sebvarró, csapoló-töltő tűk, vagy más rendeltetésű tűk.
- **Komplett feladatok ellátására szolgáló eszközök:** például érvarrógépek, gyomorvarrógépek stb.
- **Egyéb eszközök:** ezek lehetnek a különféle műtési fogyóeszközök, az egyszerhasználatos eszközök stb.

Sokkal gyakoribb az orvos-szakmai szempontok szerinti csoportosítás, mivel a felhasználás során ez a jelentős. Ennek megfelelően lehetnek:

- általános sebészeti kézieszközök,
- érsebészeti kézieszközök,
- csontsebészeti kézieszközök,
- finomsebészeti kézieszközök,
- atraumatikus kézieszközök,
- epeműtétek során használatos kézieszközök,
- veseműtétek során használatos kézieszközök,
- nőgyógyászati kézieszközök,
- szemészeti kézieszközök,
- fül-orr-gégészeti kézieszközök,
- fogászati kézieszközök,
- szájsebészeti kézieszközök,
- plasztikai sebészet kézieszközei,
- és még a legkülönbözőbb orvos-szakmai területek kézieszközei.

Műtétek során az orvosi célnak megfelelően csoportosítják és használják a legkülönbözőbb típusú kézieszközöket. Így alakulnak ki a különböző eszközcsoportok, melyeket általában egy fémdobozban őriznek és a műtétek során egy tálcáról nyújtják át az operáló orvosnak.

### 5.1.2. Az orvosi kézieszközökkel szemben támasztott általános követelmények.

Az orvosi kézieszközök esetén alapkövetelmény, hogy

- rozsdamentes,
- az erőhatásoknak ellenálló,
- jó minőségű anyagból készüljenek.

Ennek fő oka, hogy bírniuk kell

- a rendszeres sterilizáló, tisztító folyamatokat
- valamint használatuk során kapcsolatba kerülnek betegek testnedveivel is.

Ezen kívül teljesítik még az alábbi követelményeket:

- a) A beteggel kapcsolatban levő része az adott feladathoz igazodik, például a vágó (szike) és szűrő eszközök megfelelően élesek és éltartók, sorjamentesek, hogy minél kisebb sérülést okozzanak a használat során.
- b) A kézieszközök működő felületei kopásállóak.
- c) Egyes kézieszközök alkalmasak arra, hogy a testszöveteket roncsolni lehessen velük, például ilyenek a csontvágók, vésők, kaparók stb.
- d) A beteg lágy részeinél használatos eszközök kialakítása lekerekített, éles sarkoktól mentes, azért, hogy a szükségesnél nagyobb sérülést ne okozzon (Legmegfelelőbb erre a kanál-szerű forma.)
- e) A különböző kézieszközök alkalmazkodnak az anatómiai méretekhez, a célnak megfelelően egyenes, vagy hajlított, vagy íves kialakításúak.
- f) A kézieszköz fogantyúja, nyélrész alkalmas nagyobb erő kifejtésére, és megfelel a tartós használat követelményeinek.
- g) A kézieszközök felülete igen finom, polírozott, érdességmentes. A tükrözésmentesség érdekében gyakran mattított kivitelben készülnek.
- h) A feladatoktól függően, a lehetőségeknek megfelelően könnyűek, kis súlyúak.
- i) A kézieszköznek és annak részeinek (például: rúgólemez, rögzítő zárrendszer) tökéletesen sterilizálhatónak kell lennie, ennek megfelelő anyagból készülnek, és felületi kiképzésük is megfelel a sterilítási követelményeknek. Sokszori használat esetén is el kell viselniük a sterilizálásból eredő hő-, vegyszer stb hatásokat.

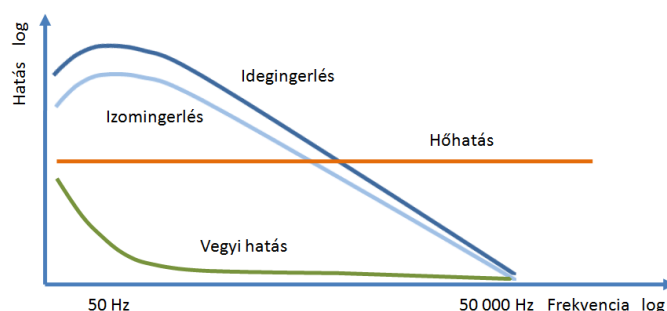
A kézieszközök az alábbi anyagokból készül/het/nek:

- szénacélból készült krómozott vagy nikkelezett kivitelben,
- szerszámacélból krómozott vagy nikkelezett kivitelben,
- rozsdamentes acélból,
- könnyűfém-ötvözetből (például titán-ötvözetből),
- sárgaréz, bronz ötvözetből,
- keményfémlapkás kivitelben.

## 5.2. Villamos elven működő, nagyfrekvenciás sebészeti vágó készülékek.

A hővel való gyógyítás gondolata már nagyon hosszú időre nyúlik vissza. A meleg fürdők, a meleg tárgyakkal a test felszínére való szorítása, sőt a kémiai hőkeltés (amikor a páciens valamilyen kémiai anyag hatására "kimelegszik", vagyis megnő a szervezet hőtermelése és ettől magasabb lesz a testhőmérséklete), már nagyon régen ismert terápiás eljárások. Különösebb elméleti ismeretek nélkül is gyanították, hogy a terápiás hatás annál erősebb, minél magasabb hőmérsékletet érnek el.

Mivel **a villamos áramnak hőhatása van**, megkísérelték az élő szövetek villamos árammal való melegítését is. Kezdetben egyenárammal próbálkoztak, de az első kísérleteket nem kísérte szerencse. Ugyanis ha akkora áramot bocsátottak az élő szövetekbe, hogy azokban számottevő hőteljesítmény alakulhasson át hővé, mindenféle nem kívánatos mellékhatás lépett fel (elektrokémiai hatások, bőrgyulladás, fekélyek, hólyagok és mindenek előtt erős ingerhatás, izomkonstrukciók, rándulások, sőt még csonttörés is.).

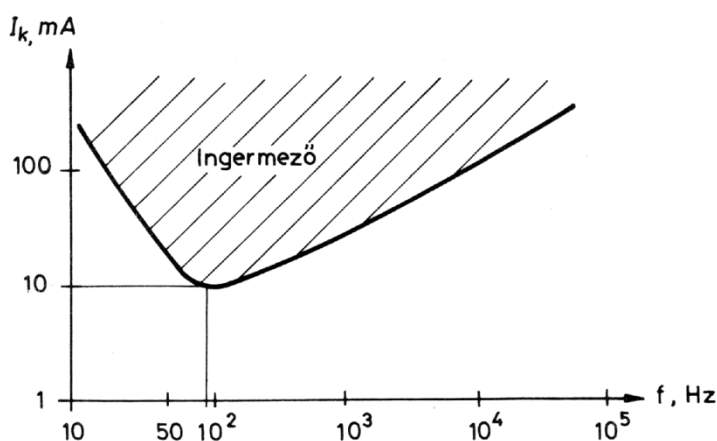


5.1. ábra. A villamos áram hatásai a frekvencia függvényében.

Csak a váltakozó áramok alkalmazásával és a frekvencia növelésével növekszik jelentősen az ingerküszöb értéke (lásd 5.1. ábrát!) és ennek a megnövekedett áramnak már jelentős hőhatása is van. D'Arsonval francia fizikus volt az első, aki először kapcsolt nagyfrekvenciás áramot élő emberre, tehát aki először észlelte a nagyfrekvenciás áramoknak az élő szövetekre gyakorolt hatását, ezért az ilyenfajta hőkezeléseket összefoglaló névvel arzonvalizációnak is nevezték. **Ha a frekvenciát 1 MHz-re növeljük, az áraminger-küszöb már 1 A fölött van,** vagyis ilyen frekvencián már nyugodtan vezethetünk át 1 A-es áramot a szöveteken az ingerület-keltés veszélye nélkül. De 1 A a kb. 100 ohmos belső ellenállású emberi szervezetben már

$$P = I^2 \cdot R = (1 \text{ A})^2 \cdot (100 \text{ ohm}) = 100 \text{ W},$$

vagyis olyan nagy teljesítmény, amellyel minden hőkezelési igény kielégíthető.



5.2. ábra. Az ingerlő áramerősség nagysága a frekvencia függvényében.

A szövetek felmelegedése részben az áramsűrűségtől, az áramátfolyás idejétől és az áram hullámformájától, részben a szövetekből való hőelvezetés mértékétől függ.

Ha közvetlenül a testfelületre helyezünk fel elektródokat, akkor közöttük a szöveteken keresztül áram folyik. (Ez ma már csak az úgynevezett nagyfrekvenciás sebészeti vágóeszközöknél van így, a hőterápiás alkalmazásokban a közvetlenül a bőrfelületre felhelyezett elektródokat nem használjuk.)

A valóságban az árammal átfolyt szövetek nem homogének, hiszen az áram különféle fajlagos vezetőképességű szöveteken folyik át. Az  $f = 0,3 \text{ MHz} - 1 \text{ MHz}$  frekvenciatartományban például a zsírszövet vezetőképessége 15-20-szor kisebb, mint az izomé, vagyis benne 15-20-szor nagyobb a keletkező hőteljesítmény. A valóságban különféle szövetrétegeken folyik át a nagyfrekvenciás áram, így a hőeloszlást ez is befolyásolja.

Külön problémát okoz, hogy az áram egyenlőtlen megoszlása folytán az áramsűrűség sem állandó, vagyis a hőeloszlást ez is módosítja. **Az áram mindig a kisebb ellenállású utat választja**, és ha például kisebb fajlagos ellenállású izomszövet és nagyobb fajlagos ellenállású zsírszövet kerül az útjába, akkor a jobban vezető izomszövetben nagyobb áramsűrűség lép fel, mint a rosszabbul vezető zsírszövetben. Az  $I^2 R$  képlet szerint csökken ugyan a hővé alakuló teljesítmény az ellenállás lecsökkenése miatt, de az áramsűrűség növekedése miatt viszont négyzetesen nő. Ha például az ellenállás a felére lecsökken, az áramsűrűség pedig ugyanakkor kétszeresére nő, akkor az eredőben kétszeres lesz a hőteljesítmény. Ha azonban az ellenállás-csökkenés nem a fajlagos vezetőképesség növekedése miatt jött létre, hanem azért, mert például az áramvezető izomköteg kétszeres keresztmetszetűre tágult, akkor az így előálló hőteljesítmény-növekedés elvileg nem fog hőmérséklet-emelkedést okozni, mert a nagyobb teljesítmény nagyobb térfogatra oszlik el, vagyis az áramsűrűség elvileg változatlan maradt.

### 5.2.1. A nagyfrekvenciás sebészet elve.

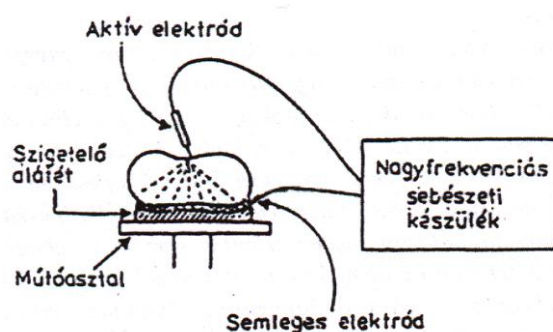
A sebészetben, főleg a műtéti beavatkozások során gyakran szükséges a lágy szövetek, vérerek elmeszése, vagy daganatos, illetve fekélyes részek eltávolítása. Erre a célra használják az orvosok a különböző mechanikai eszközöket, például az éles kést, a „szikét”, illetve a különböző ollókat stb, az úgynevezett „orvosi kézieszközöket” (Régebben, az elektronika fejlődésének kezdeti időszakában, ezeket nevezték „orvosi műszereknek”). Ezek alkalmazásának hátránya, hogy roncsoló hatásuk mellett jelentős vérzést is okoznak. A vérzés megszüntetése érdekében az átvágott nagyobb ereket sebvarró fonállal lekötik, a vékony erekből szivárgó vért tamponnal felitatják, mindaddig, amíg természetes folyamatként be nem következik a vérárvadás.

Ezért az orvosok törekvése mindig kétirányú:

- minél kisebb területen, csak a legszükségesebb mértékben történjen meg a szövetek elroncsolása,
- a lehető legkisebb mértékű vérzés lépjen fel, illetve hamarabb meginduljon a vérárvadás.

Az eddigiekben láttuk, hogy a megfelelően megválasztott áramerősségű, de nagyfrekvenciás árammal lehetséges a szövetek melegítése. Ha növeljük az áramerősséget (például több amper nagyságúra), akkor elérhetjük a szövetek roncsolását, azaz vágását is. Az is régi tapasztalat már, hogy a hőhatással meggyorsítható a vérárvadás. Ezeket a hatásokat hasznosítják a **nagyfrekvenciás sebészeti vágókészülékek**.

A nagyfrekvenciás sebészeti vágókészülékeknél a kívánt formájú és szintű, **1 – 3 MHz frekvenciájú nagyfrekvenciás és nagyértékű (amper nagyságrendű) áram a páciensre felhelyezett kis felületű aktív és a nagy felületű semleges elektród között folyik** (5.3. ábra).



5.3. ábra Az árameloszlás a test belsejében.

A készülékek működésének alapelve az, hogy az aktív elektród nagyon kis keresztmetszetű (késszerű) éle alatt igen nagy áramsűrűség lép fel, ami gyors és igen nagy hőemelkedést idéz elő. Ez a hőlokés a közeli sejtekben igen gyorsan forrásig hevíti a bennük levő folyadékot, mire azok a nagy vízgőznyomás hatására valósággal felrobbannak. Ha az aktív elektródot lassan mozgatjuk abban az irányban, ahol vágni akarunk (ezt idézi elő az orvos a műtét

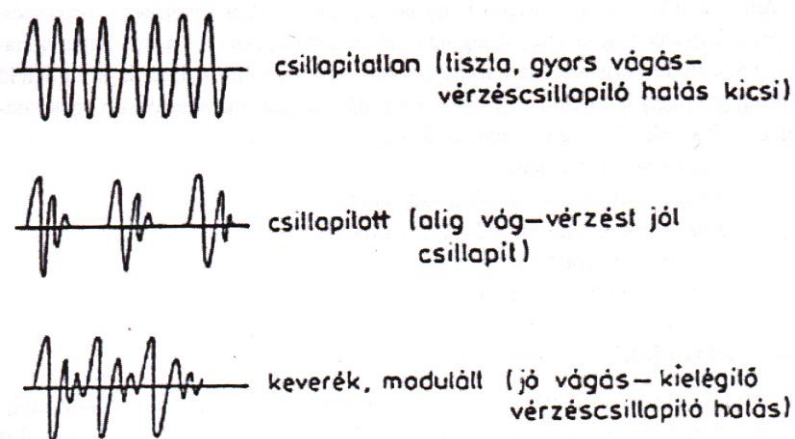
során), akkor ez a "sejtrobbanás" folyamatosan megy végbe. Így az aktív elektród mentén egy viszonylag mély vágást kapunk, amely alig különbözik attól a vágástól, amelyet szikével ejtettek.

A döntő különbség az, hogy itt nem lép fel jelentős vérzés, mert a felmelegedés hatására a vérben oldott fibrinogén fibrinné alakul, amelyet már nem tud a vér feloldani, vagyis a vérzés megszűnik, vagy fel sem lép, hiszen az elmeszelt erek nyílását az alvadt vér eldugaszolja. Természetesen a nagyobb ereket itt is le kell kötni, nem is elsősorban azért, mert nem lehetne koagulálni, hanem a nagyobb erek lezárásához nagyobb méretű "vérdugót" kellene létrehozni. Ez pedig esetleg később leválva bekerülhet a vérkeringésbe, és ott az életfontosságú szervekben embóliát okoz.

A nagyfrekvenciás áramnak háromféle specifikus hatása van:

- **dehidráció:** vízelvonás, ami az aktív elektród és a szövetek között fellépő villamos ívvel arányos;
- **vágás:** a nagy áramnál és mozgatsnál fellépő jelenség;
- **koaguláció:** véralvadás, ami függ az átfolyó áram alakjától és idejétől is.

A szervezetben elérhető hőmérséklet-növekedést befolyásolja a nagyfrekvenciás áram hullámformája is. **Vágásra az állandó amplitúdójú nagyfrekvenciás áramot alkalmazzák, vérzéscsillapításra pedig a modulált hullámformát.** A két hatást együttesen a két hullámforma keverésével érik el. Az alkalmazott hullámformákat mutatja az 5.4. ábra.



5.4. ábra. NF vágókészülékekben alkalmazott hullámformák.

A szövetek fiziológiai körülményei is befolyásolják a hőmérséklet-viszonyokat. Az adott területen az erek tág volta és ezzel a helyi vérkeringési viszonyok hatással vannak a helyi hőviszonyokra. A keringés tulajdonképpen hűtőhatást fejt ki, és minél erősebb a keringés, annál több hőenergiát szállít el az árammal melegített szövetekből. Az erősebb keringés egyúttal több hűvösebb vért szállít a test nem melegített részeiből az árammal átjárt szövetekbe, és ezzel is csökkenti a nagyfrekvenciás áram hőkeltő hatását.

### 5.2.2. Elektródproblémák.

A vágó vagy koaguláló aktív elektródok nagyon kis felületűek a nagy áramsűrűség elérése miatt, míg a semleges, vagy passzív elektródoknak pedig nagy felületűeknek kell lenni, hogy alatta minél kisebb legyen az áramsűrűség, ezáltal ott nem lép fel káros hatás. Ezért az aktív elektródok késszerű vagy vékony huzalból kialakított kisfelületű eszközök, a semleges elektród pedig minél nagyobb felületű és a testfelszínnel minden pontján jól érintkezik.

Nagyon fontos a nagyfrekvenciás elektródoknak a test felszínén való rögzítése is. Nem kifogástalan elektródelhelyezés esetén megnövekszik az elektród-bőr közötti átmeneti ellenállás, és ezen az ellenálláson aránytalanul nagy feszültség keletkezik. Ez egyrészt felületi égésekhez vezet, másrészt jelentősen megváltoztatja az elméletileg várható hőeloszlást.

Műtét során attól függően, hogy hirtelen vagy lassan történik-e a sejtekkel a hőközlés, aszerint kapunk vágott vagy koagulált sebet. Mivel azonban a két hatás sohasem választható szét teljesen tisztán, ezért célszerűbbnek látszik koaguláció nélküli, gyengén koagulált és erősen koagulált vágásról beszélni. A vágás koagulációs foka elméletileg öt tényezőtől függ:

- vágóelektród alakjától,
- a nagyfrekvenciás áram intenzitásától,
- a nagyfrekvenciás áram hullámalakjától,
- az aktív elektród vezetésétől,
- a szöveti tulajdonságoktól.

Műtét során az alábbiakra kell ügyelni:

a) Az **aktív elektród** alakját és méreteit a műtési célnak megfelelően kell megválasztani (pl. késszerű elektróddal jól lehet vágni, hurok vagy gyűrű alakú elektróddal szemölcsöket, kinövéseket lehet eltávolítani, tenyér, lándzsa, tű és gömb alakú elektródok koagulálásra valók); ennek következtében nagyon sokféle elektródot gyártanak.

b) Az aktív elektródok többsége műanyag nyélbe van befogva (egyes elektródok nyéllel együtt cserélendők, de a legtöbb elektródnak csak az aktív részét kell cserélni egy közös fogantyúban, amelyben valamilyen bepattanó szerkezettel rögzíthető az aktív elektród); a közös fogantyún található rendszerint a kézi kapcsoló nyomógomb, és esetleg az elektród bekapcsoltságát jelző lámpa.

c) A különféle elektródokon fellépő áramsűrűség részben az áramvezető felület nagyságától, részben a beállított nagyfrekvenciás teljesítmény nagyságától függ; ennek következtében különféle elektródokhoz adott alkalmazásban különböző nagyságú nagyfrekvenciás teljesítményt kell kapcsolni; ez gondot okozhat műtét közben, ahol a műtét során többféle elektródot kell használni, és nem is egyszer, hanem többször, esetleg változó sorrendben; ilyenkor a készülék kezelőjének nagyon kell ügyelnie arra, hogy mindig a megfelelő teljesítményre legyen a készülék kapcsolva.

d) Az aktív elektródok bekapcsolási idejének minél rövidebbnek kell lennie; ha nem vágnak az elektróddal, akkor le kell kapcsolni (a fogantyún levő nyomógombról vagy a lábkapcsoló működtetésével lehet aktiválni a vágóelektródot; ha a nyomógombot vagy lábkapcsolót nem működtetik, a nagyfrekvenciás áram nem jut ki az elektródra).

e) A **semleges elektródok** általában többször használható megoldásúak, de újabban egyszerhasználatos kivitelben is készülnek.

A többször használatos elektródokat régebben ólomlemezről készítették, újabban inkább rozsdamentes anyagból készülnek, illetve vezetőgumiból, valamint ismeretes egy háromszoros alumíniumfóliából összeállított, ún. "tripplett-elektrod" is. A legkorszerűbb, többszörhasználatos, semleges elektród: fémszemölcsökből összeszőtt, hajlékony réz- vagy műgyanta szalag, amelyben minden egyes fémszemölcs vezetékkel kapcsolódik a kimenő kábelhez, ezzel elérhető a nagy vezetőképesség és a mechanikai hajlékonyság.

Az egyszerhasználatos elektródok öntapadós kivitelben, vezetői zselével előre bevonva készülnek (gazdaságosságuk még vitatott), vagy felhasználás előtt kenik be a vezetőpasztával.

f) Mivel az öntapadós elektródok nagyon kényesek a bőrfelület előzetes zsírtalanítására, ezért az elektródok többségénél a gumiszalagos felerősítést alkalmazzák.

g) A semleges elektród meghibásodása (elektrodleválás, kábelszakadás, rossz érintkezés stb.) miatti égések megakadályozása végett olyan biztonsági áramkört építenek be a készülékbe, amelyik a semleges elektród bármilyen rendellenessége esetén riasztó fény- és hangjelzést ad, és ugyanakkor lekapcsolja a nagyfrekvenciás teljesítményt az aktív elektródról. Ha a semleges elektród kábelét elfelejtik csatlakoztatni a készülék bekapcsolásakor, akkor az aktív elektródra nem kapcsolható nagyfrekvenciás energia. A nagyfrekvenciás generátor mindaddig nem kapcsolható be, amíg a biztonsági áramkör nem kap jelzést a riasztást kiváltó rendellenesség megszűntetéséről.

h) A semleges elektród feladata az aktív elektródon befolyó nagyfrekvenciás áram visszavezetése a készülékbe; minél nagyobb felületű az elektród, annál kisebb áramsűrűség lép fel az elektród alatt, tehát annál kisebb az égési veszély. A semleges elektród minimális felülete  $100-140 \text{ cm}^2$ .

i) A semleges elektródot olyan helyre kell felhelyezni, hogy a lehető legközelebb legyen a műtési területhez; lehetőleg minél nagyobb felületű testrészen (combon, felső karon, farpofán) kell elhelyezni; kerülni kell az olyan testfelületet, ahol sok a felülethez közel futó ér, ugyanis az elektród ezeket elszoríthatja és emiatt a szöveti ellenállás az idő függvényében nő; az elektródot nem tanácsos kiálló csont fölé helyezni.

j) A semleges elektród hatása erősen csökkenhet, ha a páciens teste valamilyen, a környezetében levő földelt elektromos vezetőivel (pl. műtőasztallal, különféle tartókkal, altatógéppel) érintkezik, vagy a páciens a műtőasztaltól elválasztó alátét (vizelettől, vértől stb.) átnedvesedik és vezetővé válik.

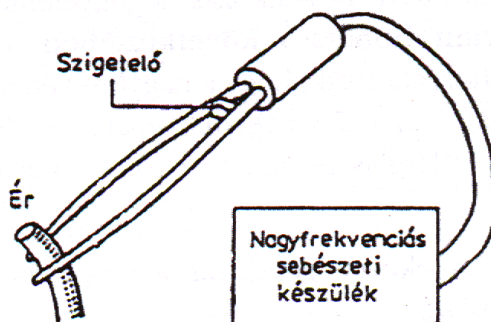
k) Gyakran már az gondot okozhat, hogy ha a páciens alatti szigetelő alátét egy-egy kiálló testrész (tarkó, sarkok, könyökök) alatt erősebben összenyomódik, a páciens teste és a műtőasztal közötti kapacitás megnő és így azon keresztül egy megnövekedett nagyságú nagyfrekvenciás áram folyik és ez égést okoz.

A fenti felsoroláshoz még néhány megjegyzést célszerű tenni. A semleges elektród tökéletes felfekvése esetén az elektród mentén állandó áramsűrűség alakul ki. Ha azonban az elektród csak foltokban érintkezik, akkor az áramsűrűség is változik az elektród felületén. Az érintkezési pontokban kialakult nagyobb áramsűrűség következtében ezeken a helyeken erősebb, kisebb áramsűrűségű helyeken pedig kisebb hőmérséklet-növekedés lép fel. Ebből

következik, hogy a semleges elektród jó felfekvését hőmérsékleteloszlás-méréssel lehet ellenőrizni.

### 5.2.3. A bipoláris elektródok.

A bipoláris sebészeti beavatkozást (5.5. ábra) kifejezetten a beavatkozás helyére koncentrálják, vagyis célzottabb eljárás, mint a monopoláris.



5.5. ábra. Bipoláris elektródok.

Ezért is alkalmazhatunk **kisebb teljesítményt** a bipoláris beavatkozásnál. Ebből a körülményből adódott egyes cégeknek az az ötlete, hogy a nagyfrekvenciás sebészeti készülékükben **két generátort** alkalmaznak, mégpedig egy nagyobb teljesítményűt a monopoláris és egy kisebbet a bipoláris üzemmód biztosítására. Például az előbbi célra egy 400 W-os, az utóbbira pedig egy 50 W-os generátor van elhelyezve. A nagyobb generátort a késsel és hurokkal való vágáshoz, a golyó(gömb-) vagy lapelektroddal való koaguláláshoz, transzuretrális rezekcióhoz stb., míg a kisebb generátort a különféle bipoláris koagulálásokhoz, a laparoszkópiás tubussterilizáláshoz stb. lehet használni.

Egyszerre csak mindig az egyik generátor szolgáltat nagyfrekvenciás teljesítményt, tehát mindig csak használatban levő elektród aktiválódik, vagyis a használaton kívüli elektród nem okozhat véletlen sérüléseket

Korszerűbb készülékekben a **bipoláris üzemmódba való bekapcsolás automatikusan történik**. Az automatikus kapcsoló áramkört a bipoláris csipeszelektroddal lehet vezérelni. Ha ugyanis a sebész a koagulálandó szövetrészt a csipesz mindkét szárával egyidejűleg összenyomja, akkor kapcsolódik be a nagyfrekvenciás áram, akkor kezdődik a koaguláció. Azért, hogy addig, amíg a sebész nem rendezte el a koagulálandó szöveteket, ne kapcsolódhassék be a nagyfrekvenciás energia, az automatika néhány másodperces késleltetéssel működik. A késleltetési idő tetszés szerint 0-tól 5 s-ig állítható be.

Monopoláris eljárást alkalmaznak:

- vágásoknál,
- endoszkópos beavatkozásoknál,
- transzuretrális (TUR) műtéteknél.

Bipoláris eljárást alkalmaznak:

- tubussterilizációnál,
- mikrosebészetben,
- idegsebészetben.

#### 5.2.4. A nagyfrekvenciás sebészet veszélyei.

A nagyfrekvenciás sebészeti beavatkozás legfigyelemreméltóbb veszélye a **nagyfrekvenciás áram hőhatása következtében a páciens megégése**. A teljes képhez az is hozzátartozik, hogy a nagyfrekvenciás égéseknek csak kb. a felénél sikerül utólag igazolni a nagyfrekvenciás eredetet, és a másik 50 százalék felmaródás, felfekvés, allergiás reakciók, toxikus hatású krémek alkalmazása stb miatt keletkezik.

A leggyakoribb eset az, ha hanyagul helyezik fel a semleges elektródot a páciensre, úgy, hogy az nem fekszik fel teljes felületével a bőrre, vagy a páciens mozgása következtében elmozdul, elcsúszik az elektród, akkor az effektív felülete (vagyis ahol ténylegesen is áram folyik) kisebb lesz, mint az elektród teljes felületet. Ilyen eset előfordulhat akkor is, ha az elektród csak foltokban érintkezik a páciens testfelszínével, mert az elektródanyag nem sima, hanem gyűrött; a felülete nem fémtiszta, hanem oxidos, vagy szennyeződés van rajta (rászáradt vér, zsír, beszáradt zselé stb. vonja be.). Az is előfordulhat, hogy a vezetőgél nem egyenletesen van felkenve az elektród felületére, és esetleg olyan foltok vagy csatornák is vannak, ahová egyáltalán nem került zselé. Elképzelhető az is, hogy az elektródfelület kiszakadt (különösen fóliaelektród esetén gyakori), vagy a pikkelyelektród pikkelyeinek egy részénél megszakadt a pikkelyenkénti kivezetés. Ezekben az esetekben az égés mindig a semleges elektród alatt vagy közvetlenül mellette lép fel.

Ha a páciens nagyfrekvenciás sebészeti beavatkozás közben véletlenül érintkezésbe kerül elektromosan vezető tárgyakkal (pl. a fém műtőasztal, infúziós állvánnyal, kar- vagy lábtámasszal, más készülékekkel, monitorokkal, vagy akár egy nedves textilkendővel), akkor ezeken az érintkezési pontokon keresztül - a belső impedancia-viszonyoktól függő nagyságú - nagyfrekvenciás áram folyik, amely az intenzitásától függően égési sérülést okozhat. (Ha a semleges elektród kifogástalan, akkor az érintkezési helyeken legtöbbször csak kisebb sérülés észlelhető.)

Ez a sérülési veszély csökken, ha a semleges elektród előírás szerinti használatán kívül gondoskodunk arról, hogy a páciens minden, a környezetében levő elektromos vezetőből készült tárgytól jól el legyen szigetelve. A műtőasztalhoz mért szórt kapacitások, valamint a szivárgó áramok csökkentése végezett a páciens alá a műtőasztalra legalább 5 cm vastag villamosan jól szigetelő alátétet (antisztatikus cellulózból vagy száraz kendőkből, lepedőkből) kell helyezni. A mindenfajta nedvesség (vizelettől, vértől, víztől származó stb.) elleni védekezés miatt a páciens és az alátét közé egy vízátnemeresztő anyagból (pl. többrétű műanyag fóliából) készült vízszigetelő alátétet kell helyezni.

Külső eredetű (vagy exogén) akkor következhet be, éghető folyadékok, gázok, gőzök (például bőrtisztító, dezinficiáló, vagy narkotizáló szerek, vagy esetleg endogén gázok (bélgázok)) a nagyfrekvenciás sebészeti beavatkozás hőjétől begyulladnak. Mivel a szikraképződés a nagyfrekvenciás sebészeti beavatkozásnál elkerülhetetlen, a külső eredetű égés veszélyét csak úgy tudjuk mérsékelni, ha biztosítjuk, hogy ne kerüljenek gyúlékony anyagok a műtő légkörébe. Ezeket az éghető fertőtlenítő, illetve narkotizáló anyagokat, - endoszkópiás beavatkozásnál a nyíláson át kiráramló endogén gázokat is - el kell szívni a műtői területről. Fel kell hívni a figyelmet, hogy ezek az anyagok általában színtelen lánggal égnék. Tehát előfordulhat, hogy a színtelen lángok különösen a műtőlámpa erős fényében nem vehetők észre, és hogy egyáltalán égés történt, az csak a műtét befejező szakaszában, vagy egyenesen csak a műtét befejezése és a műtőlámpa leoltása után észlelhető.

Több esetben kimutatták, hogy a beteg testében folyó nagyfrekvenciás áram kamrai fibrillációt okozott. Ez főleg olyan pácienseknél fordult elő, akikben miokardiális elektródokat ültettek be, vagy a műtét alatt szívkatétert vezettek fel szívükbe.

A pacemakerrel élők számának szaporodásával egyre nagyobb problémát jelent az, hogy a ha nagyfrekvenciás áram a pacemaker környezetében folyik, könnyen tönkretelheti a pacemakert. És ha ilyen esetben a műtői team nincs felkészülve (tehát pl. nincs beállítva egy extern szívstimulátor a műtőben, hogy a tönkrement pacemakert átmenetileg helyettesítse, amíg egy új készüléket ültetnek be), akkor a pacemaker kiesése végzetes következményekkel járhat.

A műtőbeli robbanás veszélyének mértéke nem nő, hanem csökken, egyrészt azért, mert egyre kevesebb az aneszteziológiában alkalmazott altatószerek között a robbanékony vagy gyúlékony, és általában zártrendszerű altatási eljárást alkalmaznak, de azért is, mert a műtőben használt készülékeknél is igyekeznek konstrukciós módosításokkal javítani a készülékek robbanás elleni biztonságát. Ezt például úgy érik el, hogy gondosan lezárt készülékdobozon belül ventilátorral túlnyomást hoznak létre, így a készülékből csak kifelé tud áramlani gáz, részben azzal, hogy a túlnyomást létrehozó levegőt nem a műtőasztal közeléből szívja be a ventilátor, ahol még nagy a robbanékony gázok koncentrációja, hanem vagy a műtő felső légteréből, vagy akár a szabadból. A robbanásveszélyt azzal is csökkenthetik, ha a készüléket a mennyezetről lebecsátott süllyeszthető karhoz rögzítik.

Az elmondottak is megerősítik azt a tényt, hogy a nagyfrekvenciás sebészeti vágó készülékek az egyik legveszélyesebb orvostechnikai eszközök, velük történt eddig is a legtöbb baleset a műtőkben. Éppen ezért a kezelési utasítás feltételen betartása és a figyelmesség döntő fontosságú ezen eszközök alkalmazásánál.

Előnye viszont a hagyományos műtétekkel szemben a jelentős és jól szabályozható vérzéscsillapítás, koagulálás; valamint a kis erővel történő vágás, szöveteltávolítás, érelzárás.

### 5.3. Endoszkópok alkalmazása a műtétek során.

Az emberiségnek régóta kívánsága volt, hogy betekinthesse az emberi test belsejébe anélkül, hogy sérülést és fájdalmat okozna ezzel. Ez a törekvés valósult meg az endoszkópok felfedezésével és alkalmazásával.

Az **endoszkóp** görög szó, amelynek jelentése: belülre nézés. Az első igazán endoszkópnak nevezhető eszköz a frankfurti Philipp Bozzini (1773 –1809) nevéhez fűződik, aki a testüreg elérését, megvilágítását elsőként oldotta meg megbízható módon, 1805-ben. Kialakított egy fényvezető nézőcsövet, amelyen úgy tudott átnézni, mint egy kulcslyukon. Fényforrásként gyertyát alkalmazott. Az eszköz szinte kizárólag a húgyhólyag diagnosztizálására szolgált. - További fejlődést hozott az izzó platinahuzal fényforrásként való alkalmazása.

A mai értelemben vett endoszkópot csak a bécsi Max Nitze vezette be 1879-ben. Nietze endoszkópja már **lencserendszert** is tartalmazott, amely irányváltoztató prizmából, objektívől (tárgy-lencséből), képfordító rendszerből és okulárból (szemlencséből) állt.

Miután Edison 1886-ban felfedezte az izzólámpát, fordulat következett be a fejlődésben: a nagy fényerejű, ám **miniatűr izzólámpát** már el lehetett helyezni az endoszkóp csúcsának közelében. További fejlesztés volt a munka- és az öblítő csatorna alkalmazása. 1908-ban Ringleib már több képfordító rendszert is beépített az endoszkóp-csőbe és tovább növelte a megvilágítást. - Mindezek azonban még **merev (rigid) endoszkópok** voltak.

Az 1950-es években fejlesztették ki a hajlékony üvegszál technológiát (**száloptika**), amelyet előbb a megvilágító rendszernél, majd - rendezett üvegszál-nyaláb alkalmazásával - a képek átvitelére is felhasználtak, és ezzel létrejöhettek a **hajlékony (flexibilis) endoszkópok** (1958, Hirschowitz). A fényt külön készülékben, a fényforrásban állítják elő és azt az üvegszálak egészen az endoszkóp csúcsához vezetik.

Az endoszkópokat eredetileg szinte kizárólag vizsgálati, diagnosztikai célra fejlesztették ki (erre utal az "endoszkóp" név is), jelenleg azonban már - számos fejlesztésnek köszönhetően - a beavatkozások jó háromnegyedében terápiára: szövetminta-vételre (biopszia), idegentest-eltávolításra, kis és közepes műtéti beavatkozásokra használják ("egynapos sebészet").

#### 5.3.1. Endoszkópok alkalmazási területei.

Az orvosi gyakorlatban a rigid (merev) és a hajlékony (flexibilis) endoszkópok egyaránt elterjedtek. Konstrukciójuk, méreteik, kialakításuk, sőt **elnevezésük is jellemző arra a testrészre (testtájra)**, amelyen az eszközt alkalmazzák.

Néhány példa a névre és alkalmazásra:

- Cisztoszkóp (cystoscop): a húgyhólyag vizsgálatára.
- Uretroszkóp (urethrosop): a húgycső vizsgálatára.
- Rektoszkóp (rectoscop): a végbél vizsgálatára.
- Hiszteroszkóp (hysteroscop): a méh vizsgálatára.
- Duglaszkóp (douglascop): a petefészek vizsgálatára.
- Laparoszkóp (laparoscop): a hasüreg vizsgálatára.
- Koledokoszkóp (choledochoscop): az epehólyag vizsgálatára.
- Gasztroszkóp (gastroscop): a gyomor vizsgálatára.
- Torakoszkóp (thoracoscop): a mellüreg vizsgálatára.
- Bronchoszkóp (bronchoscop): a tüdő és a hörgő(k) vizsgálatára.
- Tracheoszkóp (tracheoscop): a légcső vizsgálatára.
- Özofagoszkóp (oesophagoscop): a nyelőcső vizsgálatára.
- Laringoszkóp (laryngoscop): a gége vizsgálatára.
- Otoszkóp (otoscop): a fül vizsgálatára.
- Rinoszkóp (rhinoscop): az orrjáratok vizsgálatára.
- Ventrikuloszkóp (ventriculoscop): az agykamrák vizsgálatára.
- Artroszkóp (arthroscop): a térdízület vizsgálatára.
- Hipofaringoszkóp (hyphopharyngoscop): a garat alsó részének vizsgálatára.

Bár ezek az eszközök kezdetben csak diagnosztikai célokra szolgáltak, mivel jól látható és értékelhető képet közvetítettek a vizsgált területről, manapság már – a szükséges kiegészítő eszközök beépítésével – a műtéti beavatkozások szerves eszközei lettek.

### **5.3.2. Az endoszkópos sebészet lehetőségei.**

Az endoszkópos sebészet a 21. századi sebészet egyik kitörési pontja. Ennek során a test természetes nyílásain vagy minimális sebzéssel létrehozott metszéseken át közvetlenül a műtéti területhez jut/hat/unk, és így bejutva már csak a műtéti indikáció megoldásához szükséges beavatkozásokat kell megtenni. Ezzel a módszerrel a műtét járulékos sértései minimalizálhatók.

A test természetes nyílásaiba többnyire hajlékony endoszkópokat juttatnak, amelyek ma már a diagnosztikai látványképzésen túl, munkacsatornákat és egyéb segédcsatornákat tartalmaznak. A testfelszínen metszett nyílásokba többnyire merev endoszkópokat dugnak be, melyek világítás, monitorozás, felfújás, öblítés, leszívás és a sebészeti teendők ellátásáról gondoskodnak. A metszések biztonságos pontokon történnek, ahol lényeges izmok, erek, idegek, szervek nem futnak. A lehető legkisebb sebzés eredményeképpen a szövődmények és egyéb következmények mértéke kicsi, így gyakorta a beteg már egy-két napos megfigyelés után hazamehet. Számos esetben a beavatkozással járó kellemetlenségeket, utóhatást nem is a műtét, hanem a műtéti terület láthatósága érdekében tett levegőfelfújás kissé feszítő erejének tulajdoníthatjuk.

A műtétek során az egyik legfontosabb lépés, hogy a sebész hozzáférjen a műtendő testrészhez, szervhez. Ennek hagyományos úton az a módja, hogy a szervet fedő bőrt és egyéb

szöveteket átvágják, akkora kiterjedéssel, amekkorát a hozzáférhetőség és a láthatóság megkíván. Ez egy szükséges kockázat a beteg érdekében. A betegséget okozó probléma rendezése után a feltáráshoz szükséges szöveteknek is meg kell gyógyulniuk, ami már semmiképpen nem lesz olyan, mint a szétválasztás előtt. A feltáráskor megsebzett részek gyógyulása olykor tovább tart, mint a műtött szerv gyógyulása.

A minimális sebzéssel járó műtéti módszereket az endoszkópos sebészet tette lehetővé. Ennek három változata van annak függvényében, hogy a műtendő szervet hogyan közelítik meg.

Első változatában kis vágással a test felszíne felől közelítik meg a műtendő szervet (perkután technika). A bőrt átvágó metszések picik, a lényeges izmok, erek, idegek, szervek nem sérülnek, többnyire jól, alig látható heggel gyógyulnak. A bejuttatott endoszkópok többnyire merev eszközök, melyek kiválóan irányíthatóak, de csak a bemetszés pontján át. A műtendő szervet több irányból veszik körbe, így több is együtt tud működni. A több endoszkóp segítségével megvalósul a világítás, betekintés, felfújás, leszívás, operálás.

A második változatban természetes testnyíláson át jutnak el a műtendő területhez és a természetes üregből nem lépnek ki (intraluminális technika). Itt elsősorban a hajlékony endoszkópok jöhetnek számításba. Ezekből egyszerre csak egy szokott működni, így az egyetlen eszközben kell magvalósítani valamennyi funkciót és csatornát. Ilyen eszközzel mintegy 1,5 méter távolságig lehet lejutni, és nagy gyakorlat kell a folyamatos bél perisztaltika vagy légzés mozgásainak figyelembevételére.

Harmadik megoldásként a sebzés nélküli módszernek nevezett, új technika kezd terjedni, de a megnevezés megtévesztő. Ekkor az olyan eseteknél, ahol a testfelszín felől történne a megközelítés kis bőrfelszíni sebzésekkel, most a természetes testüregekbe bejuttatott eszközzel, a belső szerv falán átjutva közelítik meg a műtendő szervet (transzluminális technika). Például méhen át az epehólyagot. Ez rizikósabb, de így elkerülhető a testfelszíni seb heggesedésének látványa. Az érvényesülő szempont tehát elsődlegesen kozmetikai.

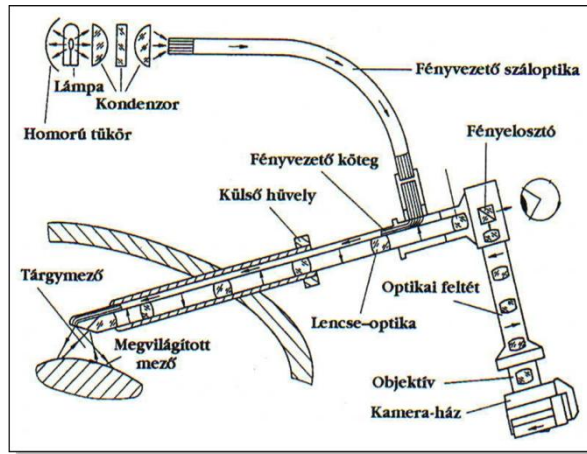
Gyakran megtörténik olyan sebészeti együttműködés is, ahol a műtéti területet bőrfelszín felől és testüreg felől egyaránt megközelítik, segítve egymás tevékenységét, lásd 5.6. ábrán.



5.6. ábra. Kombinált kolonoszkópia és laparoszkópia.

### 5.3.3. Endoszkópok fajtái.

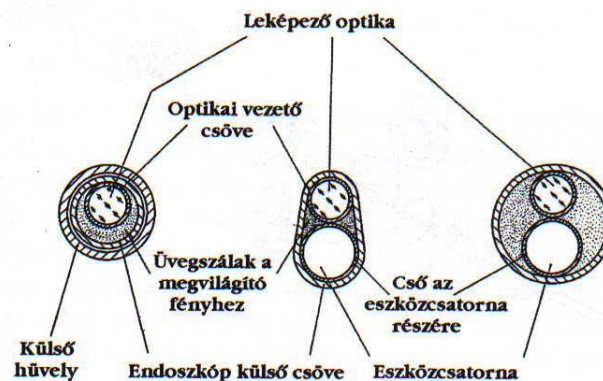
a) A merev endoszkóp legfontosabb eleme az optikai eszközök és segédeszközök pontosan egymáshoz illeszkedő láncolata. Az endoszkóp leképezési láncolata a fény előállításával és a fényvezetőhöz való illesztésével (csatolásával) kezdődik (5.7. ábra).



5.7. ábra. Merev endoszkóp.

A **megfigyelőtől távol** eső részt **disztális** végnek nevezik. A tárgymezőn látott képet a tárgylencse (objektív) és a képtovábbító optikai rendszer az endoszkóp **proximális végén** képezi le, ahol a kép szemmel is (vizuálisan) szemlélhető, és fotokamerával dokumentálható is. Ez utóbbihoz (a fény megosztásához) fényelosztó kettős prizma és további lencserendszer szükséges.

Az ember anatómiai felépítése (testnyílásainak mérete) megköveteli, hogy az endoszkóp lehetőleg **vékony**, ugyanakkor esetenként elegendően **hosszú** legyen. Igaz ez a mesterségesen (trokárral) létrehozott bevezető nyílások esetén is. Maga az endoszkóp a képalkotó láncolat legigényesebb része. A disztális endoszkóp kör alakú vagy ovális keresztmetszetén a következőket kell átvezetni: a leképező rendszert, a fény-hozzávezetést, továbbá a szívó, az öblítő és a munka- vagy eszközcsatornát ( 5.8. ábra).



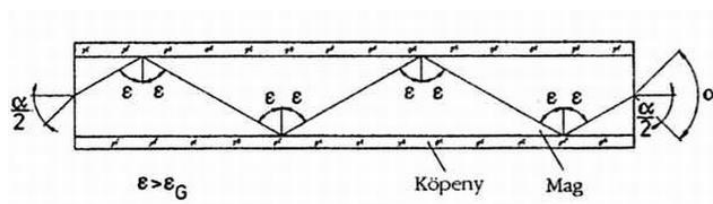
5.8. ábra. Megvilágító, leképező és munkacsatorna merev endoszkópban.

A hossz és a belátható keresztmetszet, illetve átmérő aránya minden esetben nagy, ezért leképező optika feltétlenül szükséges. Ez lencserendszer vagy rendezett üvegszál-köteg lehet.

Láttuk, hogy merev endoszkóp esetén is előnyös lehet a száloptika alkalmazása a következő okokból:

- sokkal jobb megvilágítás,
- hideg fényforrás (a hő a fényforrás-készülékben keletkezik) és
- bizonyos mértékű flexibilitás.

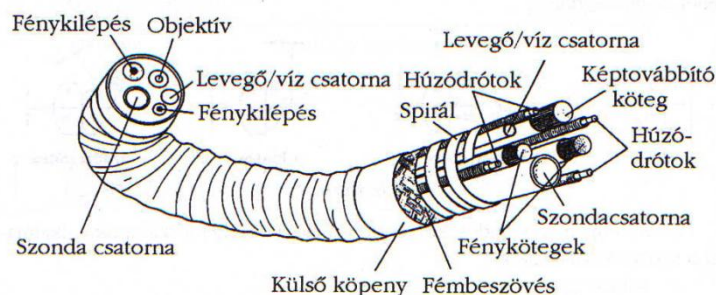
b) A **hajlékony (flexibilis) endoszkóp** azonban egyszerűen elképzelhetetlen száloptika nélkül.



5.9. ábra. A fény terjedése a száloptikában.

A **száloptika** (5.9. ábra) az egyes üvegszálak fényvezető képességét használja ki. Az elemi szál tökéletesen simára csiszolt végén, a szál hosszirányával gyakorlatilag párhuzamosan belépő fény a szál belsejében igen sokszor teljes visszaverődést szenved az üveg-levegő határfelületen, de a szál belsejéből képtelen kilépni, vagyis gyakorlatilag veszteség nélkül halad végig akár 1-2 méter hosszúságú üvegszálon is. A fényvesztés további mérséklése érdekében a 8-40 mikrométer átmérőjű üvegszálat még további 2-3 mikron vastagságú, eltérő törésmutatójú üvegköpennyel is be szokták vonni. (A vékonyabb szálak a képelemek, a vastagabb szálak a megvilágító fény vezetésére, továbbítására szolgálnak.) Az ilyen elemi szálakból összeállított köteg néhány cm sugarú körívben hajlítható (flexibilis). - Az ábrán látható  $\alpha$  szög a nyílásszög. Az ezen belül beérkező fénysugarakat az üvegszál nem engedi kilépni, hanem gyakorlatilag veszteség nélkül vezeti a kilépési pontig.

A **rendezett üvegszál-nyaláb** alkalmas az objektív által "látott" kép elemenkénti továbbítására. Ehhez "mindössze" az szükséges, hogy a belépés helyén (a disztális végen) ugyanolyan legyen az elemi üvegszálak elrendezése, mint a kilépő oldalon. Az üvegszálak számának növelésével egyre kisebb elemekre tudjuk a képet felbontani, a kilépő oldalon pedig egyre kisebb elemekből tudjuk azt felépíteni, összeállítani. Technikai korlát a 8-12 mikrométeres átmérő.



5.10. ábra. Flexibilis endoszkóp (gasztroszkóp) disztális vége.

A leírtak szemléltetésére a 5.10. ábrán mutatjuk meg egy hajlékony (flexibilis) endoszkóp felépítését. Jól láthatók az ábrán azok húzódrótok (2-2 db a metszet átellenes oldalán), amelyekkel az endoszkóp disztális végét lehet hajlítgatni (akár 180 fokos szögben is), két egymásra merőleges irányban. Ezek mozgatása a kezelői oldalon (a proximális végen) lévő egy-egy körbe forgatható tárcsa segítségével lehetséges

A **mai endoszkópok már független fényforrásból**, fényelőállító készülékből kapják (szál-optikán át) a megvilágítást. Ez a megoldás a páciens és az orvos szempontjából "hideg fényforrást" és minden igényt kielégítő megvilágítást jelent.

Az endoszkóp munkacsatornáján át különböző műtéti eszközöket lehet bevezetni az eszköz disztális végéhez: vágó, mintavevő, idegentest-eltávolító, stb. végződésel. Működtetésük kívülről, az ollóra emlékeztető nyitó-záró szerkezettel lehetséges

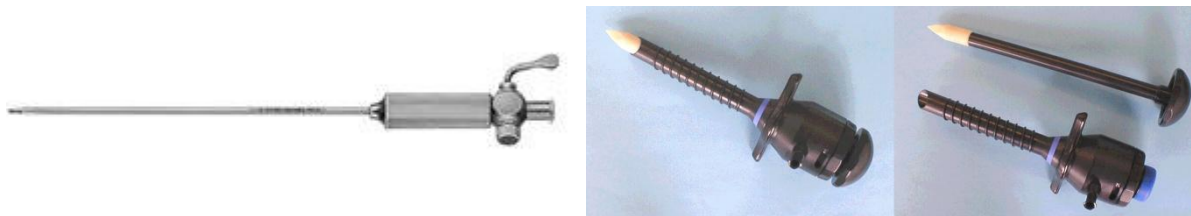
#### 5.3.4. Endoszkópos sebészeti kiegészítő eszközök

Az endoszkópos sebészet céljaira számos eszközt dolgoztak ki, amelyek ma már a korábban elképzelhetetlennek tűnő műtéti technikák kivitelezését teszik lehetővé. Ezek segítenek a műtéti területet elérni, azt láthatóvá tenni, és a műtétet elvégezni. Az eszközpark teljes áttekintésére nincsen módunk, ezért egy egyszerű csoportosításban nyújtunk betekintést.

Az endoszkópos sebészet kiegészítő berendezéseinek jelentős része megegyezik az endoszkóp-diagnosztika eszközeivel, hiszen a diagnosztikai betekintés és mintavételezés megvalósításához is számos támogató funkciónak kell együttműködnie. A terápiás kiegészítők ezeken túl biztosítanak további lehetőségeket.

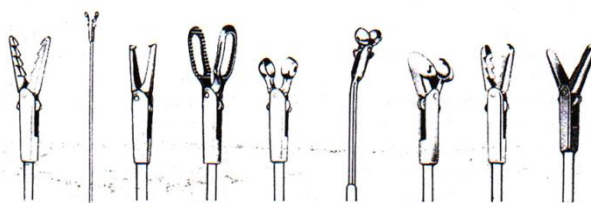
- a) **Veres-tű és trokár:** Laparoszkópia során a hasüregi szervek megtekintéséhez, műtétéhez látóteret kell biztosítani. Ezt leggyakrabban CO<sub>2</sub>-gáz befúvatással állítják elő. Ehhez a háton fekvő, altatásban lévő beteg köldökgyűrűjének peremén át Veres-tűt szúrnak a hasüregbe. Veres János (1903-1979) fejlesztette ki a róla elnevezett tűt, melynek vége puha érintkezésnél gömbszerűen záródik. Erős nyomásnál a vég szétnyílik és a belső, éles szúrscsap előtűnik, áthatol. Átjutva a puha részekre a vég ismét gömbszerűen csuk. A tű lumenén keresztül jut be a gáz, ami elemeli a hasfalat a hasüregi szervektől. A tű kihúzása után, helyére trokárt tolnak a hasüregi térbe, amelynek hüvelyén bevezethető a mikrokamera. A hasüregi szerveket egy vagy két kamerán

figyelik meg. A hasfalán ejtett újabb metszéseken át további trokárak vezethetők be, amelyek hüvelyén keresztül fogók, ollók, kliprakók, fonalak és sok egyéb speciális eszköz juttatható be. A műtét végeztével kiöblítik a hasüreget, majd kiengedik a gázt, és beöltik a hasfali nyílásokat.



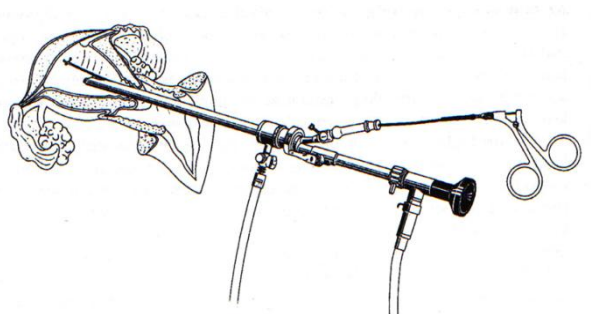
5.11. ábra. Veres-tű és trokár szúrcsappal, illetve trokár kiemelt szúrcsappal.

- b) **Manipulátorok:** A manipulátorok az endoszkópok munkacsatornáján, vagy a trokárán át bevezethető orvostechnikai eszközök, melyek segítségével a szükséges sebészi műveletek elvégezhetők. Ezek a kézieszközök olyan hosszú és vékony nyéllel ellátott ollók, fogók, preparáló horgok, szervek eltartására szolgáló, a testüregben legyezőszerűen széttárható lapocok, szívó-öblítő csövek, kapcsolók, stb. melyekkel a nyitott műtétekhez hasonló biztonsággal operálhatunk. A vég kialakítása az elvégzendő feladat szerint nagyon sokféle lehet.



5.12. ábra. Néhány manipulátor végződés formája.

A kézi oldal kialakítása leggyakrabban olló vagy gyűrűs fecskendő formájú, mert ezek jól foghatóak és vezérelhetők. A manipulátor szára gyakran hajlékony kialakítású, mert így a merev és a hajlékony endoszkópok munkacsatornáján is átjuttatható.



5.13. ábra. Endoszkóp munkacsatornájaiba bejuttatott manipulátor.

- c) **Inszuflátor:** A test szervei közül a legtöbb természetes állapotban egymásra simul, ami az üreges szerveknél is igaz. Az ilyen szervek megtekintéséhez, vagy operálásához a területet előzetesen ki kell boltosítani. Ennek gázzal történő megoldására szolgálnak

az inszuflátor eszközök. E célra a széndioxid (CO<sub>2</sub>) és a dinitrogén-oxid (N<sub>2</sub>O) gáz a legelterjedtebb. Az alkalmazott nyomás nem haladja meg a 30 mmHg értéket. A gáztérben a nagyfrekvenciás vágás esetén füst is keletkezhet, ezért a gázt nem csupán befűjják, hanem cserélik is.

- d) **Fényforrás:** Mint a diagnosztikai készülékeknél, úgy itt is nagy fényerősségű, jó színvisszaadású megvilágításra van szükség, amely viszont nem tartalmazhat infravörös, melegítő hullámhossz tartományt. Ennek biztosítására szolgálnak a hidegfényforrásnak nevezett, külső fényforrások, melyeknek fényét üvegszál köteg vezeti be a megvilágítandó területhez.
- e) **Videoprocesszor, monitor, külső kamera:** A műtéti területen végzett műveletek megtekintését az endoszkóp végén található parányi videokamera teszi lehetővé. Az orvosi tevékenység közben a megvilágítás erőssége és a fényviszonyok gyakorta megváltoznak, melyet a kamerának továbbra is színhelyesen kell monitoroznia. Erre szolgál a kamerát vezérlő videoprocesszor egység, melynek kimeneti jelét szintén nagyon jó színvisszaadású és színegyüftfutású monitor jeleníti meg. A kamera jeleit vezethetik video felvevő készülékre is, amely dokumentálja a műtétet. Ennek egy kiegészítő egysége lehet a műtétet kívülről felvevő, külső kamera is. Az orvos jobb térlátásának elősegítésére léteznek két látószögből képet adó sztereo kamerás endoszkópok is.
- f) **Szívó, öblítő pumpa:** Egyes endoszkópos beavatkozásoknál folyadékkal töltik fel a területet, melynek áramoltatását a kiegészítő pumpák végzik. A gázfeltöltéses műtét során is gyakran van szükség a terület öblítésére, a keletkező folyadékok leszívására. Erre a célra gyakran használnak integrált külső készüléket, amely az endoszkóp csatornáin keresztül valósítja meg az aktuális feladatot. Olyan megoldások is léteznek, ahol egyetlen nyomógomb állásainak vezérlésével válthatók a szívó, öblítő funkciók. Az öblítés egy külön kategóriája az endoszkóp kamerájának tisztítását szolgáló vízsugár adagolása.
- g) **Nagyfrekvenciás sebészeti vágó:** Az endoszkópos sebészet elterjedten alkalmazza a villamos árammal működő nagyfrekvenciás sebészeti vágás, koagulálás technikáját. A legfontosabb szempont, hogy a vágás jól meghatározott helyen történjen, elkerülve más területek megsértését. Erre használhatnak monopoláris technikát, amely húr, hurok, vagy félhurok huzal mentén végzi a vágást, a neutrális elektródot pedig a testfelszínen helyezik el. Ilyenkor az áramnak szívkerülő útvonalon kell haladnia. A bipolaris technika alkalmazásánál - ahol csipesz vagy olló által összefogott részen történik a behatás - nem kell testfelszíni elektród. A villamos vágás előnye, hogy lehetséges egy kevert üzemmódnak nevezett beállítás használata, amikor gyorsan váltogatják a nagy energiájú vágó és kisebb energiájú vérzéscsillapító áramot, így vérzés nélküli vágás valósítható meg. A vérzéscsillapító üzemmód önállóan is beállítható, de ekkor nagyobb felületű elektród használatos.

Újdonságként jelent meg egy elektromos, lokális szövetroncsoló eljárás, ahol a vágásnál kisebb frekvenciával és energiával melegítik a szövetbe szúrt elektródok közötti részeket, annak elhalását okozva.

- h) **Lézer generátor:** A lézer fényének fotonjai nagy energiát képesek a testbe juttatni, melynek hőhatása beállítástól függően vérzéscsillapító vagy szövetroncsoló lehet. A merev endoszkópokban a fénysugarakat tükrök segítségével lehet vezetni. Ekkor bármely lézerfény alkalmazható. Rugalmasabban használhatóak a hajlékony üvegszálakban vezetett lézerfénnyek, melyek hajlékony és merev endoszkópokba egyaránt bevezethetők, de sajnos a szálon vezetésre nem minden lézerfény alkalmas.
- i) **Ultrahang generátor:** Elsősorban laparoszkópos technikában alkalmazható az ultrahangos generátorral vezérelt sebészeti vágó, amely olló vagy csipesz, esetleg kampó kialakítású. A mintegy 40-50 kHz frekvenciájú rezgések 75 µm amplitúdójú mozgást hoznak létre a végződésben. Ez szépen vág, de a keletkező hőhatás miatt koagulálni is képes.



5.14. ábra. Ultrahangos endoszkópos olló (Olympus).

A testben keletkező kövek roncsolására a mechanikus, drótos aprítókön túl alkalmazhatóak az ultrahangos kötőre eszközök. A munkacsatornába vezetett rudat 20-40 kHz frekvenciájú ultrahanggal rezgetik, amivel a hólyagkövek porlaszthatók el.

- j) **DVD felvevő, nyomtató, archiváló, külön szerver:** A videokamera által szolgáltatott jelek ma már számos platformon rögzíthetők, visszajátszhatóak, akár nyomtathatóak. A műtét dokumentálására speciálisan kialakított szoftverek kaphatóak, melyekkel a video felvételen kívül további adatok rögzíthetők, vagy azonosítók, kommentek fűzhetők. A biztonságos adattárolás és adatkommunikáció megvalósítására önálló, speciális szerver is beszerezhető.

### 5.3.5. Endoszkópok orvosi alkalmazási területei.

Az **urológia** az endoszkópia legrégebbi területe. Itt használták az eszközt legkorábban, a húgyhólyag tükrözésére (citoszkópia). A citoszkóp szárból, munkaeszközből és optikából áll. A szár mérete 16 - 21 Ch. (5,3...7,0 mm átmérőjű). Egy ilyen citoszkóp, kiegészítve a munkaeszközzel, uréter-katéter bevezetését is lehetővé teszi. Az esetleg szükséges terápia 21...26 Ch. méretű (általában ovális) citoszkóppal végezhető el. A húgykövek szétaprítására különféle fogók állnak rendelkezésre, a keletkező darabokat pedig a száron át szívják le. -

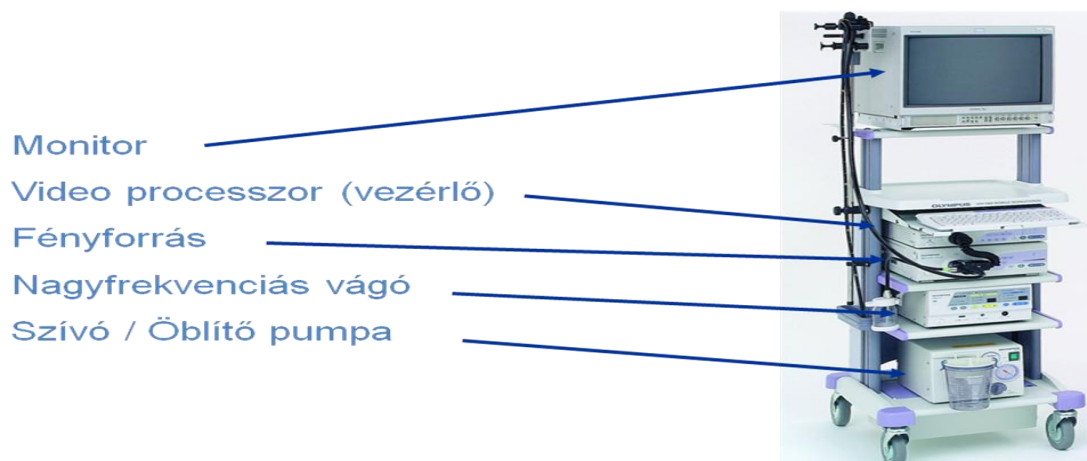
További terápiás alkalmazás a tumor-rezekció, valamint a nagyfrekvenciás vágóval feldarabolt prosztata-darabkák eltávolítása a munkacsatornán keresztül. (Az utóbbinál elektromosan nem vezető, steril folyadékot áramoltatnak át a hólyagon, a műtét teljes tartama alatt.)

Tipikus sebészeti alkalmazás az **artroszkópia**, a térdízület sebészete. Egyik artroszkópon át fiziológiás oldatot áramoltatnak, a másik munkacsatornáján át juttatják be a sebészeti eszközöket (ollókat, fogókat, stb.), hogy a meniszkusz környezetében lévő levált vagy sérült szöveteket, csontdarabkákat el tudják távolítani.

A **gasztroenterológia** az endoszkóp egy másik változatát, a laparoszkópot alkalmazza. Ezzel lehet tükrözni a hasüreget, mindenekelőtt a májat. E beavatkozás során alkalmazzák a hasüreg feltöltését az enyhe fájdalomcsillapító hatást kifejtő  $N_2O$ -val, vagy  $CO_2$ -vel. A feltöltést az inszuflátor végzi, amely képes fenntartani a hasüreg megkövetelt túlnyomását. - A gasztroenterológiai traktus egyéb részeit (nyelőcső, gyomor, bélrendszer) többnyire hajlékony endoszkóppal vizsgálják. Ezeken a helyeken ugyanis szükség van az endoszkóp mozgékonyására és a hajlékonyságára.

A **végbél vizsgálatát** a merev rektoszkóppal szokás végezni. A cél itt elsősorban a polipok felfedezése. A rektoszkóp szerves része a fényforrás. A tubus hossza kb. 30 cm, szokásos átmérője 21 mm.

A **nőgyógyászatban** általánosan alkalmazzák mind a laparoszkópot, mind pedig a hiszteroszkópot, az utóbbit a méhüreg vizsgálatára. Az optikai vizsgálaton túl használják az eszközöket biopsziára és vérzéscsillapításra is (koaguláció



5.15. ábra. Endoszkópos torony kiegészítő részeivel.

- Ezen a szakterületen gyakran alkalmaznak laparoszkópia során lézert is, elsősorban YAG-lézert (hullámhossz: 1064 nm), valamint  $CO_2$ -lézert (hullámhossz: 10.600 nm). A lézersugarat a munkacsatornán át vezetik be és az endoszkóp végére fókuszálják. A laparoszkóp - kiegészítő feltétellel - petesejt nyelésére is alkalmas a petevezetékéből.

Endoszkópot kiterjedten alkalmaznak az **orr-fül-gégészetben** és más területeken is.

A hagyományos feltárással végzett műtétekhez képest az endoszkópos sebészet egyik legnagyobb kihívása, hogy a manipulációkat egy irányból, egy tengely menti mozgási lehetőség mellett kell elvégezni. E kötöttség leküzdésére, a műteti terület körüli mozgási szabadságfok növelésére a több tengelyű műteti megoldásokat alkalmazzák.

### **Több tengelyű laparoszkópia.**

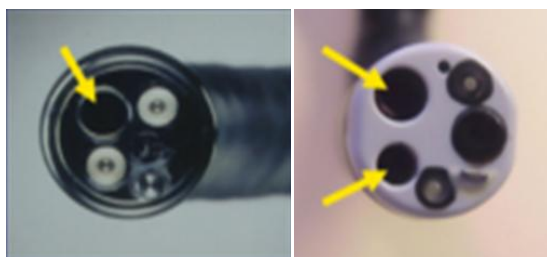
A több tengelyű laparoszkópia alkalmazásánál lehetőség nyílik arra, hogy a trokáron bejuttatott eszközök kis ívű forgatással és le-fel mozgással segítsék a minél jobb pozicionálást. A különböző irányból a műteti területhez juttatott eszközök együttműködése jelentősen növeli a hatékonyságot.



5.16. ábra. Többtengelyű laparoszkópos beavatkozás.

### **Többtengelyű hajlékony endoszkópia.**

A szokásos hajlékony endoszkópokban egy munkacsatorna van, melyen keresztül bevezethetők a manipulátorok. Ez egy tengelyt eredményez, amely irány az endoszkóp végének hajlítási lehetőségével változtatható. A beavatkozásban egyszerre egy műszer tud részt venni. Ez nagyon speciális eszközöket kíván meg az olyan összetett feladatoknál, mint a varrás, lefejtés, szétválasztás stb.

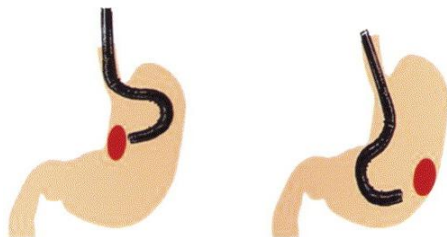


5.17. ábra. Egy munkacsatornás és két munkacsatornás hajlékony endoszkóp végződése.

A helyzeten nagyságrendi javítást jelent a két munkacsatornás endoszkóp, amely már eszközök együttműködését tudja magvalósítani, jelentősen növelve a műveletek szabadságfokát.

A hajlékony endoszkópos technika szabadságfokának további növelését jelenti a többszörösen hajlítható végződés, amely a munkaterület jobb szögéből való megközelítést teszi lehetővé.

Az endoszkóp törzsrésze ugyanis felveszi a természetes testcsatorna irányát és ehhez képest válik lehetővé a végződés további irányba állítása.



5.18. ábra. Többszörösen hajlítható végződésű hajlékony endoszkóp.

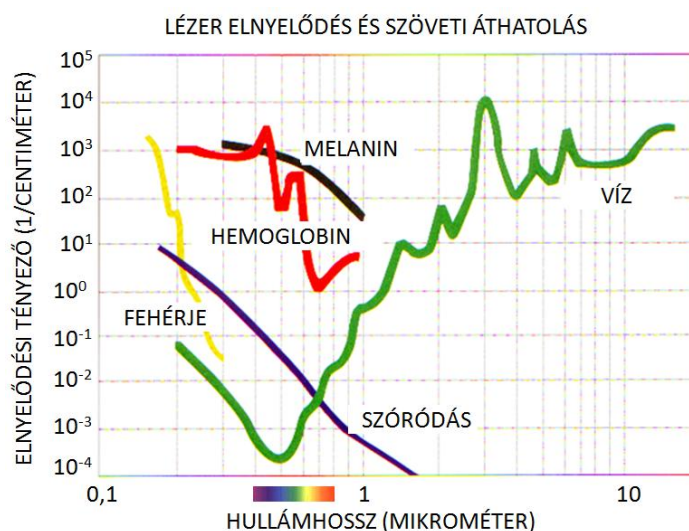
## 5.4. Lézersebészet

### 5.4.1. A fény biológiai hatásai.

A fény biológiai hatást csak abban a szövetrészben képes létrehozni, amely azt elnyeli. A fény a felületekhez érve egyrészt visszaverődik, másrészt behatol az anyagba és abban elnyelődés és szóródás során gyengül. A szóródás önmagában nem jelent energia átadást, de az átjutó fény intenzitását csökkenti. A fiziológiai hatásokat a fény elnyelt része váltja ki. Az erősen elnyelő szövetekben az energiaátadás már kis térrészben megtörténik, így az energiasűrűség a térrészben nagy lesz.

### 5.4.2. A fényelnyelés színtüggése.

A fény elnyelődésének mértéke nagyban függ a fény színétől. A következő grafikon az ultrabolya, látható és infravörös tartományokban mutatja néhány jellemző szövet elnyelésének mértékét, melyet a hemoglobin piros színén mért fényelnyeléséhez viszonyítva ábrázol. Látható, hogy a rövid hullámhossz ultrabolya tartományban a szöveti elnyelés magas értékű. Az infravörös tartományban pedig a víz, illetve nagy víztartalmú szövetek erősen elnyelik a fényt.



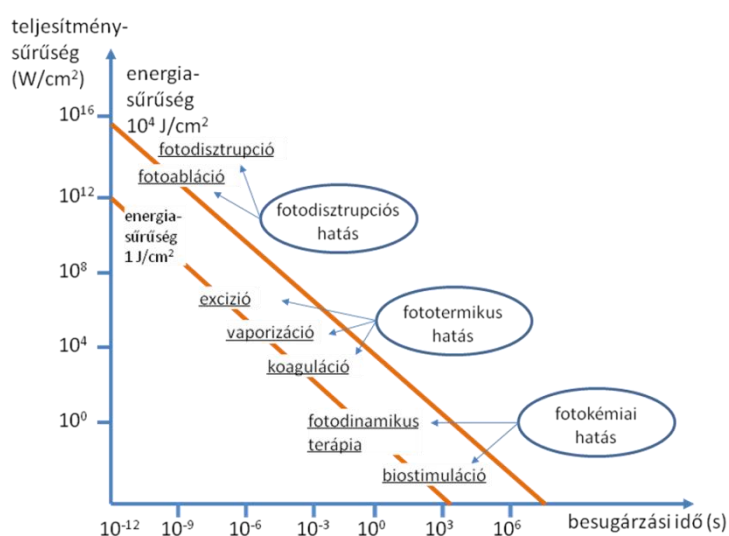
5.19. ábra. Néhány szövetféle fényelnyelésének mértéke.

A valós emberi testrészekben a szöveti anyagok keverten fordulnak elő, ezért a szöveti fényelnyelés mértékét szervrészenként is meg lehet állapítani. Ennek figyelembevételével külön meg lehet határozni például a bőr, a szem, a belfelszín stb összetett elnyelését különféle színeknél.

A fény elnyelt fotonjai energiát adnak át az élő szöveteknek, melyből többféle terápiás hatás alakulhat ki. A kisteljesítményű energiaközléskor fellépő fotokémiai hatások közül felsorolásszerűen említünk meg néhányat: fotogerjesztés, fotoaktiválás, fotokemoterápiás hatás, fotorezonancia, fotomechanikai hatás, biostimuláció, membrántevekenység változás, enzimműködés változás stb.

### 5.4.3. A fénnel kiváltott hatások teljesítményfüggése.

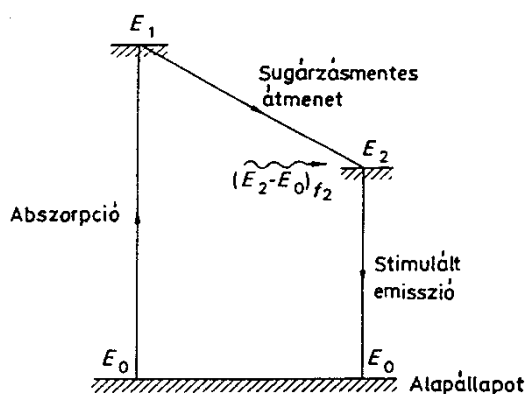
A fénnel kiváltott hatások az elnyelt energia teljesítményétől is függenek. A nagy teljesítmény azt jelenti, hogy az energiát már kis idő alatt is át tudja adni a szövetnek. Ennek függvényében az egyre intenzívebb energiaközlés a szövetekben egyre drasztikusabb hőhatásokat képes kiváltani. A hatást az is befolyásolja, hogy a közölt energiamennyiség mekkora felületen oszlik meg.  $1 \text{ W/cm}^2$  teljesítménysűrűség alatt a hőhatás elhanyagolható és a fotokémiai hatások érvényesülhetnek. Az  $1.000\text{-}100.000 \text{ W/cm}^2$  feletti elnyelt fénysugárzások már jelentős melegedést tudnak létrehozni, amely a fehérjék kicsapódását (koaguláció), a víz elpárolgását (vaporizáció), a víz robbanásszerű eltávozását (excízió) képesek okozni. A  $10.000.000 \text{ W/cm}^2$  teljesítménysűrűség felett már a kémiai kötések szétesnek (fotoabláció,  $n \cdot 1.000 \text{ }^\circ\text{C}$  felett) vagy az anyag plazma állapotba kerül (fotodisztrupció,  $n \cdot 100.000 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Ekkora teljesítményt többnyire nem a  $\text{cm}^2$  nagyságú felületen, hanem pontszerű területen, illetve térrészben hozzák létre, általában fókuszálás segítségével, lézersugarakkal.



5.20. ábra. A kiváltott hatások különböző teljesítmény-sűrűségeknél.

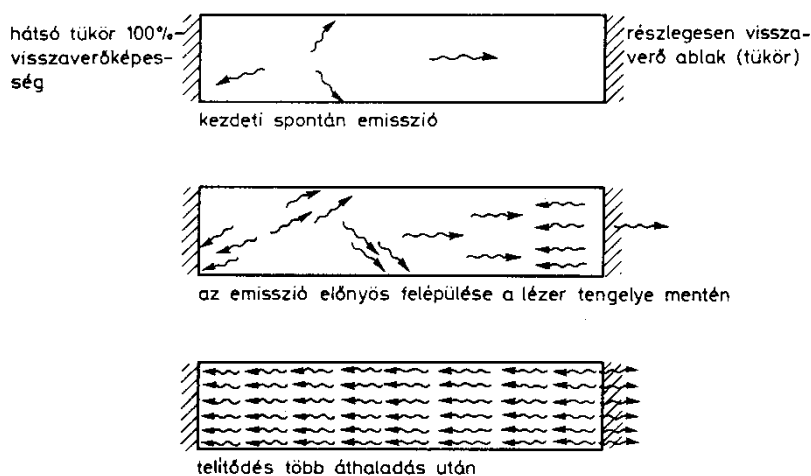
### 5.4.4. Lézer sugárzók.

A LASER szó a Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation szavak kezdőbetűiből alakult ki. Magyar nyelven megengedett a lézer szó használata. A lézer egy speciális lumineszcensz fényforrás, gerjesztéseként számos energiatípus szolgálhat: villamos tér, rádiófrekvenciás besugárzás, kémiai reakció, külső fény stb. A lézeraktív anyag a gerjesztés után nem adja le azonnal a foton, hanem egy ideig tárolja az annak megfelelő energiát, hogy aztán majd valamikor spontán kibocsássa. Ebben az átmeneti időben egy pontosan ugyanilyen energiaszintet képviselő, és már elindult foton ebből a várakozó állapotából kibillentí az anyagot és a foton leadás azonnal megtörténik. Így már két foton megy tovább.



5.21. ábra. Az atom elektronhéjainak energiaszintjei lézeres indukáláskor.

A hatás erősíthető, ha az áttetsző lézeraktív anyagot két tükör közé helyezik, és a fotonok ezek között oda-vissza tükröződve újabb és újabb fotonokat visznek magukkal. Az így keletkező fényt úgy lehet kinyerni a tükrök közül, hogy az egyik tükör kissé átereszt, így a fény egy része kijut. A nem a tükrök irányába elinduló spontán fotonok a hatás szempontjából elvesznek, de ez csak kis rész, mert a tükrök közötti gyors oszcilláció a legtöbb várakozó energiaszintet gyorsan aktiválja.



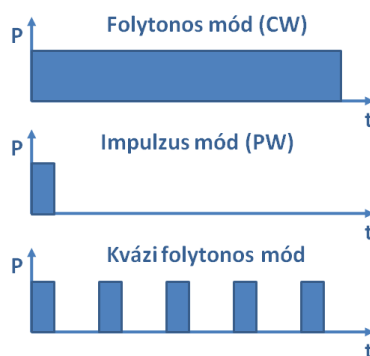
5.22. ábra. A tükrök közötti lézer oszcilláció.

A lézerek a lézeraktív anyag szerint lehetnek gázlézerek, szilárdtest lézerek, félvezető lézerek, folyadéklézerek, fémgőz lézerek, kémiai lézerek. A lézerek konkrét elnevezését leggyakrabban a lézeraktív anyag határozza meg. Ebből a szempontból kissé megtévesztő a YAG lézer elnevezés, mert ekkor a YAG (Yttrium Aluminium Granat) csupán egy üvegszerű hordozója a valódi lézeraktív anyagnak, amely ebben a hordozóban oszlik szét. A lézerek fényhatásfoka általában néhány százalék, vagy még kevesebb. Ebből kivétel a félvezető lézer, amelynek hatásfoka az 50%-ot is elérheti.

A lézerek fénye kimondottan egyszínű, ezért kiválóan fókuszálható. A lézerfény lehet folytonos, de leginkább az impulzus üzem a jellemző. Az impulzus üzem rövidege a

femtosekundum ( $10^{-15}$  s) tartományt is elérheti. A kis idők tartományában a technológia az ablációs és disztrupciós energiák kibocsátását is lehetővé teszi.

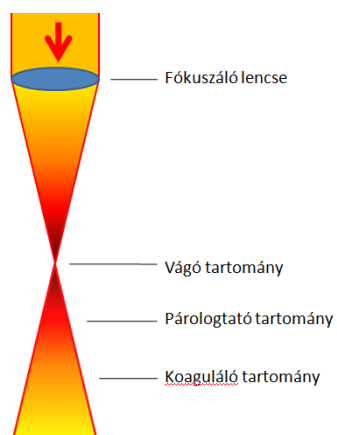
Az intenzitás megítéléséhez szükséges megkülönböztetnünk a fénysugárzás időbeliségét is. Ezt gyakran hívják üzemmódnak is. A folytonos üzemmódban (CW, Continuous Wave) a fény sugárzása folyamatos. Impulzus módban (PW, Pulse Wave) a fény csupán rövid ideig jön, majd viszonylag hosszú szünet következik. Kvázi folytonos üzemmódban a fényimpulzusok között viszonylag rövid idő telik el.



5.23. ábra. Fényforrás üzemmódok.

#### 5.4.5. Sebészeti lézerek.

A sebészeti lézerek teljesítménytartománya olyan nagy, hogy ekkor a biostimulációs hatás teljesen elhanyagolható. A megvilágított felület vagy átvilágított szövet a benne elnyelt fényenergiától melegedni fog. A melegítés a bevitt energiamennyiség függvényében lehet koaguláló, párologtató, robbantó. Mindezt parányi rétegekben, térrészekben kell értelmezni. Mindemellett a hatás lehet szelektív, amikor egyes szövetek a fényt átengedik - tehát bennük hatást nem vált ki, más, mélyebben elhelyezkedő szövet pedig elnyeli - abban hatás lép fel. Lényeges szempont a fénysugár vezetése. Tükörrel valamennyi lézersugár irányítható, de ez az orvosi mozgás és célzás szabadsága miatt bonyolult, mozgatható karban vezetett tükörrendszert eredményez. Egyes színek 0,2 – 1 mm átmérőjű, hajlékony üvegszálon is vezethetők. Ezeket hajlékony endoszkópokba vagy közvetlenül emberi nyílásokba, csatornába is fel lehet juttatni és a végükön sugározzák le az energiát. Külső beavatkozásoknál a teljesítmény szabályozás egyik praktikus módja a fókuszálás változtatása. A lencsével fókuszált nyaláb a fókuszban olyan erős, hogy energiája a nagyon intenzív melegítéssel parányi gőzrobbanásokat hoz létre, ami szinte eltünteti a helyéről a szövetet, rétegenként. Ezt húzva olyan, mintha vágna. A fókuszról távolabbi részen a melegítés ereje csupán erős hevítésre, a víztartalmú szövetek gyors elpárologtatására elegendő. A kevésbé fókuszált részen a melegítés ereje csak a fehérjék kicsapódásához, koaguláláshoz elegendő.



5.24. ábra. A fókuszálás hatása a lézerfény erősségére.

A fénnel való sebészeti használhatóság nem a lézergenerátor típusán, hanem a fénysugár jellemzőin múlik. A következőkben csupán néhány gyakori sebészeti lézer bemutatására van módunk.

### ❖ Infravörös lézerek

#### a) Széndioxid lézer (CO<sub>2</sub>)

Nem szelektív, távoli infravörös gázlézer, hullámhossza 10,6  $\mu\text{m}$ . Valamennyi víztartalmú szövetfajtát kezelni tud. Optikai karon vagy üreges üvegszálon vezethető. Behatolása 0,3 mm mélységű. Vág, vaporizál, koagulál, nincs szivárgó vérzés.

#### b) Erbium lézer (Er:YAG)

Nem szelektív, középső infravörös szilárdtestlézer, hullámhossza 2,94  $\mu\text{m}$ . Minden víztartalmú szövetfajtában nagyon elnyelődik. Optikai karon vagy merev üvegszálon vezethető. Behatolása 2-10  $\mu\text{m}$  mélységű, tehát a nagyon kis térrészben sűrűsödő energiaátadás miatt termikus abláció lép fel. Nem koagulál. Fogászati és resurfacing (kozmetikai) célra is használható.

#### c) Neodinium lézer (Nd:YAG)

Szelektív, közeli infravörös szilárdtestlézer, hullámhossza 1,06  $\mu\text{m}$ . Pigmentben, vérben erősebben nyelődik, bőr típusú szöveteken jól átmegy. Optikai karon vagy üvegszálon vezethető. Behatolás világos bőrben 4-8 mm. Vág, vaporizál, mélyebben koagulál.



5.25. ábra. Daganat nyelének lefejtése ND:YAG lézerrel a nyelv alsó részéről.

#### **d) Dióda lézerek**

Szelektív, közeli infravörös diódalézerek anyaga a Gallium (GaAlAs), hullámhossza 810 nm, valamint az Indium (InP), hullámhossza 980 nm. Tulajdonságaik a Neodinium lézerhez hasonlatosak.

#### **❖ Látható fényű lézer**

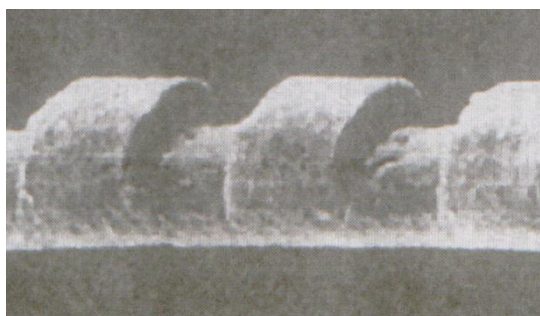
##### **Frekvencia kétszerezett Neodinium lézer (Nd:YAG, KTP)**

Szelektív, zöld színű szilárdtestlézer, hullámhossza 532 nm. Pigmentben, vérben erősebben nyelődik, víztiszta képleteken jól átmegy. Optikai szálon vezethető. Szemészeti, érsebészeti, bőrgyógyászati felhasználása elterjedt. A látható fényű lézerek igen veszélyesek a szem ideghártyájára, és végleges látáskárosodást tudnak okozni, ezért ezt a szintartományt nagy teljesítménnyel csak indokolt esetben használják.

#### **❖ Ultraibolya fényű lézer**

##### **Argon-fluorid lézer (ArF)**

Nem szelektív, távoli ultraibolya gázlézer, hullámhossza 198 nm. Eximer lézernek is hívják a gázanyagban lezajló folyamatokra utalva. Behatolása 1-5  $\mu\text{m}$  mélységű, tehát a nagyon kis térészben sűrűsödő energiaátadás miatt termikus abláció lép fel. Nem koagulál. Gyakori felhasználása a szemészeti terület, ahol a szaruhártya felszínének átformálására használják. Használata közben ózon is keletkezik.

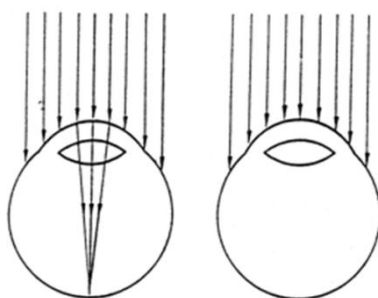


5.26. ábra. Hajszál ArF lézersugárral csíkokban végzett abláció után.

#### **5.4.6. Alkalmazási útmutatások.**

A lézerek terápiás használatánál speciális biztonsági szempontokat kell érvényesíteni a szem és a bőr védelme érdekében. A szem a látható színű fényeket fókuszáltan képes az ideghártyára továbbítani. Tág pupillánál és jó fókuszálásnál a fény erősségének növekedése elérheti az 50 000-szeres nagyságrendet. Ez már egészen kis teljesítménynél is károsító hatású lehet. Az UV és IR fények a szaruhártyában nyelődnek el, nagy teljesítménynél károsítva azt. Ezért a véletlen fénybenzés elkerülése érdekében a fényterápiás kezeléseknél védőszemüveget kell használni. A védőszemüveg mindig konkrét hullámhosszú fény csillapítására képes, ezért több készülék esetén mindig a megfelelőt kell felvenni a szobában

tartózkodó valamennyi személynek. A kezelést leszámítva közvetlenül fénybe nézni még védőszemüvegben sem szabad. A bőrre veszélyes fény károsító hatásai ellen takarással, ruhaneművel lehet védekezni.



5.27. ábra. Látható fények bejutása az ideghártyára, és az UV és IR elnyelődés a szaruhártyán.

A nagy erősségű fényt alkalmazó helyiségekben a szóródó, megcsillanó, tükröződő fény is veszélyt hordoz, ezért az eszközök és felületek mattítottak. A keletkező füst és szövetpárolgás miatt elszívásról, légcseréről gondoskodni kell.

A sebészeti teljesítménnyel működő lézerek hatékonysága az emberi szervezetre kiemelt, ezért külön szabályok vonatkoznak rá. Az alkalmazandó előírások a lézer osztályozásától függenek, melyet a fény teljesítménye ( $P$ ), expozíciós ideje ( $t$ ) és színe ( $f$ ) szerint határoztak meg 1 és 4 között. Az 1-es osztályba sorolt eszközök gyakorlatilag nem hordoznak veszélyt, míg a 4-es osztályba sorolt eszközöknél számos biztonsági előírást kell teljesíteni: figyelmeztető feliratok, védőszemüveg, védőruha, biztonsági retesz, zárható főkapcsoló, szakképzett személyzet, lézersugár-védelmi felelős szükséges



5.28. ábra. Lézersugárzás veszély jelölése és figyelmeztető felirat 4-es osztályú sugárzásnál.

## 5.5. Robotasszisztált sebészet (Műtéti navigációs rendszerek).

A robotsebészet (angolul *robotic surgery*) a sebészet egy viszonylag új ága, amely sebészeti műtéteket robotok segítségével végez. Jellemzőek még erre a módszerre az alábbi elnevezések is:

- távolból irányított, *távsebészet (remote surgery)*,
- minimális behatolást alkalmazó (*minimally invasive*) operáció, és
- emberi beavatkozás nélküli (*unmanned*) operáció,
- emberi asszisztencia nélküli, robotasszisztált sebészet.

Magyarországon elterjedt elnevezés szerint magát az alkalmazott készülékrendszert szokás **műtéti navigációs rendszernek** is nevezni.

A robotsebészet előnyei:

- a precíz kivitelezés,
- a miniaturizálás lehetősége,
- a kézi gyakorlatnál sokkal nagyobb ügyességre és pontosságra való képessége és
- az operáció közvetlen színhelyének háromdimenziós felnagyíthatósága.

Az eddig legjobban ismert sebészeti robot, a da Vinci robot gyártójának, az Intuitive Surgical cégnek az internethelye így foglalja össze a robotsebészet előnyeit:

- A szervezet megterhelésének lecsökkentése.
- Gyorsabb operáció - kevesebb vérvesztés (alig kell vérátömlesztés).
- Csökkent operáció utáni fájdalom.
- Az operáció következtében előálló fertőzés valószínűségének lecsökkenése.
- Rövidebb kórházi tartózkodás.
- Gyorsabb felépülés.
- Kisebb sebhely.

A robotsebészettel közeli kapcsolatban van a laparoszkópia (angolul laparoscopy), ami a görög eredetűnek megfelelő fordítás szerint „hasba való benézés”-t jelent. Az elnevezést azonban a minimálisan invazív sebészettel (*minimally invasive surgery*), vagy kulcslyuksebészettel (*keyholesurgery*) is azonosítják.

A sebészeti robot valójában nem igazi robot - vagyis nem végez önállóan feladatot - hanem az ipari robotkarok lehetőségeit kihasználó, **a sebész által finoman vezérelt merev endoszkóp összeállítás**. A vezérlést a monitoron látott kép alapján, több irányú mozgásra képes irányító karok segítségével végzi az operátor. A speciális endoszkóp karok végződése többfunkciósak és a végükön is több irányban képesek elfordulni.

A vezérlőpult és a beavatkozó robotkarok között nagyobb távolság is lehet. Bemutató jelleggel történt olyan műtét, ahol a robotkarok és a vezérlőpult különböző kontinensen voltak. (Ezt 2001. 09. 07.-én Dr. Jacques MARESCAUX francia orvos hajtotta végre, ez volt

az első transzkontinentális robotasszisztált epehólyag eltávolítás (cholecystectomy), New York-ból operált meg egy Strasbourgban lévő beteget. Ez a műtét a "Lindbergh Operation" névvel vonult be az orvostörténelembe.)

A **Da Vinci** névre hallgató **robot** egy számítógép által vezérelt berendezés, amely négy fő részből áll (lásd 5.29. ábra):

- az irányító, vagy vezérlő konzol, melyet a műtétet végző orvos irányít (éppen ezért nevezik sebészkonzolnak is);
- az EndoWrist nevű négykaros robot, melyen a különböző műtéti eszközök helyezkednek el, illetve a száloptika és a minikamera;
- az Insite Vision System nevű nagyfelbontású háromdimenziós endoszkóp a hozzá kapcsolódó képfeldolgozó rendszerrel, illetve
- a beteget rögzítő speciális műtő asztal.



5.29. ábra. A komplett műtéti navigációs rendszer

A műtét során az operáló orvos a 5.30. ábrán látható konzolnál foglal helyet. Ez a műtőasztaltól akár több méter távolságra is van. Az orvos a fejét előredöntve ráhajol a konzolon belül lévő megjelenítő képernyőre, amelyik a műtéti terület háromdimenziós, jelentősen kinagyított képét mutatja a robot egyik karjában lévő minikamera közvetítésével. Az előrehajolásra azért van szükség, mert a robot nem engedi, hogy a kezelőszervek véletlen megmozdítása miatt a műtétet végző endoszkópos karok nem kívánt mozgást végezzenek. Ezt úgy valósítja meg, hogy folyamatosan figyeli az orvos fejének a helyzetét és ha az orvos feláll a konzol elől, a rendszer automatikusan letiltja a karok mozgását.

**Az orvos a műtétet végző endoszkópos karokat az ujjaihoz gyűrűkkel kapcsolódó irányítókonzol segítségével, távvezérlés útján működteti.** Ennek páratlan előnye, hogy a konzolt vezérlő orvos jóval nagyobb kézmozdulatait a beteg testében működő sebészeti eszközök milliméteres és a természetes kézremegéstől megtisztított mozgulataiként követődnek le. Ez a hagyományos eljárásokkal szemben hatványozottan nagyobb pontosságot

eredményez, például nem vág el idegeket. Az irányítókonzol két kézi szabályozót és két pedált tartalmaz, amelyeknek segítségével összesen hét irányba lehet mozgatni a beteg testében lévő minikamerát és a sebészeti eszközöket.



5.30. ábra. A Da Vinci műtéti robot vezérlő egysége

Az operáló orvos szempontjából a robotasszisztált laparoszkópos sebészetnek több előnye is van:

- három (3) dimenziós sztereoszkópos látásmódot biztosít,
- az operációs látómező fix és stabil, mivel az optikákat egy minden irányban mozgatható kar pozicionálja,
- milliméternyire precíz és finom mozdulatokat lehet vele elérni (a sebész ujjainak mozgását 6-10-ed részére csökkenti le),
- szinte teljesen kiküszöböli a sebész kezének remegését, azaz tremormentes,
- az eszközök 3 tengely körül mozoghatnak, így a minden műtéti terület, még a máskülönben nehezen hozzáférhető is, megközelíthető,
- a sebész ülve, teljes komfortban dolgozik, a beteggel azonos tengelyben.

A nagy vágásokat mellőző „kulcslyuksebészet” mellett szól, hogy a beteg lényegesen rövidebb idő alatt felépül, kisebb vérvesztést szenved el a műtét során, és a kevesebb szövődmény miatt kevesebb antibiotikumra, fájdalomcsillapítóra lesz szüksége a későbbiekben. Mindez – ha áttételesen is, de – jelentősen csökkenti az egészségügyi kassza kiadásait. A műtőrobot nagy előnye, hogy a sebészi asszisztencia szerepét eljátszó robotkarok nem fáradnak el a fogók és kampók kezelésétől, szemben az emberi asszisztenciával, amelynek teljesítőképessége korlátos.



5.31. ábra. A Da Vinci műtéti robot az endoszkópos karokkal

Az operációs asztal robotjának (5.31. ábra) egy karja az optikát (a fényt vezető száloptikai rendszert, illetve a minikamerát) tartalmazza, három másik pedig az operációt végzi. Az artikulált (csuklós, minden irányban mozgatható) robotkarokat a sebész ún. kannulákon, a testbe vágott apró hézagokon keresztül vezeti be az operáció színhelyére, a beteg belső részébe. Ezek a robotkarok egy több gömbcsuklóból álló rendszerek, amelyek révén olyan mozdulatok is lehetségesek, amelyek egyébként szabad kézzel, vagy laparoszkóppal nem valósíthatók meg. A sebész három dimenzióban látja az operáció folyamatát, kézmozdulatait pedig a robotrendszer arányosítja a test nagyságához úgy, hogy a sebész kézmozdulatai mikro-mozgást eredményezhessenek. Így az orvos nagyon pontosan láthatja a különböző szövetek határait és a közöttük futó idegszálakat is. A műszerkarok végződése cserélhető – lehet például csipesz, fogó vagy szike –, műtéti beavatkozásra pedig biztonsági okok miatt csak korlátozott alkalommal használható ugyanaz az eszköz.

A robotasszisztált sebészeti beavatkozásokat világszerte mindenekelőtt rákos daganatok műtéti eltávolítása során alkalmazzák. Különösen az olyan belső szervi daganatoknál célszerű használni, mint a prosztata, a vese, a vesemedence rákos elváltozásai, de a nőgyógyászati műtéteknél is használják. Az urológiában a da Vinci robotot már rutinszerűen használják a rákos prosztata és javíthatatlanul megbetegedett vese eltávolítására, bedugult vese kitisztítására és vízholdyagabnormalitások gyógyítására.

A **nőgyógyászatban** fejlődik a robotsebészet a leggyorsabban. A da Vinci rendszert használják mind jóindulatú, mind rosszindulatú daganatok eltávolítására. Alkalmazott operációk: fibroideltávolítás, abnormális menstruáció rendezése, endometriózis, petefészekdaganatok eltávolítása, medencesüllyedés (*prolapse*) kezelése, női rákos daganatok operációs eltávolítása, méheltávolítás, méhfibroideltávolítás, és mirigybiopszia. Ezek alkalmazásával a nagyméretű nőgyógyászati operációkat a robotsebészet csaknem teljesen el fogja tüntetni.

Az 5.32. ábrán láthatjuk egy Da Vinci sebészeti robot karjainak behatolását az emberi testbe műtét során.



5.32. ábra. A műtéti robot karjai munka közben.

A klinikai vizsgálati adatok alapján a da Vinci sebészeti robot használatával nagymértékben csökken a vérvesztés – harmadára a laparoszkópiás eljáráshoz képest, és kevesebb, mint tizedére a nyílt műtéthez képest –, felére csökken a kórházban átlagosan eltöltött napok száma, de a vizeletürítési funkciók is jóval gyorsabban javulnak:

#### **A robotsebészeti eljárás előnyei:**

- ❖ A páciens szempontjából a kisebb műtéti seb okozta gyors felépülés mellett jelentős előnyt jelent a kisebb vérvesztés és a szövődmények, a fertőzés, valamint a későbbi összenövések veszélyének csökkenése.
- ❖ A kórház szempontjából a kisebb szövődmény, fertőzés illetve a minimál-beavatkozás miatt, kevesebb a kórházban töltött napok száma, és elkerülhető a sokszor milliós nagyságrendű intenzív osztályos ápolás.
- ❖ Az egészségbiztosítás szempontjából a rövidebb táppénz és gyorsabb munkába állás jelenti a berendezés pozitívumát.

A világ számos országában rohamos gyorsasággal növekszik a robotsebészet alkalmazása. A rendelkezésünkre álló adatok szerint 2011-ben az Amerikai Egyesült Államokban (USA) közel 1500 db robotsebészeti eszköz üzemelt, az Európai Unióban pedig 350 db körül (például Franciaországban 60 db, de még Ausztriában is 7 db). Ez az eszköz számos környező országban is megtalálható, Csehországban 9 db, Romániában 7 db, Szlovákiában 1 db. Ezek száma - minden valószínűség szerint – azóta is növekedett. **Magyarországon sajnos, egyelőre egyetlen ilyen sebészeti robot nincs az egészségügyi intézmények tulajdonában,**

bár az erre irányuló törekvés évek óta megvan. Ennek oka az eszköz rendkívüli drágasága. Közelítő adatok szerint, egy ilyen műtéti navigációs rendszer ára – a szükséges járulékos eszközökkel együtt – 2 millió euró körül, azaz (2015. szeptemberi árak szerint) kb. 630 millió forint körül van, éves fenntartási költsége kb. 145 ezer euró, vagyis kb. 45 millió forint (tehát a beszerzési ár kb. 7,5 %-a! Erről a költségről általában elfelejtkeznek a vásárláskor). Nemzetközi tapasztalatok szerint egy-egy műtét során elhasznált anyagok értéke 1200 euró (kb. 375.000 Ft), a műtétet végző személyzetre fordít/ható/ott költséggel együtt pedig 7000 euró (kb. 2,2 millió forint).



5.33. ábra. A Honvédkórház 2. telephelyén (volt MÁV kórházban) elvégzett műtét a Da Vinci robottal 2011. december 15-én.

Magyarországon a legelső bemutató műtétet - nem saját eszközzel, hanem kölcsönként eszközzel - 2007-ben az azóta megszűnt Telki Magánkórházban tartották, ez egy nőgyógyászati műtét volt. Majd 2009-ben szintén a Telki Magánkórházban prosztata műtétet végeztek Da Vinci robottal. Állami kórházban 2011. december 15-én dr. Kovács Gábor urológus főorvos úr a Honvédkórház 2. telephelyén (a volt MÁV Kórházban) végzett prosztata műtétet szintén bemutatóra Csehországból ideszállított robottal. Ennek a műtétnek a fényképe látható az 5.33. ábrán.

Az érdekesség kedvéért megjegyezzük, hogy kezdetben az Egyesült Államok hadserege (US Army) és a NASA, egyéb cégekkel közösen fejlesztették ki az egészségügyi robot technikát. A háborúban a legtöbb katona a szállítás során hal meg, vagyis ameddig elérnek vele az

elsődleges vagy másodlagos ellátási helyre. Olyan betegszállító járművet konstruáltak, amelyben a diagnózist, a laborvizsgálatot, az anesztéziát és a műtéti beavatkozást is robotok végzik emberi irányítással.

### **A robotsebészet korlátai.**

Sajnos a robotsebészetnek is vannak hátrányos oldalai. Említettük már, hogy a korszerű berendezés gyártása, karbantartása és működtetése sokba kerül, az eszközök működtetése pedig komplikáltabb és speciális oktatást igényel.

A műtétet végző orvosok részéről merült fel az a probléma, hogy a robotasszisztált sebészet esetében nincs taktilis (tapintási) inger, nincs visszajelzés, nyomás-ellennyomás mechanizmus, mint a klasszikus, vagy a laparoszkópos műtéteknél. Valóban a DaVinci robot egészt nagyon precíz eszköz, amivel szinte művészien lehet operálni, másrésztől pedig, ha nem hozzáértő kézben van, nagyon veszélyes eszköz és elég egy rossz mozdulat, hogy nagy hibát vétsen a sebész.

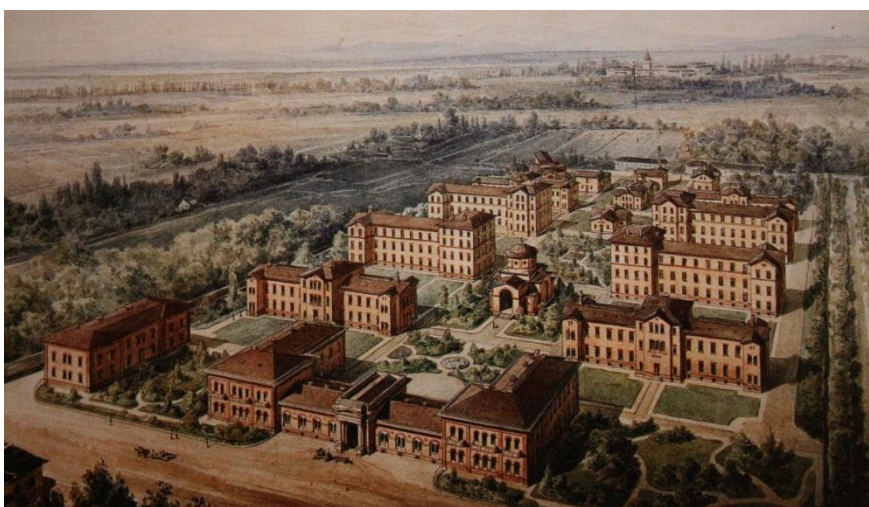
Ennek ellenére úgy néz ki, hogy ez a technika 10 éven belül teljesen átalakítja majd a klasszikus sebészetet; nálunk, Magyarországon valószínűleg később. Ezt az időt nehéz megbecsülni, mert egyelőre elterjedésének nemcsak a magas ára szab határt, hanem a magyar egészségügy jelenlegi fejlettségi és szervezési állapota is.

A jövőben a robotsebészet is a miniaturizálás irányában halad. Az Egyesült Államokban a *University of Nebraska Medical Center* (a nebraskai egyetem orvosi központja) a szervező centruma a sebészek és műszermérnökök közötti együttműködésének ezen a területen, az izraeli Hebrew University kutatói pedig olyan miniatűr robotokkal kísérleteznek, amelyeket a vérkeringési rendszerbe lehet átnavigálni.

## 6. Milyen legyen a 21. század kórháza?

### 6.1. Az újkor kórházainak kialakulása – röviden.

A 19. században és még a 20. század elején is épült kórházak nagy része **pavilonos elrendezésű**, azaz a különböző osztályok, vagy több osztály is együtt külön-külön épületben helyezkedtek el az összes gyógyászati kiszolgáló egységgel együtt. Vagyis például külön vizsgáló-, kezelő- és műtőhelyisége volt a sebészetnek, külön vizsgáló-, kezelő- és műtőhelyisége a nőgyógyászatnak és így tovább. A megváltozott szervezési, betegellátási igények, a gyors fejlődésnek indult technológiák miatt ez a megoldás a 20. század közepére már teljesen elavult és korszerűtlen lett. Ennek ellenére Magyarországon még ma is számos ilyen kórház működik kisebb-nagyobb átalakításokkal, de lényegében változatlan kivitelben. (Ilyen például Budapesten a Szent István kórház /lásd: 6.1. ábra/ és a Szent János kórház.)



6.1. ábra. Az 1885. augusztus 5-én megnyílt Üllői úti Új kórház, mely 1894-ben vette fel Szent István nevét. (A festmény eredeti, az 1800-as évek végéről származik.)

Helyébe lépett a 20. század elején a **tömbkórház** elrendezés, amikor az összes orvosszakmai egység egy épületben helyezkedik el. Az egyes ápolási osztályok általában külön-külön emeleti szinteken vannak, de még hozzájuk tartoznak a vizsgáló-, kezelő-, és műtőhelyiségek is. Az ilyen elrendezésű kórházakra jellemző a magas emeletszám és nagy, akár többezres ágyszám is, ezek az úgynevezett mamutkórházak. A 6.2. ábrán egy észak-amerikai kórház fényképe látható, nem éppen barátságos kinézetű. Magyarországon főleg vidéken találhatók ilyen kórházak (például Ajkán).

A 20. század második felében egyre inkább az üzemszervezési koncepciók kerültek előtérbe. (Nem véletlenül nevezzük mi ezt „kórházüzem”-nek!) Ez azt jelenti, hogy nemcsak a beteg ellátásának megszervezéséhez szükségesek a korszerű üzemgazdasági alapelvek, hanem az egész kórház működésének felépítése is ettől függően alakul ki.



6.2. ábra, New York Hospital - Cornell Medical Center, 1932.

Ez az elképzelés abból indult ki, hogy az azonos betegellátási funkciókat (például: a diagnosztikai vizsgálatok sorrendjét, vagy a műtétek megszervezését a célszerűség (és a szükség!) szerint, valamint a gazdaságossági szempontok figyelembe vételével kell megszervezni. Ezért mind a diagnosztikai vizsgálatokat, mind a műtéteket célszerű egy közös központból irányítani, illetve végezni. Ebből kiindulva, az orvosi ellátási funkciókat és az ápolási (illetve betegelhelyezési) funkciókat külön választották. Így alakultak ki az úgynevezett **centrális elhelyezésű kórházak**, ahol a diagnosztikai és terápiás (műtéti) tömb egy külön épületben (az úgynevezett „lepény-szárnnyban”) van és a betegek állandó tartózkodására egy úgynevezett „hotel-szárnny” épült. Ez az úgynevezett „**hotel-kórház**”. Ilyen például a kiskunhalasi kórház is Magyarországon, lásd a 6.3. ábrán.

A hotel-kórház esetében a betegek elhelyezésére egy magas (több emeletes) épület szolgál, ahol a különböző szinteken, az egyes kórházi osztályoknak megfelelően (vagy a legkorszerűbb elképzeléseknek megfelelően, úgynevezett „mátrix-rendszerben”) helyezik el a betegeket, biztosítva számukra a „hotel”-szolgáltatást, vagyis a 2-4 (esetenként egyágyas) szobákat, mindegyik szoba esetében a külön fürdőszobát, vagy mosdási lehetőségeket, valamint egységenként (osztályonként) a közös étkezési (társalgási, TV-nézési stb) lehetőségeket. A mindennapi orvosi tevékenység (alkalomszerű vizsgálat, kezelés stb.) az osztályon történik, de a differenciált vizsgálatok (röntgen, labor, kardiológiai, légzésfunkciós, stb) és a műtétek, valamint a műtét utáni utógondozás, illetve rehabilitáció már külön épületszárnnyban történik, amelyik közvetlen módon csatlakozik a hotel-szárnnyhoz.



6.3. ábra. Semmelweis Kórház, Kiskunhalas, 1974.

Ez a leány-épület (mivel magassága általában csak 3-4 emelet) az úgynevezett diagnosztikai és terápiás terület. Ehhez csatlakozhat még a járóbetegek ellátására szolgáló épülettömb, illetőleg a sürgősségi ellátás céljaira szolgáló helyiségek is. A kórház egyéb épületei (igazgatás, irodák, gazdasági és műszaki ellátás) valamilyen módon, de szoros összeköttetésben ehhez a két főépülethez csatlakoznak.

## 6.2.A 21. század kórházának kialakítási szempontjai.

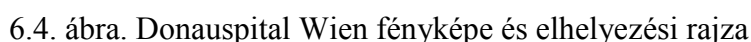
A mai, korszerű kórházak építése már az 1980-as évektől kezdve megkezdődött. Ezeknek alapelve: az **„ember-központúság”**. Ez két vonatkozásban is értendő:

1. legyen meg minden feltétel és körülmény a „gyógyító ember”, az orvos tevékenységéhez,
2. ugyanakkor a „gyógyuló ember”, a beteg is „jól” érezze magát a kórházban, számára is biztosítsuk mindazokat a lehetőségeket, amelyek a gyógyulásához és a komfort-érzetéhez szükségesek.

Figyelembe véve az előzőekben említett kórház típusok előnyeit és hátrányait, eszerint az elv szerint csökkenteni kell az épületek magasságát, ugyanakkor meghagyva mind a gyógyító egységek, mind az ápolási egységek elkülönülését, valamint biztosítani kell nemcsak a megfelelő közlekedési lehetőségeket, hanem a kiszolgáló egységek optimális megközelíthetőségét is.

A betegosztályok is több épületben helyezkedhetnek el, közöttük pedig pihenőparkok létesíthetők. Ezek az úgynevezett **„stuktúrált kivitelű” kórházak**, amelyek úgy épülnek fel, hogy egy nagyméretű, tágas fogadóépülethez egy első hosszú folyosón keresztül csatlakoznak a gyógyító tevékenység végzéséhez szükséges központi orvosi egységek épületszárnyaként elhelyezve; míg az ezeket a hátsó oldalukon összekötő folyosó másik oldalán vannak a





Az gyógyító részlegekhez tartoznak az ambuláns vizsgáló és kezelő helyiségek, a központi diagnosztikai épületszárny, esetleg külön épületszárnyba telepítve a képalkotó diagnosztikákat: röntgen és CT osztályok, ultrahangos vizsgáló helyiségek, MRI, PET-CT, gamma-kamera, SPECT, esetleg a sugárterápiás készülékek (lineáris gyorsítók) is stb.; valamint a korszerű műtőblokkok is (ezekben esetenként 6-12, vagy még több műtőhelyiség is lehet!) és a központi intenzív osztály. További központi egységek, osztályok is kapnak helyet: központi laboratórium, központi steriliző. Ezen az oldalon kerülhet elhelyezésre a központi igazgatás is: igazgatóság, adminisztratív osztályok (részlegek), könyvtár, előadó termek stb. Többnyire a fogadóépületben, vagy ahhoz legközelebb helyezik el a központi gyógyszerterát és egyéb, a betegek kiszolgálását elősegítő helyiséget, részleget.

A hátsó, széles központi folyosó oldalán helyezkednek el a kórtermek 3-4 épületszárnyba csoportosítva. Ezek a kórtermek már 2-3-4 ágyasak, sőt mindenhol van az elkülönülést (vagy elkülönítést) lehetővé tevő egyágyas kórterem is. A kórtermek mindegyike külön-külön fürdőszobával, W.C.-vel rendelkezik és ezek a mozgássérültek számára is megközelíthetők. Az osztályon, vagy részlegen biztosítani kell az étkezéshez, társalgáshoz, látogatók fogadásához szükséges helyiségeket is. Természetesen, közvetlenül a betegek közelében vannak a nővérszobák, az osztályos kezelő, a gyógyszer és a textíliák elhelyezésére szolgáló raktár is.

A folyosó vége felé külön épületben, vagy az alagsorban, netalántán az épületek legfelső szintjén található a műszaki ellátást biztosító egységek is. Ezeknek az épületeknek a magassága általában 3-4 emeletet érhet csak el. (A nagyon magas, sokemeletes kórházak esetén probléma adód/hat/ott a tűzvédelemmel, részben ezért is volt indokolt az épületek magasságának csökkentése, másrészt pedig a betegek komfortérzetének sem voltak megfelelőek a nagyon magas emeletek.)

A kórház telepítésével szemben ma már elvárás, hogy lehetőleg az ellátandó lakosság települése/i/ének központjában legyen, jól megközelíthető helyen, ugyanakkor megfelelő távolságra a nagyforgalmú, zajos helyektől és megfelelő zöld terület (pihenőpark) is legyen a kórház területén. Biztosítani kell mind a dolgozók, mind a betegek, illetőleg látogatók számára a megfelelő parkoló helyet is. Egy ilyen kórház kapacitása 500-800 ágy között célszerű, ma már kerülendők a több ezer ágyas elhelyezések. Ebben az esetben is a kiszolgáló személyzet (orvosok, ápolók, műszaki, gazdasági, adminisztratív dolgozók, kisegítők, örök stb) létszáma is megközelíti a több száz főt.

Ilyen „álom-kórház” legcélszerűbben úgynevezett „zöldmezős” beruházásként építhető fel, azonban manapság (és főleg Magyarországon) legtöbbször az elavult, nem ritkán több, mint 100 éves építésű kórházak átalakítása van napirenden, ahol a fenti (csak nagyvonalakban említett) követelmények megvalósítása számos nehézségbe ütközik. Ilyenkor csak a célszerű kompromisszum segíthet, de nem szabad elfelejtkezni arról, hogy mindig „a beteg érdeke az elsődleges”, még a rendelkezésre álló pénzügyi lehetőségek előtt is!

### **6.3. Az „ember-központú” kórházzal szemben támasztott követelmények.**

Soha nem szabad elfelejteni, ezért minden esetben szem előtt kell tartani, hogy miért jön létre a gyógyító intézmény. A megváltozott egészsége miatt gyógyításra szoruló beteg ellátása a legfontosabb cél. Ezekben az épületekben a betegellátást, gyógyítást, ápolást végző egészségügyi szakemberek dolgoznak, akiknek ez a munkahelyük. Akár a beteg, akár a dolgozók igényeit nézzük, mindenképpen jogos igény és elvárás, hogy ezek az épületek komfortos, ergonomikus és humánus környezetet biztosítsanak, ezzel jelentős mértékben elősegítve a beteg ember közérzetének javítását. A munkahelyi környezet ergonomikus, racionális és komfortos kialakítása részben a munka hatékonyságát képes elősegíteni, részben pedig a dolgozók hangulatát javítva járul hozzá az eredményes, hatékony gyógyításhoz. A munkahelyi környezet megfelelő kialakítása munkaerő megtartó, munkaerő vonzó hatása egyre fontosabb szemponttá válik, hiszen jelenleg világszerte jellemző a szakemberhiány.

#### **a) A betegek és látogatók oldaláról nézve:**

Mindig az első élmények a legmeghatározóbbak, ezért már épület külső megjelenése, a bejárat vonzó és barátságos megjelenése is fontos.

A bejáratához kapcsolódó fogadó tér (porta, információ, várakozó helyiségek stb.) legyen barátságos, tágas; a falak, a padozat is színes, tagolt és legyen benne a várakozáshoz szükséges pihenő tér is, kényelmes székekkel, asztalokkal, esetlegesen kisebb zöld növényekkel, virágokkal. Nagyon fontos, hogy az épületbe belépők gyorsan tudjanak tájékozódni: mit merre találnak, hol kapnak útbaigazítást, merre van a betegfelvételi recepció, információs pult, hasonlóan a szállodákhoz. A kórházba érkező „beteg”, de a látogató is legtöbbször feszült, szorongó lelkiállapotban van, mindenképpen már az első benyomások is legyenek megnyugtatóak. A bejáratnál legyen kellően részletes felvilágosító, útbaigazító felirat, térképes magyarázatokkal, hogy az érkező mit hol talál meg és ez egyúttal adja meg az elintézéshez szükséges sorrendet is. Célszerű a különböző épületek, osztályok, vizsgáló helyiségek, irodák helyét jól látható módon, akár színekkel is megkülönböztetni. Már a bejáratnál gondolni kell a mozgássérültek, látássérültek, hallássérültek igényeire s annak megfelelően kialakítani a közlekedő részeket (folyosókat, lépcsők helyett lifteket, fal melletti fogódzkodókat stb.).

A tágas előcsarnokban legyenek a betegek és látogatók igényeinek megfelelő helyiségek: gyógyszertár, újságos és könyves kiosk, kis bolt a legszükségesebb élelmiszerek és higiéniai eszközök árusítására, fodrász, pénzfelvételre alkalmas bankautomata. Célszerű valahol központi helyen biztosítani egy imatermet is, ahol a különböző vallású betegek (ha járóképes állapotban vannak) lelkiismereti igényeinek is eleget tudnak tenni. Hasonló módon nem árt, ha van egy nagyobb terem is, ahol bármiféle összejövetelt lehet tartani akár a betegek, akár a látogatók, akár a kórházi személyzet számára.

Nem elhanyagolható a tiszta, higiénikus mellékhelyiségek állapota sem, főleg azokon a részekén, ahol nagyszámú személyi forgalom van. Észrevételeink szerint a magyarországi kórházakban ezekkel eddig mindig több probléma akadt.

Ma már egy korszerű kórházban a betegek elhelyezésére, ápolására szolgáló kórtermek is kényelmesek, jól szellőztethetők, ha ez szükséges légkondicionáltak legyenek. A betegek számára mindig megfelelő hőmérsékletet kell biztosítani, télen is kellemes meleget, de nyáron is kellemes hőérzetet. Fontos hangsúlyozni, hogy nem csak a téli hideg ellen, hanem az időnként egyre nagyobb nyári meleg elleni védelmet egyaránt biztosítani kell. Ennek nem csupán a légtechnikai rendszerek kiépítésével, hanem építészeti megoldásokkal is eleget lehet tenni (megfelelő hőszigetelés, árnyékolók, stb.). A betegszobák fala is lehet színes, meleg színekkel kifestve (nem kell „kórházi fehérnek” lenni!), egy-egy szép kép, fénykép is hangulatos lehet. Célszerű a 2-3-4 ágyas szoba, ennél nagyobb már ne legyen, de az elkülönülés, vagy elkülönítés számára egyágyas szobáknak is kell lenni. Minden szobához külön fürdőszoba, külön W.C. tartozzon.

Minden osztályon legyen a betegek részére külön társalgó szoba, ami egyúttal étkező is lehet. Ha csak a beteg állapota az állandó fekvést nem indokolja, lehetőséget kell biztosítani számára rövid sétára, társalgásra más betegtársaival, de – ha ezt igényli – az egyedüllétre is (például ülve olvasson kényelmes fotelban világos helyen). Nagyon sok esetben a betegek egy része igényli a kórházban is a „munkát”, ami ma már a számítógépek (lap-topok, notebookok, okos telefonok” stb) világában szükségszerű is lehet. Ehhez is a megfelelő körülményeket biztosítani kell.

*Biztosítani kell* a betegek számára családjukkal, ismerőseikkel való kapcsolattartást is, azaz a közvetlen telefonálás lehetőségét is. Manapság, szinte mindenki rendelkezik mobiltelefonnal, tehát ez a kérdés inkább az, hogy ezek használatával ne zavarja sem a betegtársait, sem pedig a kórház egyéb információs rendszerét. – Ugyanakkor az ágyban fekvő betegnek is feltétlenül biztosítani kell az esetlegesen felmerülő problémák (rosszullét, információkérés stb.) esetén a nővérrel, vagy orvossal való azonnali közvetlen kapcsolattartás lehetőségét. Ezt oldják meg a „nővérhívó rendszerek”.

#### **b) A kórházi személyzet szükségleteinek megfelelően.**

Az „ember-központúság” gondolata az egészségügyi személyzet (orvosok, ápolók) körében mindig is megvolt, hiszen nekik minden munkájuk, törekvésük a beteg ember meggyógyítása és ez határozza meg tevékenységük lényegét is. Ennek érdekében tesznek meg minden tőlük telhetőt. Célszerű azonban, ha ebbeli munkájukban a külső tényezők is támogatják, segítik őket. Ezt jelenti az ő esetükben az „ember-központúság” gondolatának érvényesülése, amelyik az alábbi módokon nyilvánulhat meg:

- munkakörülményeik, azaz a gyógyító, illetve ápolási tevékenység keretei a legszorosabban igazodjanak tevékenységük céljához: a beteg emberek egészségügyi ellátásához; ennek megfelelően kell kialakítani, célszerűvé és kellemessé tenni a kórház épületeit, szobáit, gyógyító és ápolási helyiségeit;
- munkájukhoz elegendő számban kell biztosítani a szükséges orvostechikai eszközöket és minden egyéb olyan eszközt, amelyek még szükségesek ehhez;

- a kórház menedzsmentjének olyan módon kell megszervezni munkamenetüket, hogy ez hatékonyan segítse elő a gyógyító, illetve ápolói tevékenységüket.

A kórházak tervezése, kialakítása során a korszerű építési elveket, lehetőségeket, belső elhelyezési megoldásokat kell létrehozni. Ezt szolgálja a 6.2. fejezetben már említett „stukturált kivitelű” elrendezés is, vagyis célszerűen és gondosan kell elhelyezni a gyógyítás céljaira szolgáló helyiségeket, a betegelhelyezési helyiségeket (betegszobákat) és az üzemi helyiségeket is. Vizsgálni kell ezek egymásközi kapcsolatait is és biztosítani kell a legrövidebb utakat az egymással való kapcsolattartás során. Erre jó példa az a kórházépítési mód, amikor gyakorlatilag egy fedél alatt van minden terület, de mégis egymástól elválasztva. Külön épületszárnyban vannak a diagnosztikai és terápiás kezelő egységek, külön épületszárnyban a központi orvosi egységek, rendszerint külön épületszárnyban a központi képalkotó egységek (vagy a diagnosztikai egység földszintjén, esetleg az alagsorban), s – természetesen – külön épületszárny/ak/ban a betegosztályok, de ezeket széles, világos, jól járható folyosók, vagy zárt terek kötik össze. Ebből a szempontból az egyes funkciók külön-külön való elhelyezése nem célszerű. Vonatkozik ez nemcsak a gyógyító helyiségek és a fekvőbeteg ellátó egységek egymásközi közvetlen kapcsolatára, de az irodák, a műszaki és üzemi helyiségek megközelítésére is. – Nagyon fontos dolog egy kórházon belül az egyes személyek különböző mozgási lehetőségének figyelembe vétele, vagyis a különböző útvonalak biztosítása. Így beszélhetünk a betegek és látogatók útvonaláról, az egészségügyi személyzet útvonaláról és a különböző szállítási útvonalakról, különös tekintettel a steril anyagok és a piszkos anyagok, vagy hulladékok szállításának külön választásáról.

Hasonló módon kórházi személyzet szobái (orvosi szobák, nővérszobák) is egy kényelmes, barátságos „munkahely” benyomását kell, hogy keltsék, ahol a fáradtságos munkájuk után rövid pihenőre, vagy éppen az adminisztratív feladataik elvégzésére térhetnek. A nővérdolgozók pedig a szükséges munkának megfelelő bútorokkal, ergonómiaiilag is tökéletes székekkel legyenek felszerelve.

Egy korszerű kórházban nemcsak a kivitelezést illetően kell a legújabb, legcélszerűbb elveket megvalósítani, hanem a legkorszerűbb eszközökkel is kell dolgozni, azaz gyógyítani. Az orvostechikai eszközök az elmúlt 25-30 év során is óriási fejlődésen mentek át. Általában egy orvostechikai eszköz erkölcsi elavulási ideje 7-10 évre tehető, műszaki használhatósága pedig nem haladhatja meg a 15 évet (rendszeres karbantartás mellett!). (Ennek ellenére Magyarországon nagyon sok kórházban még 25-30 éves eszközök is üzemben vannak!) Nyomatékosan szeretnénk kiemelni, hogy az orvostechikai eszközök (definícióját lásd a 2. fejezet 2.9. pontjában!) gyártására és kereskedelmi tevékenységére, de még – jónéhány eszközcsoport esetében – az időszakos (1-3 éves) ellenőrzésére is jogszabályok vonatkoznak. Ez jelenleg (2015 nyarán) a 4/2009. (III. 17.) EüM rendelet, amelyik az Európai Unió 93/42/EEC számú, az általában az orvostechikai eszközökre vonatkozó direktíváját és az Európai Unió 90/385/EEC számú, az aktív beültethető eszközökre vonatkozó direktíváját honosította meg egy, közös rendeletben. Ez a rendelet egyúttal közli az orvostechikai eszközök úgynevezett kockázati osztályba való sorolását is, ami alkalmazásuk szempontjából a veszélyességi fokozatoknak felel meg.

Az orvosok általában mindig a legkorszerűbb eszközökkel szeretnék dolgozni, hiszen az mindig jobb és hatásosabb, mint egy régebbi. A korszerű eszközök azonban többnyire drágábbak is, tehát sok esetben gazdaságossági megfontolás tárgya lesz egy-egy új eszköz használatba vételének lehetősége. Az előző, 4. és 5. fejezetekben említettük már, hogy éppen – a tanulmányunk tárgyát képező - legkorszerűbb képalkotó eszközök és a műtéti robotok (műtéti navigációs rendszerek) beszerzési ára jócskán meghaladja a 100 millió forintot is. Ennek ellenére a jövő kórháza, a 21. században már nem nélkülözheti ezeket az eszközöket! Ezért ezekkel mind a tervezés, mind a kivitelezés, de az üzemeltetés során is számolni kell. Az „ember-központúság” szempontjához ez is hozzátartozik!

Ugyanakkor ezeknek a nagyméretű, súlyos és speciális kialakítású, valamint sugárzás elleni védelmet is biztosító képalkotó orvostechikai eszközöknek (CT, MRI, PET, SPECT) a telepítése is különleges építészeti követelményeknek kell hogy megfeleljen. Ezeket az eszközöket nem lehet csakúgy egy régi kórház valamelyik szobájába betelepíteni. Megfelelő alapozás és tágas munkaterületek, valamint betegvárók, öltözők szükségesek hozzá. Vagyis a korszerű egészségügyi technológia alkalmazása befolyásolja ezen intézmények tervezési, kialakítási folyamatát is.

Hasonló módon a korszerű sebészeti eljárások (endoszkópok alkalmazása, műtéti navigációs rendszerek alkalmazása) megvalósítása ma már csak a több műtőhelyiséget is tartalmazó „műtőtömbökben, műtőblokkokban” történik. Ezek a műtőblokkok speciális elhelyezést, egyes részei steril körülményeket, a műtőhelyiségek különleges mikroklimát stb követelnek meg. Ez újabb kihívást jelent a mind a tervezés, mind a megvalósítás menetére. Az egészségügyi technológia elemei nem hagyhatók figyelmen kívül az ilyen egységek telepítésénél.

Az eddigiekben felsorolt infrastrukturális (építészeti, elhelyezési) és korszerű eszközellátottsági követelmények biztosítják csak a 21. század kórháza működési feltételeit, ily módon megfelel az „egészségügyi technológia” fogalmának (lásd 2. fejezet 2.6. pontot!) Vagyis a korszerű egészségügyi technológia fejlődése feltétlen kihatással van az egészségügyi létesítmények (kórházak, klinikák, szakrendelők, diagnosztikai és terápiás központok stb.) tervezésére és létrehozatalára.

Az informatika rendkívül gyors fejlődése a 20. század vége felé nem hagyta ki a kórházakat sem. Már a 70-es, 80-as években kialakultak az úgynevezett kórházi információs rendszerek (KIR), amelyek egy kórházon belül egységes adatszolgáltatást biztosítottak, első sorban a betegek adatainak felvételével, tárolásával és a szükséges helyeken való rendelkezésre állásával. A röntgen technikában kialakult a PACS rendszer.

A kórházi, egészségügyi informatika is gyorsuló fejlődésnek indult a XX. század végétől. Ma már a képalkotó berendezések digitális technológiát alkalmaznak a képek előállítás és feldolgozása során, szinte teljesen kiszorítva a korábbi korszakban alkalmazott filmes technológiát. De nem csak a képalkotó diagnosztika, hanem szinte valamennyi diagnosztikai és terápiás elektromos eszköz valamilyen digitális intelligenciával rendelkező „számítógépként” működik. Az eszközök azon túl, hogy egyre nagyobb mértékben képesek a megbízható és biztonságos munkára, egyre több adatot is képesek átadni a kórházi

informatikai rendszerek felé. Ezen adatok és a betegek személyes adatai társíthatóak, létrejönnek az elektronikus betegdokumentációk, leletek. Ezeket az adatokat a Kórházi Informatikai Rendszer (KIR) segítségével lehetséges kezelni, a betegjogok természetesen betartásával. Ezekből az adatokból később könnyen elkereshetőek a beteg ellátásával kapcsolatos korábbi leletek. A betegellátás finanszírozásával kapcsolatos adatokat is ezen rendszerből lehetséges kigyűjteni. Ha pedig az egyes intézmények között közvetlen, vagy közvetett adatkapcsolat is létezik, akkor az intézményközi információ-áramlás is biztosítható.

A mai egészségügyi intézmények nem képzelhetők el kiterjedt IT hálózatok nélkül. Jól felépített struktúra szükséges, amelynek központjában a szerver helyiségben elhelyezett központi számítógép áll. Az egyes orvosi és gazdasági, igazgatási munkahelyeken pedig a hálózatra kapcsolódó számítógépeken, illetve a szintén hálózatra csatlakozó diagnosztikai eszközök működnek. Ma már nem kizárólag a vezetékes adatkapcsolat van jelen a hétköznapiakban, hanem a vezeték nélküli megoldások egyre nagyobb térhódítását is tapasztalhatjuk.

A múlt század kórházaiban sok esetben az egyes osztályok vezető főorvosai és orvosai maguk szervezték meg a gyógyítási folyamatot, az egyes gyógyítási helyek, például műtők kihasználtságát. Ma már ez nem megy! Éppen az előzőekben is említett rendkívül drága orvostechikai eszközök jobb kihasználtsága érdekében csak egy központi szervezésű kórház tud hatékonyan üzemelni. Hozzá kell szokni ahhoz is, hogy a központi radiológián egy CT, vagy MRI a nap 20-22 órájában is dolgozik (a maradék néhány óra pedig a rendszeres karbantartás ideje), a műtőblokk üzemeltetési ideje is elérheti a 12-16 órát, tehát az egészségügyi személyzet létszámát megállapítani, a munkájukhoz szükséges helyiségeket ennek megfelelően kell megtervezni és kihasználni. A jövő kórháza már valóban „kórházüzem”, ahol az üzemgazdaságossági elveket, szempontokat és szervezési elveket kell megvalósítani!

A kórházi üzem fenntartásához hatalmas segítséget jelentenek a távfelügyelet adta lehetőségek. A gépészeti, elektromos, biztonsági, stb. rendszerek kivétel nélkül képesek digitális információkat adni és fogadni, így az üzemvitel is felügyelhető és működtethető korszerű informatikai megoldások alkalmazásával.

#### 6.4.A sürgősségi ellátás fejlődésének hatása a kórházak kialakítására.

A 20. század második felére erőteljesen fejlődött a motorizáció az utakon és ez magával hozta a balesetek számának növekedését is. Azaz egyre több baleseti sérültet kellett a kórházakba szállítani. Mindezek mellett a korszerű diagnosztikai és terápiás lehetőségek megnövelték az akut szív és érrendszeri katasztrófák túlélési esélyét, amely azonban csak jól felszerelt, jól szervezett kórházi betegellátó egységben lehetséges. A kórházak nagy része pedig nem volt erre felkészülve, vagy a megfelelő képzettségű szakorvos hiányzott, vagy - ami még gyakoribb volt - a megfelelő műszaki háttér, vagyis az egyre modernebb orvostechikai eszközökkel nem rendelkezett a kórház. - De ugyanakkor a háztartásokban alkalmazott eszközök miatt is növekedett a váratlanul, hirtelen fellépő kisebb-nagyobb balesetek száma, amik azonnali orvosi beavatkozást kívántak meg. - Az emberek is egyre „betegségtudatosabbak” lettek, azaz jobban figyeltek egészségi állapotukra és az esetleges kisebb-nagyobb rosszulletek esetén is már kórházba igyekeztek megelőzni állapotuk romlását, így például szívinfarktusra, vagy sztrókra utaló jelek esetén is. - Növekedtek az úgynevezett „civilizációs betegségek” is, mint például a cukorbetegségek, vagy az asztma, allergia. Ezeknél is fellép/het/ett hirtelen rosszullet, roham, ami azonnali orvosi segítséget igényelt. Mindezek indokolták a 20. század végére a „sürgősségi ellátás” megvalósításának fontosságát.

A **sürgős szükség** fogalmát az Egészségügyi törvény (Eütv) 3.§. i) pontja a következőképpen definiálja: „az egészségi állapotban bekövetkezett olyan változás, amelynek következtében - azonnali egészségügyi ellátás hiányában - a beteg közvetlen életveszélybe kerülne, illetve súlyos, vagy maradandó egészségkárosodást szenvedne.”

A **sürgősségi ellátás** pedig nem más, mint a sürgős szükség fennállásának megállapítására irányuló vizsgálatokat, valamint a sürgős szükség elhárító beavatkozásokat magában foglaló egészségügyi szolgáltatás. (2006. évi CXXXII: törvény 1.§. (2) bekezdés h) pontja).

Az aktív fekvőbeteg-ellátásra engedéllyel rendelkező egészségügyi szolgáltató

- a heveny tünetek, vagy sürgősségi ellátást igénylő kórkép miatt előre nem tervezett felvételre jelentkező,
- vagy előzetes szakorvosi vizsgálat nélkül jelentkező,
- vagy beszállított beteg fogadására

**sürgősségi betegellátó osztályt** köteles kialakítani a szakmai minimumrendelet (Szmr.) 2. mellékletében meghatározott „*sürgősségi betegellátó egységben szervezett szakellátás*” minimumfeltételei alapján, vagy beteg-fogadóhelyet a minimumfeltételek alapján.

A sürgősségi betegellátó fogadóhelyet könnyen megközelíthető helyen kell kialakítani. Ez elsődlegesen az utcafronthoz, a bejáráshoz közel, de a sürgősségi osztály (SBO)-hoz legközelebb, fedett, zárt helyen történjen. Az SBO-ról a központi diagnosztika (radiológia, laboratórium, stb.), a központi műtőblokk és a központi intenzív osztály, valamint a többi betegellátó osztály jól megközelíthető helyen legyen.

Rendelkeznie kell:

- fedett mentőkocsi beálló hellyel,
- külön ambuláns bejáróval,
- éjszakai üzemre alkalmas helikopter leszállóhellyel az I. progresszívítási szint esetén elérhető módon, a II. és III. progresszívítási szint esetén közvetlen közelben (ez a rendelkezés csak 2016. január 1-től kötelező),
- kocsitároló helyiséggel,
- a fogadó helyiségben diszpécser pulttal,
- triage (ejtsd: triázs) vizsgáló helyiséggel.

A triage (ejtsd: triázs) gyors betegosztályozást, diagnosztikát jelent, egy olyan értékelési rendszer, amelyben a betegeket állapotuk súlyossága szerint osztályozzák. A triage elsődleges célja a gyors osztályozás, a fontossági sorrend megállapítása, az eredmény pontossága másodlagos.

Eredetileg három (3) kategóriát állapítottak meg:

1. akik az ellátástól függetlenül valószínűleg életben maradnak,
2. akik az ellátástól függetlenül valószínűleg meghalnak,
3. akiknél az azonnali beavatkozás életkilátásaikra pozitív hatással van.

A modern kórházi triage rendszerek több kategóriára bontják az ellátandó betegeket. Az Európában és Magyarországon is többnyire alkalmazott kanadai CTAS triage skála (Canadian Triage and Acuity Scale) a sürgősségi osztályon megjelenő betegeket öt kategóriába osztja:

1. Azonnali ellátásra szoruló, újraélesztést igénylő betegek.
2. Életveszélyes állapotú betegek, 15 percen belüli ellátásra szorulnak.
3. Kritikus állapotú betegek, ellátás 30 percen belül.
4. Sürgős állapotú betegek, ellátás egy órán belül.
5. Halasztható állapotú betegek, ellátás két órán belül.

Az orvosi funkciók szerint az alábbi funkcionális egységek alakíthatók ki a sürgősségi betegellátó osztályon belül:

- a) mindhárom progresszívítási szintnek megfelelően:
  - Általános (mindenfajta sürgős eset vizsgálatára, kezelésére)
  - Gyors üríthetőség
- b) pluszként még csak a II. és III. progresszívítási szinteknek megfelelően:
  - Trauma (sérülések vizsgálatára, kezelésére)
  - Gyermek

A sürgősségi betegellátó osztályokon az alábbi speciális helyiségeket kell biztosítani:

- ❖ sokktalanító: a betegek életfunkcióinak helyreállítására szolgáló helyiség (az azonnali életveszély megszüntetésére, a keringési rendszer helyreállítására, az oxigénellátás biztosítására és a szervezet folyadék háztartásának ellátására),
- ❖ traumatológiai (baleseti sebészeti) betegellátó helyiség,
- ❖ gipszelő,

- ❖ elkülönítő helyiségek: gyermekek, zavart tudatú betegek, fertőző betegek és halottak részére,
- ❖ fektető (megfigyelő) kórterem ápolói pulttal: azon betegek részére, akiknek megfigyelésére maximum 24 órán belül szükség van, azzal a céllal, hogy a beteg mely osztályra kerüljön majd a definitív (befejezett) ellátás érdekében (ennek a megfigyelő szobának az ágyszám a progresszívítási szintentől függően 4-8-16 ágy lehet és ezeknek 20 %-ának alkalmasnak kell lenni a kritikus állapotú betegek ellátására (lélegeztetés, monitorizálás, szívás).

Ezekon kívül szükséges még:

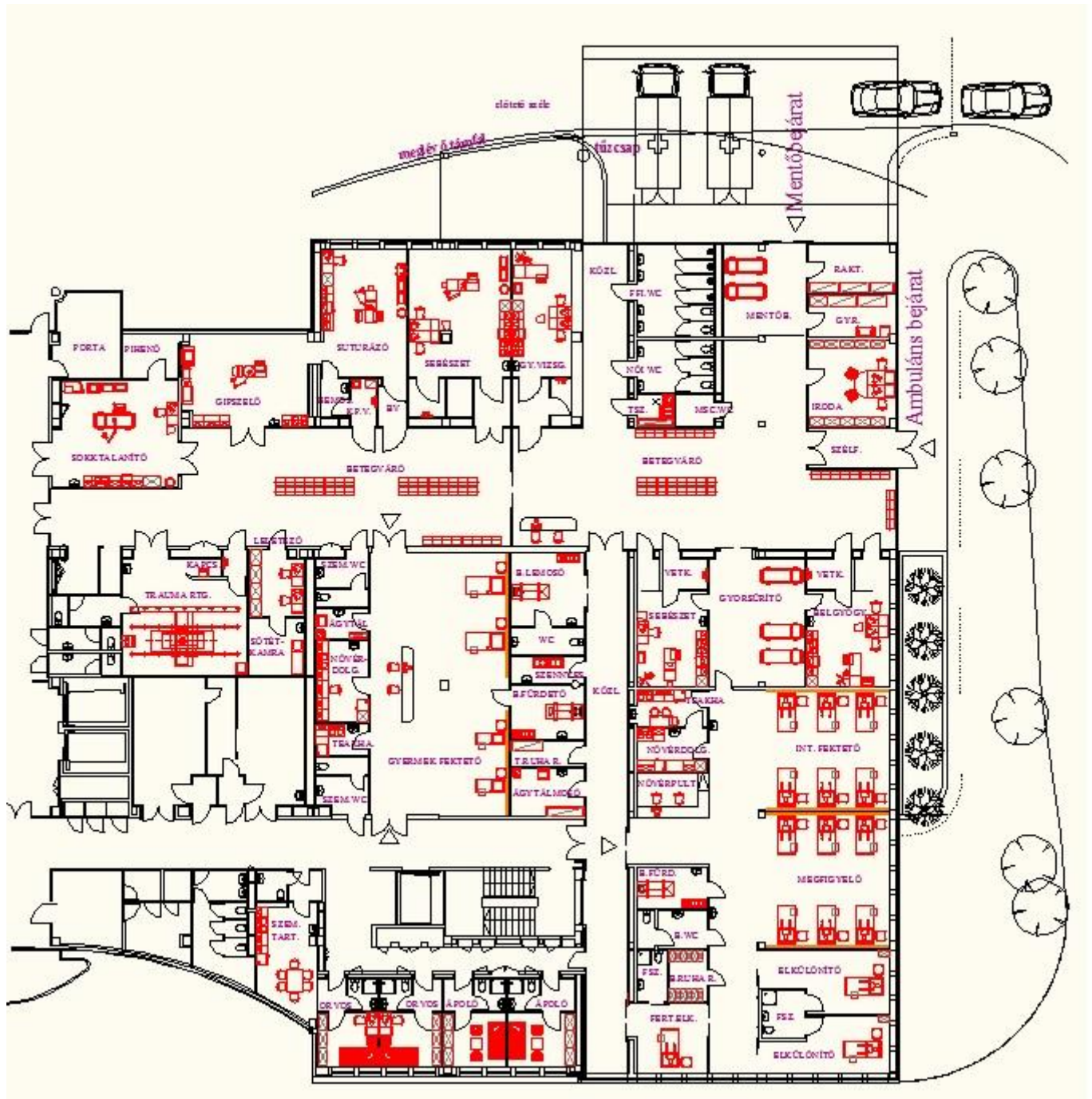
- váróhelyiség a betegek, kísérők, látogatók részére,
- felvételi irodahelyiség,
- orvosi szobák, melyek vizsgálatra és pihenésre is alkalmasak,
- nővérszobák,
- raktárak, tároló helyiségek,
- egyéb mellékhelyiségek: mosdó, zuhanyzó, W.C.

A sürgősségi betegellátó osztályokról 15-30 percen belül elérhető helyen kell lenni mindhárom progresszívítási szint esetén a következő orvosi osztályoknak: belgyógyászat, aneszteziológia, intenzív ellátás, általános sebészet, szülészeti-nőgyógyászat, röntgen, CT, UH, orvosi laboratórium. A progresszívítás magasabb szintjein további speciális orvosi osztályok elérhetőségét is biztosítani kell.

A Sürgősségi Betegellátó Osztály (SBO) tulajdonképpen önmagában is egy „kis kórháznak” tekinthető, ahol több orvosi szakterület is tevékenykedik, mint például: a belgyógyászat, sebészet, kardiológia, toxikológia stb.

Az egészségügyi technológia rohamos fejlődése erre a szakterületre megkívánja a célnak leginkább megfelelő építészeti kialakítást, és a legkorszerűbb orvostechikai eszközök alkalmazását, mivel elsődleges cél a betegek azonnali ellátása, esetlegesen életveszélyes állapotának megszüntetése, és állapotának stabilizálása.

A 6.5. ábrán látható tervrajz magyarázata: Az ábra jobb felső sarkán van a mentőbejárat, kicsit lejjebb, a kép jobb szélén pedig az ambuláns betegek bejárata. A bejáratától mindjárt balra található a felvételi iroda és a bejáratnál egyvonalon, hosszan a betegváró helyiség. Ebből nyílik a gyors vizsgáló helyiség (a képen lefelé irányban), amelynek balra van a sebészeti vizsgáló helyisége, jobbra pedig a belgyógyászati vizsgáló. Amennyiben a beteg fektetésre szorul, innen nyílik az intenzív fektető, illetve a megfigyelő szoba, további szobák pedig az elkülönítő helyiségek. Ha a beteg azonnali sebészeti kezelésre szorul, az ábra baloldali felső részén van a sebészeti vizsgáló-kezelő helyiség, mellette a gipszelő és a betegváróból nyílik még a sokkaltató helyiség. A betegváró másik oldalán található a röntgen helyiség. A betegváróból nyílik még a gyermek vizsgáló helyiség és a gyermek fektető szoba (az ábra középső részén). Az ábrán még egyéb kiszolgáló helyiségek is találhatók. Természetesen ez



6.5. ábra. Sürgősségi osztály tervrajza

### 6.5.Korszerű műtőtömbök kialakítási szempontjai.

Ha a diagnosztikai vizsgálatok a betegnél a szervezeten belüli elváltozást, vagy gyulladásos góccokat állapítanak meg, a legtöbb esetben műtetre kerül sor. Ugyanez a helyzet hirtelen bekövetkező balesetek, vagy olyan rosszullétek esetén, melyek súlyos, esetlegesen életveszélyes állapotot idézhetnek elő.

Mint azt már előzetesen, a 4. fejezetben említettük, műtétek esetén a test megnyitása útján, a szervezetben végzett „durva” beavatkozás révén történik meg a kóros elváltozások eltávolítása, vagy helyreállítása. A sebészet fejlődése során egyértelműen kiderült, hogy a műtéti beavatkozásokban az egyik legfontosabb feladat a fertőzések és a gennyesedési folyamatok megakadályozása, vagyis a kórokozók távoltartása a betegtől. Ezért a műtéteket csak szigorú higiénés követelményeknek és a biztonságos technikai feltételek mellett lehet elvégezni. A műtőhelyiségek belső területére, mind a személyzet, mind a beteg úgynevezett „zsiliprendszeren” kerülhet csak be.

Ezeknek a feltételeknek megfelelően a műtők, illetve a műtőtömbök („műtőblokkok”) elhelyezése a kórházon belül a következő feltételeknek kell, hogy megfeleljen:

- ✓ lehetőleg elzártan, a legnyugodalmasabb helyen, távol a forgalmas helyektől legyen,
- ✓ feleljen meg a legszigorúbb higiéniai feltételeknek, maga a műtőtömb, vagy műtőblokk teljesen steril részeket is tartalmaz,
- ✓ jó kapcsolatban legyen az intenzív osztályokkal, a központi sterilizációs egységgel és az esetlegesen szükséges orvosi laboratóriummal, valamint a képalkotó diagnosztikai részleggel.

A korszerű kórházakban nemcsak orvosszakmánként egyetlen műtőhelyiség, hanem több műtőegységet tartalmazó „műtőtömbök („műtőblokkok”) vannak, amelyek mindig az adott feladatnak megfelelő műtétet hajtják végre.

Az előbbieken felsorolt feltételeknek megfelelően a műtőegység legtöbbször a leányépület (hotel-rendszerű kórház esetén), vagy a különálló terápiás épületszárny felső szintjén helyezkedik el. Ez biztosítja az elkülönülést a betegforgalomtól és a látogató forgalomtól, valamint létrehozza a megfelelő higiéniai, illetőleg steril körülményeket.

A műtők *felosztása két fő szempont szerint* történik:

1. fertőzőtlenség szerint:

- aszeptikus
- szeptikus

A szeptikus műtőegységet az aszeptikus műtőegységtől teljesen elkülönítve kell kialakítani.

2. Szakmai profil szerint:

- speciális műtők (transzplantációs, égési, csontsebészeti);

- általános műtők: traumatológiai, sebészeti, belgyógyászati, urológiai, fül-orr-gégészeti, szemészeti, nőgyógyászati, ortopédiai;
- központi műtőegységen kívüli műtők:
  - szülészeti műtőegység szülőszobával
  - „egynapos” sebészet műtőegysége
  - szájsebészeti műtőegység.

**A mai korszerű műtőtömb, vagy műtőblokk több helyiséget tartalmaz:**

- fő egysége maga a műtőhelyiség, vagy műtőterem (általában minimum kettő (2) egymás mellett,
- ehhez tartozik a betegelőkészítő helyiség, amelyik maga is két részből áll:
  - ahol a betegeket ráhelyezik a hagyományos szállítóeszköztől, vagy gurulóágyról a csak a műtőben használatos szállítókocsra, vagy közvetlenül a műtőasztal cserélhető fekvőlapjára,
  - ezután a beteg bekerül az előkészítő-altató helyiségbe, ahol előkészítik a műtetre: felszabadítják ruházatától és tisztítják, fertőtlenítik a műtendő területet, majd sor kerülhet a beteg elaltatására is, ezáltal a beteg megkímélhető attól a lelki hatástól, amit a műtőhelyiség megpillantása jelenthetne,
- úgyszintén közvetlen tartozéka az orvosi bemosakodó helyiség,

Fontos! A műtőteremnek a bemosakodó helyiséggel és a beteg-előkészítővel közvetlen kapcsolatban kell lennie!

- „ébredő szoba”, vagy posztoperatív őrző szoba, ahol a beteget a műtét után néhány óra hosszat fektetik és folyamatosan figyelik életfontosságú paramétereit (ezért „őrző”, vagy „megfigyelő” szoba),
- a „nővérdolgozó”, ahol a műtéthez asszisztáló egészségügyi személyzet előkészíti a műtéthez szükséges eszközöket (ez a nővérdolgozó többnyire körbeveszi a műtőtermeket!),
- ezeken kívül szükségesek még a következő helyiségek:
  - sterilanyag raktár, közvetlen kapcsolatban a központi sterilizálóval,
  - tisztaanyag raktár,
  - gyógyszerraktár,
  - szennyes anyag-eszköz előkészítő,
  - szennyes- és szemet tároló,

- műszer-eszköz raktár.

További helyiségek:

- magába a műtőegységbe csak „zsilip”-rendszeren keresztül juthat be mind a beteg, mind a személyzet! (A „zsilipelés” azt jelenti, hogy az utcai ruhától meg kell válni és csak a műtőegységben használatos steril ruhákba kell öltözni!)
- személyzeti tartózkodók,
- ügyeletes orvosi szoba,
- adminisztrációs helyiség,
- orvosi szobák,
- mellékhelyiségek a személyzet számára: öltözők, mosdók, zuhanyzók, W.C.-k (nemenként elkülönítve)
- takarítószer és -eszköz tároló.

Egy, korábban az /volt/ Egészségügyi Minisztérium által is javasolt elrendezés látható a 6.6. ábrán. Ez az ábra a Kórház, mint műszaki létesítmény II. (2012. július) című kiadványban jelent meg (lásd: /9./ irodalom). A következőkben ennek a 6.6. ábrának a figyelembe vételével magyarázzuk el a műtőegységen belüli forgalmat.

Általános szabálynak tekinthető, hogy **a központi műtőegység „belső” területe** mind beteg, mind személyzeti, mind pedig anyag (steril és szennyes) forgalom tekintetében **zsilipes rendszeren keresztül közelíthető meg**. Az egységen belüli **általános forgalmi sémát** a 6.6. ábrán látható alaprajzi minta ábrázolja. Alapelve, hogy az egységen belül is - a lehetőségek szerint - elkülönítésre kerüljön a steril és szennyes forgalom, nem csak térben, hanem időben is.

- Betegforgalom:* A beteg a betegzsilipen keresztül – átfektetéssel - jut be a belső folyosóra, onnan az előkészítőbe, majd a műtőbe. A műtét elvégzése után szintén az előkészítőn át, a folyosón kerül a beteg az ébredőbe, onnan a közlekedőn keresztül a betegzsilipen való átfektetés után a kórház egyéb részlegeibe.
- Személyzeti forgalom:* Az orvosi személyzet a személyzeti zsilipen keresztül – átöltözés után – jut be a belső közlekedőre, onnan a bemosakodón keresztül a műtőbe. A műtét után szintén a bemosakodón keresztül a belső közlekedőn át a személyzeti zsilipben való átöltözés után jut ki a kórház egyéb területére. A nővérek és mőtősök útvonalai – mivel ők végzik az előkészítést és műtét utáni utómunkálatokat – kötetlenebbek, de a sterilítási szabályok rájuk is vonatkoznak. Lényeges, hogy időben elválasztva végezzék a steril (anyag, műszer) és szennyes előkészítő illetve utómunkálatokat.

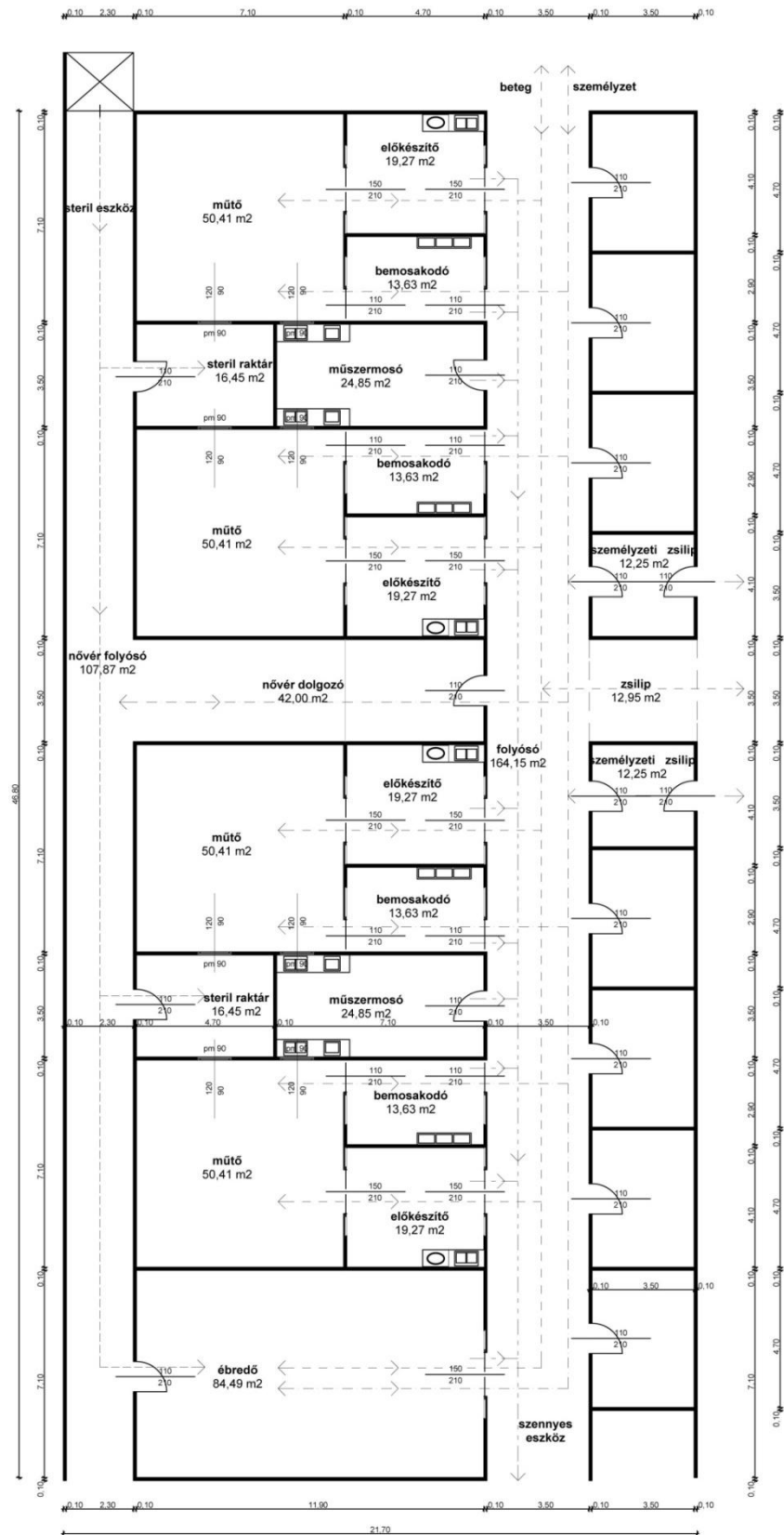
A maximális sterilitás biztosításának egyik neuralgikus pontja a központi műtőegység személyzeti WC helyiségének elhelyezése. Ennél a pontnál szembe kerül egymással a

személyzet lehető legjobb munkakörülményeinek biztosítása és a maximális sterilitás biztosításának követelménye. A probléma onnan adódik, hogy a „steril” oldalon, egész műszakot bent töltő személyzetnek, ebben az időben többször jelentkezik a biológiai szükséglete. Viszont a WC berendezés és helyiség az egyik legnagyobb higiénés veszélyforrás a kórházban, ezért nem helyezhető el a „steril” oldalon a maximális sterilitás biztosítása érdekében, így a személyzetnek minden alkalommal át - és vissza kell öltöznie ezekben az esetekben.

- c) *Anyagforgalom:* Az anyagforgalom két fő részre bontható: tiszta és szennyes forgalom. Alapvető cél, hogy mind térbelileg (építészeti-műszaki megoldásokkal), mind időben - a lehetőségek szerint - elválasztásra kerüljön a kétféle forgalom. A melléklet 6.6. ábra egy ún. „kétfolyosós” műtőegységet példáz, melyen látható, hogy a steril forgalom a szennyes forgalomtól térbelileg elválasztva, egy másik folyosón át történik. Ezen túl lehetőség van egyéb műszaki megoldásokkal is biztosítani az elválasztást. (pl. zárt szennyes gyűjtő-szállító eszközök, közvetlen felvonós kapcsolat a központi sterilizáló szennyes és tiszta oldalával). A műtőegység anyagforgalma a „külső” területekkel is zsilipes módon történik. Ez történhet szintben: átadó szekrényen vagy helyiségen keresztül (külön steril, külön szennyes), vagy felvonós kapcsolattal, ebben az esetben a központi sterilizálóban valósul meg a zsilipelés.

**A központi műtőegység a kórház leginkább „technológiai” területe, ahol elsősorban a sterilitási, higiéniai, orvos-szakmai követelményeket kell kielégíteni,** de nem szabad elfelejtkezni az ott dolgozó személyzetről, kellemes, humánus munkakörülményeiről. Egyrészt biztosítani kell az egység helyiségben a megfelelő munkavégzéshez szükséges területet, másrészt pihenő helyiséget, harmadrészt főleg a színdinamika, színharmonia eszközeivel a kellemes környezetet.

A központi műtőegység alapvetően zárt helyiségcsoport, a teljes terület a szabványban előírt frisslevegős klimatizálással és mesterséges megvilágítással készül, természetes szellőzés és megvilágítás alapvetően nem szükséges. Azonban figyelembe véve, hogy a személyzet egy teljes műszakot az egységen belül tölt, és tapasztalatok alapján egy teljesen ablak nélküli műtőegységben a dolgozók pszichés és fizikális állapotára is kihatással volt a „bezártság”-érzés, ezért célszerű a műtőegység azon helyiségeinek ablakot adni, ahol másodlagos funkciók működnek: nővérdolgozó, személyzeti tartózkodó, közlekedők.



6.6. ábra. Műtőegység vázlatos elrendezése.

**A műtőblokk az egyik legigényesebb műszer- és eszközigenyes hely egy kórházon belül.**

A műtőterem legfontosabb orvostechnikai eszközei a jelenleg hatályos „minimumrendelet”, azaz a 60/2003. (X. 20.) ESZCSM rendelet szerint:

- műtőasztal (állítható, mozgatható részekkel, vagy cserélhető felső résszel a terem közepén helyezkedik el),
- megfelelő megvilágítást biztosító mennyezeti műtőlámpa/műtőlámparendszer (a műtőasztal felett helyezkedik el, mozgatható karokkal, nagy fényerejű /akár 20-100 ezer lux is lehet!/, árnyékmentes, úgynevezett „hidegfényt” kibocsátó izzókkal)
- mobil műtőlámpa,
- mennyezeti statív (monitorok tartására, orvosi gáz és villamos hálózati csatlakozók),
- központi, vagy /esetlegesen/ egyedi orvosi gázellátó rendszer (oxigén, sűrített levegő, altatógáz, vákuum /ez nem igazi gáz, csak alacsony nyomása miatt szívási célokra használják/),
- nagysebészeti altató és lélegeztető készülék, monitorral,
- sebészeti szívókészülék, vagy központi szívó,
- műtési észlelő/őrző monitor (EKG, pulzus, vérnyomás, oximetria, légzés stb mérési lehetőségekkel),
- infúziós pumpa + állvány,
- mobil röntgen és/vagy TV képerősítő rendszer,
- nagyfrekvenciás vágó és elektrokoaguláló készülék,
- sebészeti endoszkópos torony (laparoszkóp) fényforrással, videoprocesszorral, különböző manipulátorokkal stb,
- defibrillátor,
- műszerelőasztal (ezek tulajdonképpen az orvosi kézieszközök /szike, csipesz, fogó stb/ különböző műtési eljárásokhoz csoportosítva),
- vérkészítmény tárolására szolgáló hűtő,
- vérkészítmény melegítő készülék,
- gyógyszer tárolására alkalmas hűtő,
- egyéb medikai bútorok, például műtőzsámoly, izoláló és ledobó állvány stb.

**Egy műtőblokk kialakításánál feltétlenül ügyelni kell a következő szempontokra:**

- **Fertőzés veszély:** a páciens számára a műtét fokozott fertőzésveszélyt jelent, hiszen az ép bőrfelület védő funkciója nem érvényesül a műtési területen, olyan szövetek kerülnek kapcsolatba a környező levegővel, amelyek fogékonyak lehetnek az ott előforduló fertőző ágensekre, különösen, ha olyan testüregek is megnyitásra kerülnek, ahonnan további kórokozók szabadulnak fel (pl. emésztőrendszer belső szervei). A fertőzés veszély egyaránt fenyegeti a páciens és a műtési team tagjait. Fokozattan kell ügyelni a beavatkozáshoz használt eszközök sterilitására, a műtési terület szigorú izolálására, a műtétet végzők steril öltözetére.
- **Steril légtechnika** alkalmazása: a műtőben alapvető követelmény a bejutatott levegő megfelelő mértékű folyamatos cseréje, szűrése és csírátlanítása. Erre azért van szükség, mert a normál levegőben mindig található porszemekre, mint hordozó részecskékre tapadó mikroorganizmusok a nyílt sebbel érintkezve fertőzést okozhatnak. A műtőblokk mesterséges levegőellátó rendszerében szabvány írja elő a steril klímaberendezés (SKL) alkalmazását.
- **Folyamatos energiaellátás:** a műtőblokk és ezen belül magának a műtőhelyiségnek a villamos energia ellátását folyamatosan kell biztosítani, mivel komoly veszélyhelyzet (sőt életveszélyes helyzet) alakulhat ki, ha műtét közben a fontos megfigyelő, vagy életfunkciót helyettesítő készülékek tápellátása megszűnik. A villamos energia hálózat létesítésére vonatkozó előírásokat korábban az MSZ 2040:1995 számú magyar szabvány tartalmazta, azonban ezen szabvány helyett **2015. január 1-től az MSZ MD 30364-7-710:2012 számú magyar és nemzetközi szabvány érvényes.** Ennek megfelelően **a műtőhelyiségek az új szabvány szerint 2. csoportba tartozó helyiségek (a régebbi MSZ 2040:1995 szabvány szerint: kiemelt gyógyászati helyiségek),** mert olyan helyiségek, ahol rendeltetésszerűen villamos készülékkel az emberi szervezetbe történő beavatkozás történik.

A műtőblokkon belül csak olyan villamos (elektromos) energiaellátó rendszer tervezhető, illetve létesíthető, mely az üzemi hálózat kiesése, meghibásodása esetén, önműködően (átkapcsoló automatikával) átkapcsol a tartalék hálózatra, vagy a készenlétben tartott szükség áramforrásra. Ezt a szükség áramforrást a létfontosságú berendezések energia ellátására kell méretezni a HD 60364-5-56:2010 szabvány szerint.

A táplálás egyetlen hibája esetén a 2. csoportba tartozó gyógyászati helyen, tehát a műtőhelyiségekben az energia teljes elvesztését meg kell gátolni.

Ez a következő módok valamelyikével létesítendő:

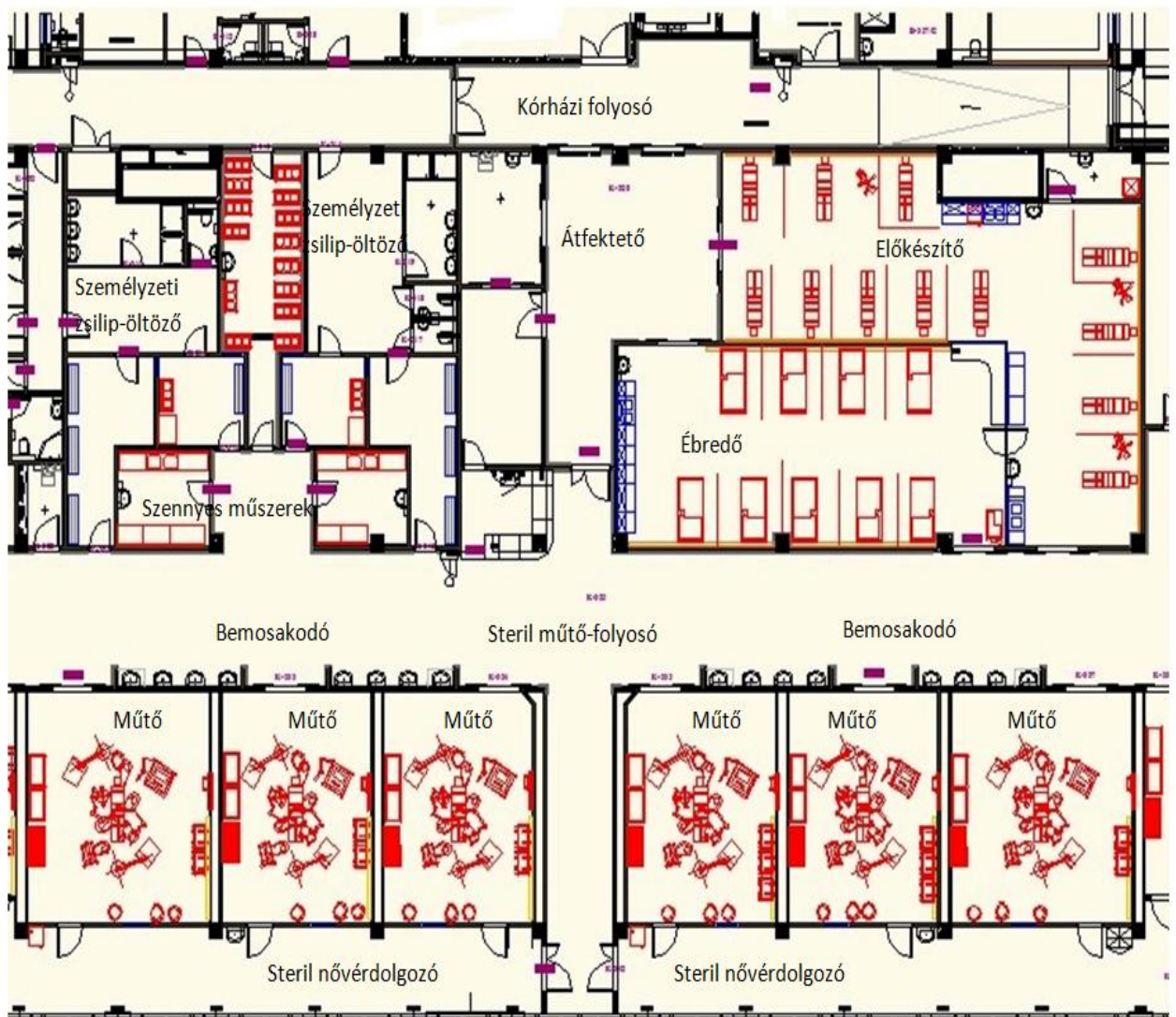
- gondoskodás két független betáplálásról; vagy
- ellátás körvezetékéről, amely képes támogatni a teljes táphálózatot, vagy
- helyi kiegészítő tápegység (aggregátor telep), vagy
- kiegészítő tápegységek különböző 2. csoporthoz tartozó helyiségekhez, vagy

- más, ezekkel egyenértékű műszaki intézkedések, amelyek biztosítják a villamos energiaellátás folyamatosságát.
- A műtőblokkon belül **elektromedikai (gyógyászati) IT hálózati rendszert** kell alkalmazni, olyan villamos orvostechnikai eszközöket és villamos orvostechnikai rendszereket tápláló áramkörökhöz, amelyek életfenntartásra szolgálnak, vagy sebészeti alkalmazásúak és más villamos készülékek is vannak a "páciens környezetben", vagy a "páciens környezetbe" bevihetőek, kivéve a 710.411.4-ben felsorolt készülékeket.
- Az azonos funkciókat szolgáló gyógyászati helyiségek minden egyes csoportja számára, legalább egy elkülönített gyógyászati IT rendszer létesítése szükséges. Az elektromedikai (gyógyászati) IT rendszert el kell látni **szigetelés ellenőrző készülékkel** (IMD), az EN 61557-8:2007 szabvány "A" és "B" Mellékletének megfelelően.  
Mindegyik elektromedikai (gyógyászati) IT rendszerhez akusztikus és vizuális riasztó rendszert kell tervezni és alkalmas helyen úgy beépíteni, hogy az az orvosi és a technikai személyzet által folyamatosan figyelhető legyen (hang és vizuális jelzések). A rendszer a következő alkotó elemekből álljon:
  - zöld jelzőlámpa a normális működés jelzésére;
  - sárga jelzőlámpa, amely akkor világít, amikor a szigetelési ellenállásra beállított minimális értéket eléri a rendszer. Ennek a jelzésnek a törlésére, vagy megszakítására nem szabad lehetőséget adni;
  - hallható riasztás, amely akkor szólal meg, amikor a szigetelési ellenállásra beállított minimális értéket eléri az IT rendszer. Ez a riasztás elnémítható.
  - a sárga fényjelzésnek meg kell szűnnie a hiba elhárítása után, és amikor a rendeltetésszerű állapot helyreáll.
- **Érintésvédelem:** a műtőblokkon belül potenciál kiegyenlítő rendszert: **EPH-t** (kiegészítő ekvipotenciális védőcsatlakozást)\* kell létesíteni és a kiegészítő védővezetőket csatlakoztatni kell az egyenpotenciálú gyűjtősinhez, abból a célból, hogy az kiegyenlítse a potenciál-különbségeket a következőkben felsorolt részek között, amelyek a "páciens környezetben" találhatóak, vagy oda mozgathatóak (\* *a zárójeles kifejezés egyes fordításokban szerepel, de azonos értelmű az EPH-val*):
  - védővezetők;
  - idegen vezető részek (nem tartoznak a "hasznos" berendezésekhez);
  - villamos interferenciás mezők elleni szűrők, ha létesítve lettek;
  - csatlakozás vezető anyagú padlózati rácsokhoz (vezetőképes padlóhoz, földelő tuskóhoz), ha létesítve lettek.
  - szigetelő transzformátorok fém árnyékolásai, a legrövidebb úton át a védőföld-vezetőig.
- Amennyiben a műtőben **lézersugárzással** működő sebészeti eszközt is használnak, az erre vonatkozó biztonsági előírásokat is be kell tartani (káros reflexiók kizárása,

védőfelszerelés, biztonsági megoldás a véletlen belépő sérülésének megakadályozására, stb.).

- **Sugárvédelem:** több olyan műtét is van, amelyek során mobil sebészeti képerősítőt, vagy akár fixen telepített röntgensugárzást kibocsájtó berendezést használnak. Az ionizáló sugárzás egészségkárosító hatásának csökkentése érdekében a fix telepítésű röntgenberendezések esetében épített sugárvédelemről kötelező gondoskodni, a többi esetben is célszerű ennek biztosítása.
- **Tűzvédelem:** tekintettel arra, hogy a műtét ideje alatt a páciens jellemzően nem képes az önálló közlekedésre, így a vonatkozó tűzvédelmi előírások mindenkor betartásával lehetséges csak műtőblokkot létesíteni és üzemeltetni. Jelenleg a műtőblokkot csak önálló tűzszakaszban lehet kialakítani.
- **Munkavédelem:** a műtét közben a személyzet többféle egészségkárosító hatásnak, veszélynek van kitéve (fertőzés veszély, vágási sérülés, altatógázok hatása, stb.) Minden ide vonatkozó általános, szakma-specifikus és helyi biztonsági és munkavédelmi előírást be kell tartani. Ide tartozik, de nem kizárólagosan a műtő helyiség megfelelő mértékű légcseréje, a szükséges mennyiségű friss levegő biztosítása.
- **Környezetvédelem:** a műtőhelyiség használatával, működésével együtt járó környezeti terheléseket is szükséges csökkenteni, kizárni. A műtőkből kivezetett levegőt úgy kell a szabadba juttatni, hogy a klímarendszeren keresztül az ne tudjon visszakérülni. A keletkezett szerv- és szövetmaradványokat, a sebészeti eszközöket fertőző veszélyes anyagként kell kezelni, a műtét során keletkezett szennyes textíliával és EH anyagokkal együtt.

A 6.7. ábrán egy több műtőhelyiséget tartalmazó műtőblokk tervrajz részlete látható. Ennek az az érdekessége, hogy az előkészítő és ébredő helyiségek több műtőt is kiszolgálnak.



6.7. ábra. Több műtőből kialakított műtőblokk részlete.

## 6.6.Egynapos sebészet („one day surgery”).

Egynapos beavatkozás: a beteg, vagy a beteg törvényes képviselőjének beleegyezésével végzett olyan tervezhető, tervezett (elektív), az egészségügyi szakellátás társadalombiztosítási finanszírozásának egyes kérdéseiről szóló 9/1993. (IV.2.) NM rendeletben kihirdetett beavatkozás, amely az orvos szakképesítése, jártassága, a kötelezően előírt és szükséges infrastruktúra, a beteg ambuláns műtéti kiválasztása és kivizsgálása szempontjainak függvényében az e célra kialakított egyéb feltételrendszerekkel működő intézményben történik. A beavatkozás után a beteg néhány órás szakfelügyeletet igényel, melyet egy ezen célra kialakított fektetőben tölt. A szükséges megfigyelést követően a beteg otthonába bocsátható. A beteg adott intézményben tartózkodása nem haladja meg a 24 órát.

Magyarországon ez az ellátási forma elterjedőben van, bár külföldön sokkal nagyobb az egynapos sebészet keretében ellátott betegek aránya, mint hazánkban.

**Az egynapos sebészet lényege**, hogy a beteg alapos kivizsgáláson esik át a műtét előtt, melyet járóbeteg-szakellátás keretében végeznek el. Ennek eredményei alapján jegyzik elő a műtétre. A műtét napján a beteget az egynapos sebészeti egységbe felveszik, a műtétet elvégzik és maximum 24 órán belül hazaengedik. Az ezt meghaladó intézményi tartózkodás esetén az ellátás nem minősül egynapos sebészeti ellátásnak.

**Az egynapos sebészeti ellátását külön jogszabályban előírtak szerint kell elvégezni**, az egynapos sebészetet pedig ennek megfelelően kell kialakítani. Az egynapos sebészeti és a kúraszerűen végezhető ellátások szakmai feltételeiről szóló 16/2002. (XII. 12.) ESZCSM rendelet jelenleg hatályos előírásai megadják, hogy a betegnek milyen feltételeknek kell eleget tennie a műtét elvégzéséhez (egészségi állapot, szociális körülmények, elérhetőség, stb.).

A rendelet megszabja azt is, hogy hol végezhető el ilyen típusú ellátás:

- szakrendelő, vagy
- fekvőbeteg-szakellátó.

A rendelet 1. sz. mellékletében a részletes **tárgyi feltételek** szerepelnek:

### 1. Helyiségek, építészeti feltételek:

- műtőhelyiség,
- átöltöző hely külön a személyzet és külön a betegek részére,
- bemosakodó,
- műszer- és anyagtároló,
- takarítóeszköz- és szeméttároló,
- tiszta és külön szennyes ruhatároló,
- szennyes eszköz-mosó, csomagoló helyiség,
- amennyiben a sterilizálás az egynapos sebészeti egységben történik sterilizáláshoz szükséges helyiség, valamint sterilizáló berendezés(ek),
- megfigyelő helyiség,

- váró,
- WC külön a betegeknek, külön a személyzetnek hideg-meleg vizes kézmosási lehetőséggel,
- ápolási eszközök tárolására és tisztítására lehetőség biztosítása,
- gyógyszerértékelés lehetősége.

## **2. Technikai felszerelések, eszközök**

## **3. Gyógyszerek, műtői textiliák, kötöző és más fogyóanyagok**

Az egynapos sebészeten belüli munkavégzést külön szabálykönyv előírásai szerint kell végezni. A Szabálykönyv a hatályos rendeletek kiegészítéseként részletesen meghatározza a szakmai, minőségbiztosítási, ellátás-szervezési kritériumokat.

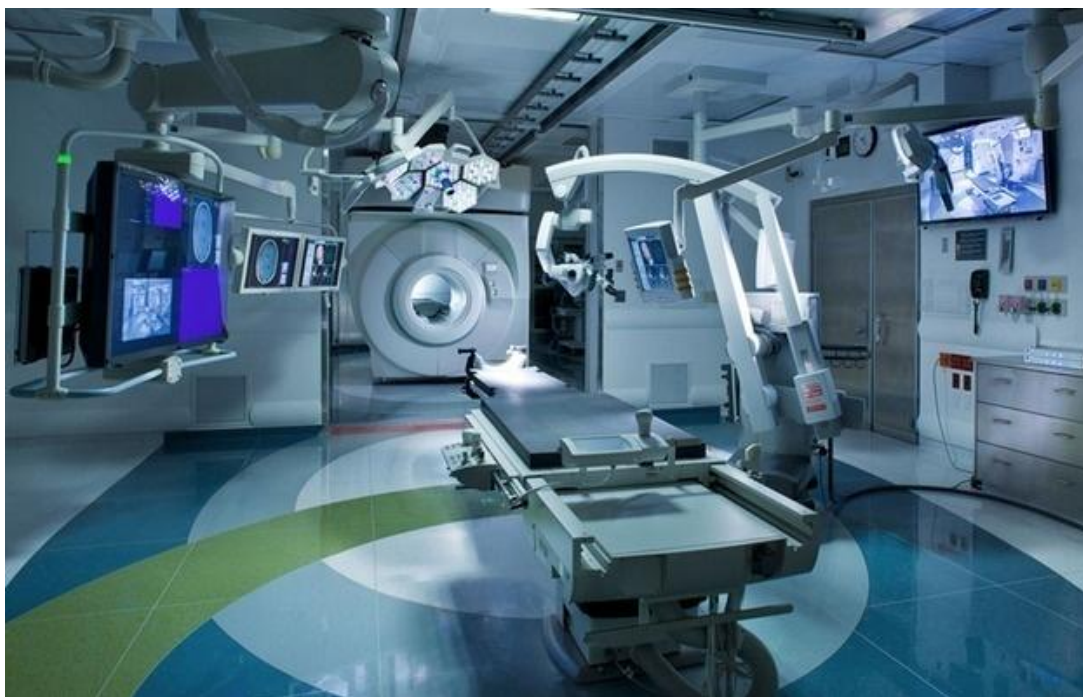
( <http://www.eum.hu/download.php?docID=1898> )

### 6.7. Így néz ki egy korszerű műtő a 21. században (példa).

Az Egyesült Államokban (USA), Bostonban 2011-ben bemutattak egy újfajta műtőt, amelyik – az eddigiektől eltérően – egyesíti magában a közvetlen diagnosztikát és magát a műtéti folyamatot. Ezt a műtőt a Harvard Egyetem oktatókórházának számító bostoni Brigham and Women's Hospitalban hozták létre és benne, műtét közben - a világon egyedülálló módon – lehetőség van az azonnali MRI vagy PET felvételek készítésére is. Ennek szükségességét az indokolja, hogy vannak olyan műtétek, amelyek során az előre elkészített diagnosztikai leletek (képek) már nem mutatnak valós helyzetet. Ilyen eset fordulhat elő például koponyaműtéteknél, amikor a koponya feltárásakor az agyfolyadék elfolyik és ettől az agy helyzete megváltozik, az agy szövetei megduzzad/hat/nak és – bár az előzetes felvételek során az agydaganatot pontosan behatárolták – idővel maga a daganat is elcsúszik, tehát a műtétet végző sebész nem találja meg az eredetileg vélt helyen. Ekkor az azonnali, új MRI felvétel már ismét megmutatja a daganat pontos helyét. Ez az elmozdulás ugyan csak néhány mm-es lehet, de – mivel az agyszövetek rendkívül érzékenyek – már ez is komoly károkat okozhat. Hasüregi operáció esetén pedig attól függően, hogy a beteg a műtőasztalon hason, háton vagy oldalt fekszik ez az elmozdulás akár már néhány cm is lehet.

Hasonló a helyzet az endoszkópos műtéteknél is, ahol a kis, néhány cm-es lyukon vezetik be az endoszkópot és azért, hogy legyen elegendő hely a test belsejében elvégzendő beavatkozáshoz, ártalmatlan gázt, többnyire széndioxidot fújnak a testüregbe. Ez viszont minden hasi szerv helyzetét megváltoztathatja. Mivel a rosszindulatú rákos daganatok szabad szemmel nehezen megkülönböztethetők a környező ép szövetektől, szükséges a daganatok pontos helyét megállapítani. Ez pedig újabb MRI felvétellel lehetséges. – Ilyen esetekben nagyon hasznos a sebészeti robotok, vagy műtéti navigációs rendszerek alkalmazása is. Ennek még az az előnye is megvan, hogy az műtétet végző orvos a beavatkozás valós idejű háromdimenziós képét láthatja.

Az előbbieken felsorolt esetek tették szükségessé az úgynevezett **AMIGO** (Advanced Multimodality Image Guided Operating, magyarul Fejlett Sokoldalúan Képezérelt Műtő) rendszer kifejlesztését. Maga a műtőhelyiség (6.8. ábra) is egy három részre osztott műtőkomplexum több, mint 500 m<sup>2</sup>-nél nagyobb területen, melyben a műtőasztalon és a műtőkben szokásos egyéb eszközökön kívül mindenfajta diagnosztikai képalkotó orvostechnikai eszköz is megtalálható: a CT, az MRI, a PET, az angiográfiás röntgen, a 3D-s ultrahangos készülék. Természetesen jelen van a műtéti navigációs rendszer („sebészeti robot”) is. – Műtét közben, például ha új MRI-képre van szükség, akkor a műtét leáll, az oldalajtó kinyílik, a mennyezetén becsúszik az MRI berendezés, amelyik körbefogja a műtőasztalt és elkészíti a szükséges felvételt. – PET-CT esetén pedig a beteg egy fekvőlapon csúszik át a harmadik terembe, ahol a megtörténik a vizsgálat. – Ezeknek a vizsgálatoknak az ideje csupán néhány perc, ami nem terheli meg az elaltatott beteget.



6.8. ábra. Az AMIGO műtéti helyiségei.

Műszaki szempontból is érdekes, hogy a 3 Tesla mágneses térerejű MRI miatt a műtétekhez csak MRI-kompatibilis műtéti kézeszközöket használhatnak, amelyekben a vasat titán, alumínium, vagy speciális, mágnesnek ellenálló rozsdamentes acél helyettesíti.

Maga a műtő több, mint 20 millió dollárba került (2015 szeptemberi átszámítás alapján nagyjából 6 Milliárd forint), a klinikai gyakorlatban már évek óta működik, de csak olyan műtéteket végeznek benne, amiket a hagyományos műtőkben, vagy az intervenciós radiológián nem tudnak megoldani. (A bostoni kórházban is rajta kívül még 40 db műtőtömb van.) Magyarországi létrehozatala nem várható, de azért került itt megemlítsre, mert ez valóban csúcstechnológiát jelent a műtéti technikában.

Létrehozója, megalkotója a klinika igazgatója, a Harvardi Egyetem professzora: Professor Ferenc Jolesz, azaz **Dr. Jólesz Ferenc** (1946-2014), aki orvosi diplomáját Budapesten szerezte meg 1971-ben és ezt követően – többek között - három (3) évig a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola orvostechnikai ágazati képzése során a Biológiai és fiziológiai alapok tantárgy előadója volt. 1979 óta dolgozott az Egyesült Államokban, Bostonban. Már az 1990-es évek elejétől alkalmazta az MRI-t és kidolgozta az első MRI-vezérelt fókuszált ultrahang sebészeti eljárást (MRg-FUS), amelynek során agydaganatokat non-invazív (nem közvetlenül beavatkozó) módon lehet megsemmisíteni. Egyidejűleg bevezette az úgynevezett „nyitott mágneskörű” MRI készülékeket (ennek jelentősége a mozgó, változó szervek műtétjénél van, ahol a műtéttel egyidejűleg diagnosztikai felvételeket is kell készíteni) és 2011-ben megalkotta a legmodernebb készülékeket tartalmazó komplex műtőt.

Dr. Jólesz Ferenc 1990 után nagymértékben segítette a magyar egészségügyet is, részben azzal, hogy itthon, Magyarországon is tartott előadásokat, beszámolókat fejlesztési

eredményeiről, másrészt pedig kapcsolatai révén hozzásegítette az Érsebészeti Klinikát egy nyitott mágneskörű MRI beszerzéséhez, továbbá magyar orvosoknak biztosított ösztöndíjas utakat az Egyesült Államokban. A Magyar Tudományos Akadémiának külső tagja, az Egyesült Államok Tudományos Akadémiájának rendes tagja volt.

— · —

## 7. IRODALOM

- /1./ William and Helen Bynum (szerk.): Hetven rejtély az orvostudomány világából.  
Angolul: Great Discoveries in Medicine (Thames and Hudson, London, 2011.)  
Magyarul: Athenaum Kiadó, Budapest, 2011.
- /2./ Heincz Schott (szerk.): A medicina krónikája.  
Officina Nova Kiadó, 1993.
- /3./ Dr. Forgács Lajos: Kórháztechnikai alapismeretek I. rész.  
Haynal Imre Egészségtudományi Egyetem, Egészségügyi Főiskolai Kar,  
Orvostechnikai és Számítástechnikai Tanszék jegyzete, belső használatra, Budapest,  
1998.
- /4./ Dr. Forgács Lajos, Lánczi Péter, ifj. Pólya Endre: Speciális mérnöki feladatok és  
tevékenységek kórházak tervezése és kialakítása során. (Tervezési segédlet)  
Magyar Mérnöki Kamara, Egészségügyi-Műszaki Tagozata kiadványa, Budapest,  
2013.
- /5./ Dr. Forgács Lajos (szerk.): Orvostechnikai eszközök – gyakorlati útmutató I. kötet  
(egyetemi tankönyv).  
Simmelweis Egyetem, Egészségügyi Főiskolai Kar kiadványa, Budapest, 2004.  
ISBN 963 7152 59 8
- /6./ Dr. Forgács Lajos (szerk.): Orvostechnikai eszközök – gyakorlati útmutató II. kötet  
(egyetemi tankönyv).  
Simmelweis Egyetem, Egészségügyi Főiskolai Kar kiadványa, Budapest, 2003.  
ISBN 963 7152 41 5
- /7./ Dió Mihály, Szekrényesi Csaba, Zakár István, Zombory Péter: Biofizika és orvostechnika  
alapjai (egyetemi tankönyv).  
Simmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar, Budapest, 2013.,  
ISBN 978 963 9129 93 1
- /8./ Dr. Forgács Lajos, Nagy Csaba: Egészségügyi műszaki alapismeretek (főiskolai jegyzet).  
Haynal Imre Egészségtudományi Egyetem, Egészségügyi Főiskolai Kar, Budapest,  
1990.
- /9./ Tőreký Balázs: A kórház, mint műszaki létesítmény II.  
ÉTE Egészségügyi Szakosztály kiadványa, 2012. július