

# Tartalomjegyzék

<b>Tartalomjegyzék</b>	<b>1</b>
<b>1. Bevezetés</b>	<b>2</b>
<b>2. Elméleti áttekintés</b>	<b>4</b>
♦Fiziológiai folyamatok	4
♦A vérkeringési rendszer	4
♦A légzőrendszer	7
♦A keringési- és légzőrendszer szabályozása	9
♦A fiziológiai folyamatok vizsgálata	12
♦Az elektrokardiogram és az elektrokardiográfia	12
♦Vérnyomásmérés	14
♦A légzés vizsgálata	15
♦A jelalakok elemzési módszerei	17
♦Matematikai elemzési eljárások	17
♦A LabVIEW rendszer	20
<b>3. A mérési folyamat</b>	<b>23</b>
♦A méréssorozat jellemzői	23
♦A konkrét mérőrendszer	25
♦A rendszer felépítése	25
♦Az EKG-műszer	26
♦A vérnyomásmérő	26
♦A légzést vizsgáló rendszer	27
♦Az elemzőprogramok	27
♦A mérés menete	29
♦A mentális stressz-terhelés hatása a vérkeringési rendszer szabályozására	29
♦A fizikai jellegű stressz-terhelés hatása a vérkeringési rendszerre	30
♦Az eredmények elemzése	31
<b>4. Az eredmények értékelése</b>	<b>32</b>
<b>5. Összefoglalás</b>	<b>41</b>
<b>Az emberi tényező a kutatásban</b>	<b>42</b>

# 1. Bevezetés

Ha napjainkban benézünk egy kutató labor ablakán, élesen más kép tárul a szemünk elé, mint akár húsz, vagy harminc évvel ezelőtt. Jelen vannak ugyan a területhez szükséges kísérleti berendezések, de szembetűnőbbek azok a nagyteljesítményű számítógépek, amelyek előtt a kutatók dolgoznak.

A számítástechnikai rendszerek rohamos fejlődésével párhuzamosan a tudományos kutatók igyekeznek az új lehetőségeket saját kutatási irányuknak megfelelően alkalmazni. A gépek kapacitásbeli paramétereinek bővülése mellett az egyre hatékonyabb szoftverkörnyezet is nagyban segíti a munkájukat. A bővülés nemcsak mennyiségi szinten jelentős, tapasztalhatunk minőségi ugrásokat, például teljesen újszerű mérési vagy elemzési eljárások jelennek meg.

A dolgozat az SZTE Orvostudományi Karának Belgyógyászati Intenzív Osztálya és az SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék együttműködésében kifejlesztett mérő és elemző rendszer működését mutatja be egy konkrét (az emberi vérkeringési rendszer szabályozó működését elemző) vizsgálatsorozat keretei között.

A rendszer EKG-, vérnyomás-, és légzésjeleket rögzít non-invazív módon, azaz a szervezetbe történő közvetlen beavatkozás nélkül. A rendszer bizonyos elemei, például az EKG-monitor, vagy a vérnyomásmérő egység még hagyományos felépítésű, de az alkalmazott feldolgozó szoftverek egy része már egy új programozási elv alapján létrehozott virtuális műszer.

Két méréssorozatot végeztem 30-30 kísérleti személlyel. A kísérleti helyzetben minden változót ellenőrzés alatt tartottam, kivéve a szisztematikusan variált független változókat. Az első sorozatban a szervezet fiziológiai válaszait vizsgáltam a nyugalmi, illetve a mentális stressz által terhelt helyzet függvényében. A második sorozat független változói a testhelyzet és a szervezet fizikai jellegű terhelése volt. Mindkét típusú terhelés a szimpatikus idegrendszer aktivációját, azaz a „túlélésre”, a „harcra” történő felkészülést indította el a vizsgálati személyek szervezetében. Kérdés az, hogy a fiziológiai paraméterek megváltozása különbözik-e akkor, ha a stressz-terhelés közben az alany hangosan vagy hangtalanul számol (tehát a légzőrendszer működés módja más).

A dolgozat első részében egy elméleti áttekintést adok. Sorra veszem az idekapcsolódó fiziológiai folyamatokat, és ezen folyamatok vizsgálati módszereit. Külön kitérek a jelalakok elemzésének eljárásaira. A második részben leírom a mérési folyamatokat, a méréssorozatok jellemzőit, és bemutatom a konkrét mérőrendszert. Az ezt követő részben értékelem az eredményeket. Az utolsó részben egy másik érdeklődési területtel, az emberi tényezővel foglalkozom. Ezen fejezet elkülönült részét képezi a dolgozatnak.

## **2. Elméleti áttekintés**

### **Fiziológiai folyamatok**

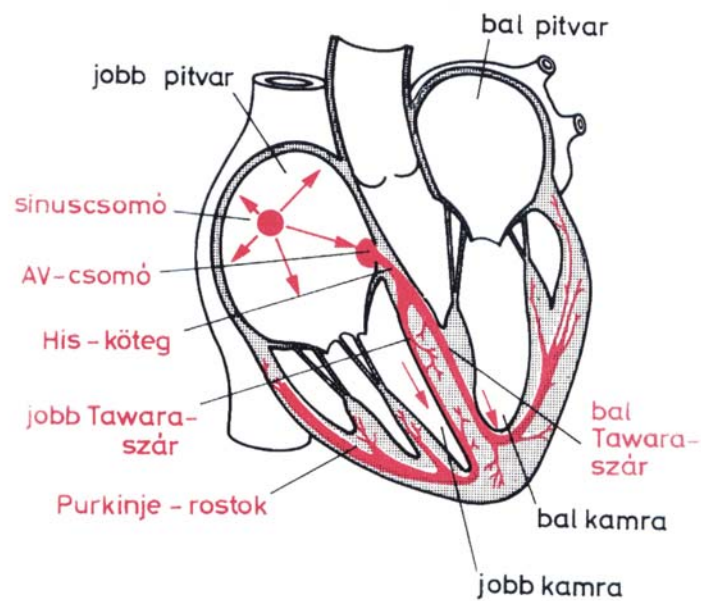
A virtuális mérés technika egyik alkalmazási területe az orvosbiológiai jelek mérése és elemzése. Először áttekintjük az ide kapcsolódó fontosabb fiziológiai fogalmakat és folyamatokat.

#### **A vérkeringési rendszer**

Az emberi szervezetben a vérkeringés mint elosztó rendszer létesít kapcsolatot az egyes szervek és szervrendszerek, illetve a szervek és a szervezeten kívüli világ között. A rendszer meghatározó eleme az állandó mozgásban lévő vér. A vér keringéséhez az ember érrendszere biztosítja a feltételeket. Átala minden egyes sejt megkapja a működéséhez feltétlenül szükséges oxigént és tápanyagokat, továbbá elszállításra kerülnek a keletkezett anyagcseretermékek. A vért a szervezet központi, hatalmas pumpája, a szív tartja mozgásban. Állandó ritmikus összehúzódásai nyomáskülönbséget hoznak létre az erekben. Ez a nyomáskülönbség tartja fenn a vér állandó áramlását. A szív jobb kamrájától a bal pitvarig terjedő vért kis vékörnek (tüdőkeringési rendszer), a bal kamrától a jobb pitvarig terjedő vért nagy vékörnek (szisztémás rendszer) nevezzük.

A szív harántcsíkolt szívizomsejtekből épül fel, amelyek szívizomrostokba tömörülnek. Közöttük alacsony ellenállású ún. réskapcsolatok helyezkednek el, amelyek által a keletkezett ingerület könnyedén tovaterjedhet. A szív összehúzódása a szívizom speciális sejtjeiben keletkező impulzusok hatására következik be. Az emberben a jobb pitvar falában helyezkedik el a szinuszcsomó, amely a fő ritmusgenerátor. A magára hagyott szinuszcsomó ingerképző frekvenciája 100 impulzus volna percenként, de az autonóm idegrendszer szabályozása lecsökkenti. A szív frekvenciáját a szervezet szimpatikus és paraszimpatikus hatásai együttesen határozzák meg. (A szimpatikus szabályozás aktiválja a szervezetet, felkészíti a „harcra”, a paraszimpatikus rész

visszaállítja a nyugalmi állapotot, ha a „veszély” elmúlt.) A szinuszcsozó által keltett akciós potenciál a pitvari izomzatra tevődik át. Az elektromos jel szinte akadály nélkül terjed egyik rostról a másikra. Az atrioventrikuláris csomó adja tovább az ingerületet - némi késleltetéssel - az alsó részéből kiinduló His-kötegnek. Kb. 1 cm-es lefutás után a köteg a két Tawara-szárra oszlik, majd a Purkinje-rostokban végződik. [1]

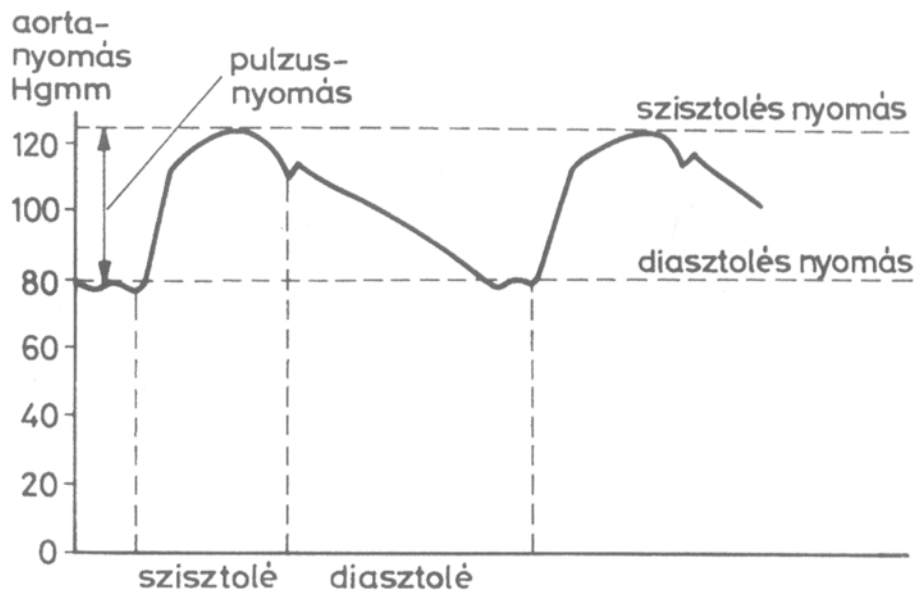


**2.1 ábra** A szív ingerképző és ingerületvezető rendszere [Forrás: 1]

Az ingerképző és ingerületvezető szövetek működésének következtében a szív ritmikusan összehúzódik és ellazul. Az összehúzódások erősségét a szervezet aszerint állítja be, hogy mennyi vért kell a szívnek továbbítani, illetve mekkora ellenállással szemben kell azt kipumpálnia. A szívizom fénymikroszkópos képen harántsíkot mutat. A kontrakció a benne elhelyezkedő kétféle filamentum (összetett, hosszú polimer) egymáson történő elcsúszásának az eredménye.

A diasztolés és szisztolés szakasz váltakozása a szív ciklus. A nyugalmi nyomás az aortában a diasztolés szakasz végén 80 Hgmm. Ezt nevezzük diasztolés nyomásnak. A bal kamrából a szisztolés során mintegy 70 ml vér lökődik ki kb. 0,3 s alatt. Ennek következtében az aortában mérhető nyomás nyugalomban 120 Hgmm-ig emelkedik. Ezt nevezzük szisztolés nyomásnak. A szisztolés szakaszt követi a kb. 0,5 s-ig tartó diasztolés

szakasza. Az aortában uralkodó nyomás mintegy 40 Hgmm-rel változik a ciklus során. Ezt nevezzük pulzusnyomásnak. Tekinthetjük még az aorta középnyomását, amelynek értékét a nyomásgörbe időbeli integrálja adja. [1]



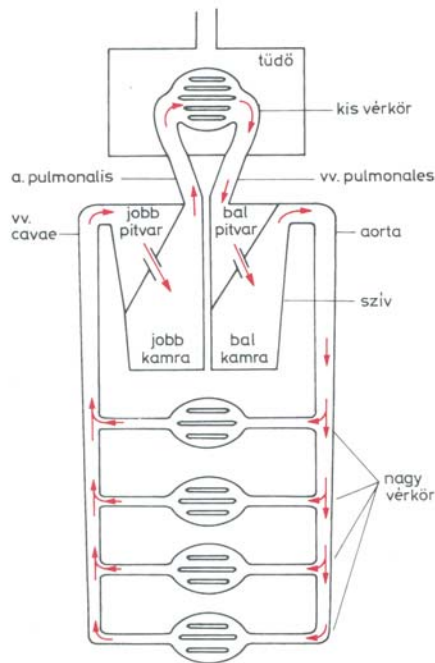
2.2 ábra Az aortaívben regisztrált nyomásgörbe [Forrás: 1]

A vér áramlási irányát tekintve, a nagyvérkörben az aortát a mind kisebb átmérőjű artériák követik, melyek sorozatos elágazások után az arteriólákban folytatódnak, majd a kapillárisok következnek. A kapillárisok egyedi átmérője sokkal kisebb, mint az artériáké, viszont összkersztmetszetük jóval nagyobb, mint a megelőző érszakaszoké. A kapillárisok szakaszát a venulák, majd az egyre növekvő kersztmetszetű vénák követik. Míg az egyedi kersztmetszet újra nő, az összkersztmetszet csökken. A nagy vérkör a két *vena cava*-val zárul a szív jobb pitvaránál. A kisvérkör elvi felépítése nagyon hasonló a nagyvérköréhez, csak az egyes érszakaszok geometriai jellemzői különböznek jelentősen.

A vér áramlási sebessége az összkersztmetszettel fordítottan arányos, így a kapillárisokban lassú. Ez teszi lehetővé, hogy ezen az érszakaszon a rendszer elláthassa fő feladatát, a vérkeringés elosztó funkcióját. A szervezet minden egyes sejtje számára biztosítja a működés feltételeit.

## A légzőrendszer

Az előzőekben tárgyalt keringési rendszer szállítja a tüdőből az oxigént a szövetekhez, valamint a széndioxidot a szövetektől a tüdőbe. A keringési- és légzőrendszer tehát szorosan összefügg egymással.

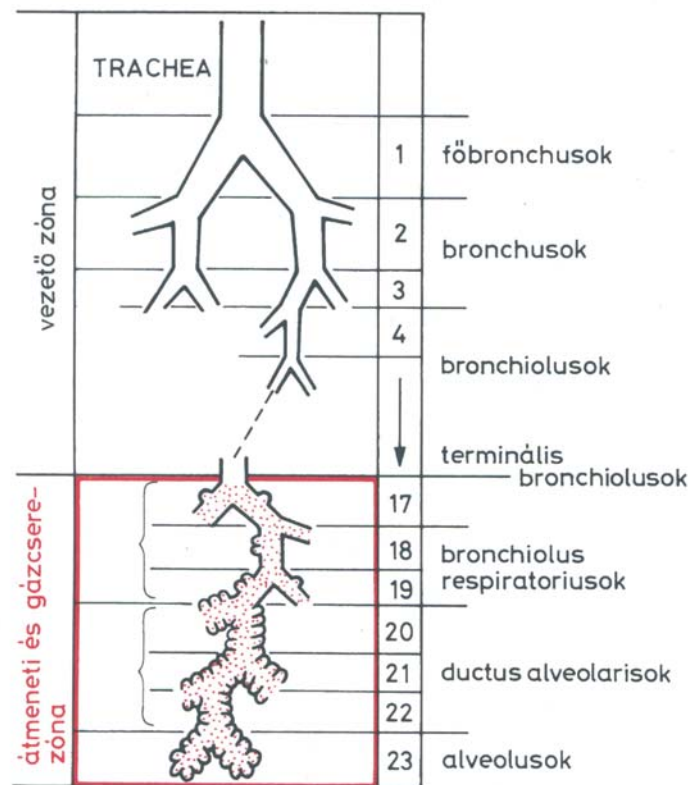


2.3 ábra A két sorba kapcsolt vérkör, benne a tüdőkeringéssel [Forrás: 1]

A légzőrendszer feladata a sejtek gázcserejéhez szükséges légcseré biztosítása, illetve szerepe van a hangadásban, az emberi beszéd létrehozásában is. A légzőrendszert a légutak, a tüdő, valamint a kis vérkör alkotja. Ide sorolhatjuk még a csontos-kötőszövetes mellkast a légző izmokkal, de ide tartoznak a központi idegrendszer légzést szabályozó struktúrái is.

A gázcsere a tüdőn belül az ún. alveolaris térben történik, itt érintkezik a belégzett levegő a keringő vérrel. A ventiláció (légcseré) folyamatában a be- és kilégzés váltakozásával történik annak biztosítása, hogy az alveolaris térben lévő gáz  $O_2$  és  $CO_2$  koncentrációja állandó legyen.

A felső légutakhoz tartozik az orr- és szájüreg, a garat és a gége. Az innen kiinduló légcső (trachea) két fő bronchusra oszlik (2.4 ábra). A légcső után 20-23 egyre finomabb kettéágazás következik. Az első 17 elágazódásnak csak vezetési funkciója van, míg a



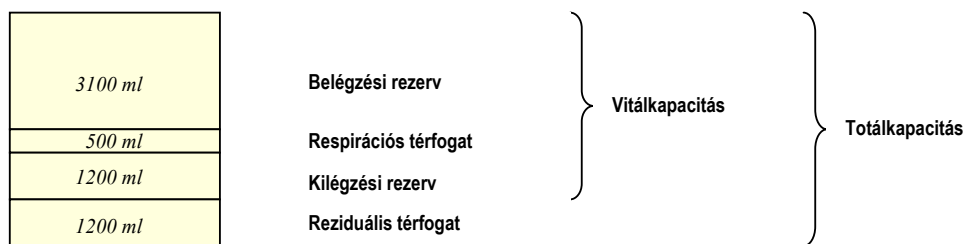
2.4 ábra A légutak oszlási generációinak idealizált vázlata [Forrás: 1]

továbbiakban történik a valódi gázkicserélődés. A légutak hámszövetét vékony folyadékfólia borítja, amelynek a felületén ébredő feszültség csökkenteni igyekszik a felület felszínét. Ezen kollapszus-tendencia a fő oka annak, hogy a kilégzés izomaktivitás nélkül is végbemegy. A mellkas falát a mellhártya borítja belülről, melyet vékony folyadékfólia választ el a tüdőt fedő pleura lemeztől. Ez a folyadékfólia megakadályozza a két réteg szétválását, így a tüdő követi a mellkas mozgásait. [1]

A lélegzés során a rekeszizom és a külső bordaközi izmok összehúzódása következtében a mellkas térfogata nagyobb lesz. A külső és belső tér közötti nyomáskülönbség következtében a levegő befelé áramlik. A belégzést követően a belégző izmok elernyednek és a tüdő kollapszus-tendenciájának köszönhetően a belső térfogat csökken. Aktív kilégzés esetében a hasizmok is besegíthetnek a mellkas térfogatának gyorsabb és nagyobb mértékű csökkentésébe. A belső bordaközi izmok rostjainak összehúzódása is a térfogat csökkentésének irányába hat. A kilégzésnél a belső nyomás növekedése miatt a levegő kifelé áramlik a tüdőből.



Egyetlen lélegzetvétel során nyugalomban egy felnőtt ember kb. 500 ml levegőt lélegzik be, illetve ki. A nyugalmi belégzési állapot elérése után erőltetett belégzéssel még 3100 ml levegő szívható be. Hasonlóan a nyugodt kilégzés után további, erőltetett kilégzéssel még 1200 ml levegő távozik a tüdőből. A tüdő teljes légtartalmának kipréselése nem lehetséges, marad még mintegy 1200 ml ún. reziduális gáz a tüdőben. A nyugodt ki- és belégzési térfogat, illetve a ki- és belégzési tartalékok adják a tüdő mintegy 4800 ml-es vitálkapacitását. A reziduális térfogat és a vitálkapacitás összege adja a tüdő 6000 ml-es totálkapacitását. [1]



**2.5 ábra** A tüdő térfogatfrakciói

A nyugalmi légzés során beszívott 500 ml levegőből 150 ml a légutak felső 17 oszlási generációjára esik és légzési holtternek számít. A kilégzett gáznak csupán az utolsó 350 ml-es része származik az alveolaris térből, tehát csak kb. 350 ml levegővel frissül fel a kb. 2400 ml-nyi alveolaris gáz egy lélegzetvétel alatt. Ennek következtében az  $O_2$  és a  $CO_2$  parciális nyomása viszonylag állandó a tüdő légterében. [1]

A gázcsere a tüdő alveolusaiban diffúzió segítségével megy végbe, amely folyamatot elsősorban az egyes gázok alveoláris- illetve a tüdő hajszállereiben mérhető kapilláris nyomása határozza meg.

Az oxigén szállítását a tüdőből a szervezet egyes sejtjeihez a vér vörösvérsejtjeiben található hemoglobin teszi lehetővé. A  $CO_2$  szállítása részben fizikailag oldott formában, részben bikarbonácion vagy karbaminovegyület formájában történik.

### **A keringési- és légzőrendszer szabályozása**

A vérkeringési rendszer szabályozásának folyamata során biztosítani kell a szervezet egyes területeinek vérellátását a helyi igények függvényében. Továbbá, a keringési

rendszer paramétereit (pl. nyomás, percťérfogat stb.) a pillanatnyi szükségletekhez kell igazítani. A keringési rendszer adaptációjában részben helyi mechanizmusok, részben hormonális és idegrendszeri szabályozások játszanak szerepet. A szabályozás során a szív percűritése és a perifériás ellenállás változik.

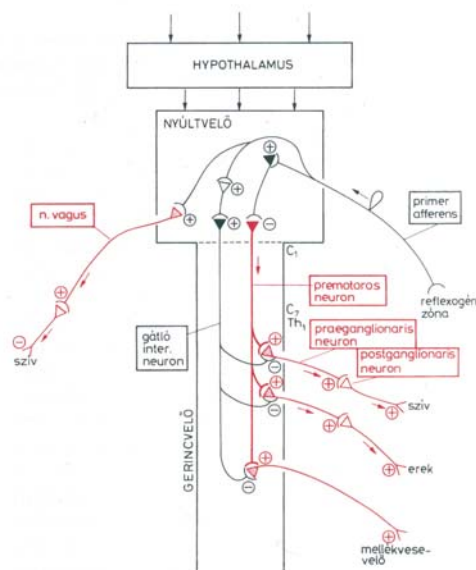
A szív percťérfogata az a vérmennyiség, amelyet egy szívkamra 1 perc alatt az érrendszerbe juttat. Értéke nyugalomban átlagosan 5,5 l/perc, amely erőkifejtés esetén 3-4-szeresére is fokozódhat. A vérkeringési rendszer nyugalmi paramétereit már a legkisebb mozgásokra is mérhetően megváltoznak.

	Nyugalom	Könnyű munka	Közepes munka	Nehéz munka	Maximális erőkifejtés
<b>Szívfrekvencia</b>	60/perc	100/perc	120/perc	154/perc	187/perc
<b>Szisztole-időtartam</b>	370 ms	286 ms	261 ms	230 ms	209 ms
<b>Verőtérfogat</b>	92 ml	109 ml	112 ml	125 ml	127 ml
<b>Percťérfogat</b>	5,52 l	10,90 l	13,74 l	19,25 l	23,74 l

**2.1 táblázat** Egyes kardiovaszkuláris paraméterek változása aktivitás során [Forrás: 1]

A szív működés frekvenciáját és a perifériális ellenállást az agytörzsi kardiovaszkuláris (szív-érrendszeri) struktúrák együttese határozza meg. A szív percűritését a szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszer reciprok működése szabályozza. A szimpatikus aktivitás növeli a szív frekvenciáját, továbbá pozitívan hat az összehúzó erejére. A paraszimpatikus hatás csak a szívfrekvencia változtatásában érvényesül. A szimpatikus és paraszimpatikus tónus együttesen a nyugalmi szív frekvenciát 70/perc körüli értékre állítja be. Ha mindkét idegi hatást legátoljuk a szívfrekvencia 100/perc körüli értékre megy fel, amely a szinuszcsomó saját ingerképzési frekvenciája. Ez azt jelenti, hogy nyugalomban a paraszimpatikus hatás dominál.

A szív percűritésének szabályozása mellett, a perifériális ellenállás változtatása szintén fontos tényező. A szervezet szinte valamennyi ere szimpatikus posztganglionális noradrenerg beidegzésben részesül. A teljes nyugalmi perifériás ellenállás és egyben az artériás vérnyomás is ennek az állandó összehúzó tónusnak köszönhető. Az agytörzsi *formatio reticularis* egyes neuroncsoportjainak roncsolása a szimpatikus tónus megszűnéséhez vezet.



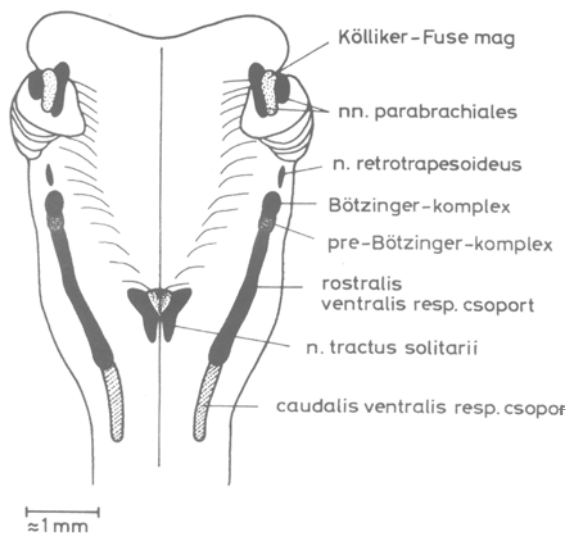
**2.6 ábra** A kardiovaszkuláris szabályozásban szereplő neuronok vázlata [Forrás: 1]

A vázlat jobb oldalán a szimpatikus, baloldalán a paraszimpatikus (nervus vagus) struktúrák összeköttetései láthatók.

A nyúlvelőben helyezkednek el a szimpatikus rendszer premotoros neuronjai, amelyek a praeganglionaris neuronokat működtetik. A praeganglionaris szimpatikus neuronok a postganglionaris neuronokra csatlódnak át, amelyek a szívhez, az erekhez és a mellékvesevelőkhöz futnak (pozitív hatások).

A nyúlvelő kaudális sejtcsoportjaiban helyezkednek el a nervus vagus praeganglionaris neuronjainak sejtejei, amelyek a periférián átsatlólvá jutnak el a szívhez (negatív hatások).

A perifériás ellenállást ezen szimpatikus vasoconstrictor tónus növekedése vagy csökkenése szabályozza.



**2.7 ábra** Az agytörzsi respirációs neuronok elhelyezkedése [Forrás: 1]

A légzőmozgások automatizmusa a központi idegrendszer meghatározott területeinek épségéhez kötött. A nyúlvelőben elhelyezkedő légzéshez kapcsolódó dorzális neuroncsoport a belégzéskor aktív. A légzéshez kapcsolódó neutrális neuroncsoport középső sejteinek az aktivitása szintén a belégzéssel szinkron. A sejtcsoport kaudális végén viszont a kilégzéssel szinkron aktivitás figyelhető meg. Az ún. Böttinger-komplex neuronjai a kilégzés fázisában aktiválódnak és akadályozzák a belégzési funkcióban

aktív neuronokat. A nyúltvelőben elhelyezkedő *nucleus parabrachialis*, illetve a Kölliker-Fuse-féle mag a be- és kilégzés váltogatásában játszik szerepet.

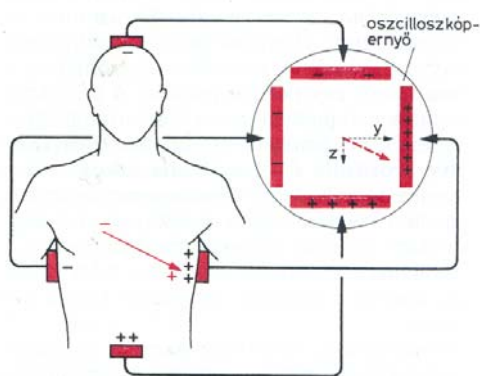
A lélegzetvételek mélységét, a belégzés időtartamát reflexek szabályozzák. Az anyagcsere-folyamatokhoz történő illeszkedést az agytörzsi respirációs neuronok határozzák meg. A centrális- és perifériális (glomus) kemoreceptor-struktúrák jelzik a vér  $O_2$ - és  $CO_2$ -tenzióját, valamint  $H^+$ - és  $K^+$  koncentrációját. Az artériás  $CO_2$ -tenzió (parciális nyomás) emelkedése fokozza a ventilációt. Az artériás  $O_2$ -tenzió csökkenése szintén fokozó inger. Az izomtevékenység kísérőjeként megjelenik a ventiláció fokozódása, amely részben reflexes, részben a glomus kemoreceptorok jelzéseire adott válasz. [1]

A limbikus rendszer és a hypothalamus is szerephez jut, ha a környezeti feltételek megváltoznak. Így például a mentális stressz hatása ezen rendszerek beavatkozásán keresztül jelenik meg. A hétköznapi tapasztalatok is jól mutatják, hogy a stressz hatása a szimpatikus aktivitásra igen jelentős lehet.

## A fiziológiai folyamatok vizsgálata

### Az elektrokardiogram és az elektrokardiográfia

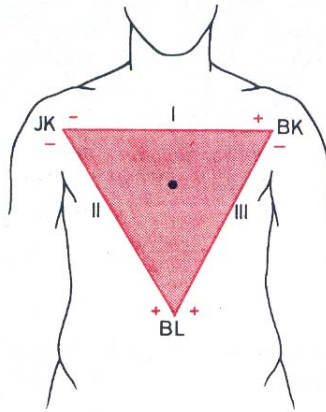
Az elektrokardiográfia az orvosi diagnosztika egyik lényeges eszköze. Azon az elven alapul, hogy a szívizomrostokban keletkező potenciálváltozások a test felszínéről is elvezethetők.



**2.8 ábra** Az integrálvektor szemléltetése a frontális síkban [Forrás: 1]

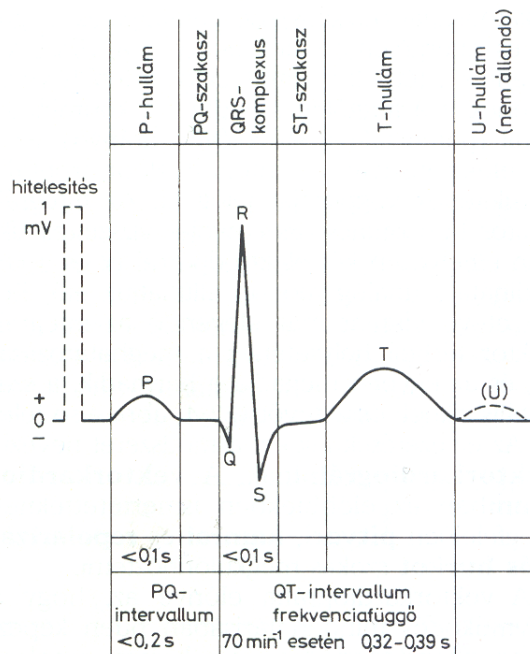
Ha egyetlen szívizomrostot vizsgálunk a hossz tengelye mentén, az ingerületben még nem lévő rész és a már ingerületben lévő rész között potenciálkülönbséget mérhetünk. A rost egy rövid időszakra elektromos dipólusként viselkedik. A szív ciklus alatt számtalan elemi dipólus alakul ki, amelyeknek nagysága és iránya is van, tehát vektormennyiségek. Az egyes elemi vektorokból áll össze az eredő, az

ún. integrálvektor. Ha elég sok rostköteg polarizációja változik párhuzamosan, akkor a keletkező nagy integrálvektor a test felszínén is mérhető potenciálkülönbséget eredményez. Az elektrokardiogramm az integrálvektor időbeli változását tükrözi. [1]



2.9 ábra Az Einthoven-háromszög [Forrás: 1]

A modern EKG-készülékek akár 12 elvezetés egyidejű regisztrálását is lehetővé teszik. A végtagelvezetések segítségével arról kaphatunk információt, hogy időben



2.10 ábra A II. elvezetés normális EKG-görbéje [Forrás: 1]

hogyan változik az összesített elektromos dipólus a test frontális síkjában. Erre adnak lehetőséget az Einthoven-féle standard elvezetések. Például a II. elvezetésben az elektródok a jobb karon és a bal lábszáron vannak elhelyezve. A keletkezett potenciál megegyezik az I. és III. elvezetés feszültségének összegével. A három pont egyidejű potenciálkülönbsége nullához közelít, amely egy kitüntetett 0 potenciálú referencia pontként (Wilson-féle pont) szerepel.

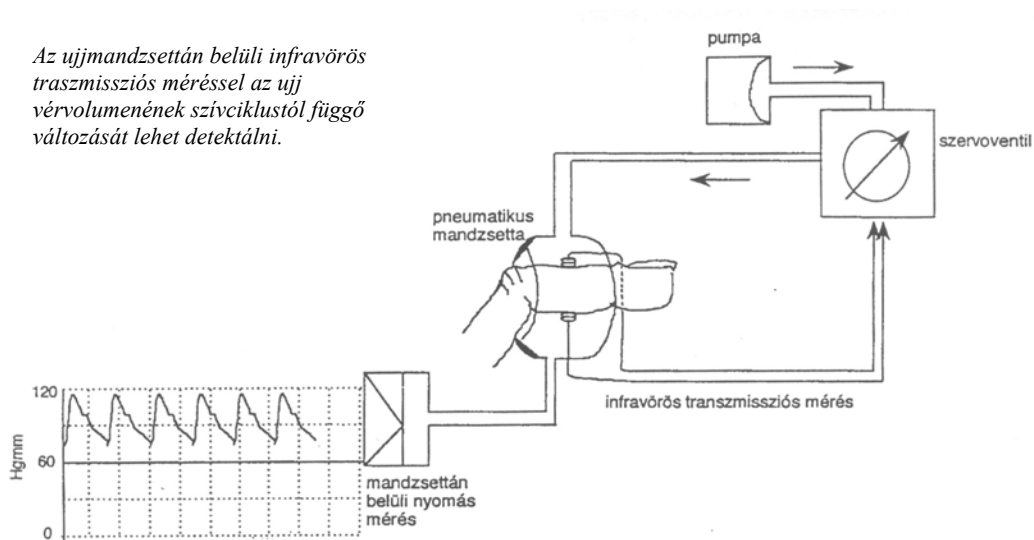
Az ún. „unipoláris” végtagelvezetések esetén a Wilson-féle ponthoz viszonyítva vizsgáljuk az egyes végtagokról származó jeleket. Az unipoláris mellkasi elvezetések

a vízszintes síkban követik az integrálvektor változásait.

A regisztrált EKG-görbén (2.10 ábra) állandó feszültségű szakaszokat, pozitív és negatív hullámokat, ill. csipkéket figyelhetünk meg. A P-hullám a pitvar aktiválódását jelzi. A PQ-szakasz alatt a pitvar depolarizálódik. Az atrioventrikuláris csomó, ill. a His-köteg aktiválódása nem jelenik meg felszíni potenciálváltozásban. A QRS-tartomány a kamra aktiválódását jelzi, amelynek során a kamra izomzatának különböző részeiben folyik le a depolarizáció. Ezt követi az ST-szakasz. A T-hullám jelzi a kamrai repolarizációt. A TP újra egy izoelektromos szakasz. [1]

## Vérnyomásmérés

A mai tipikus vérnyomásmérő műszerekhez felfújható mandzsetta tartozik, amelyet a felkar köré tekernek és levegővel felfújnak, hogy elszorítsa a kart és ideiglenesen leállítsa a véráramlást. A könyöknél vagy az alkaron lefelé vezető verőérre sztetoszkópot helyeznek. Fokozatosan kieresztik a levegőt a mandzsettából és közben figyelik azt a maximális nyomást, amelynél a vér éppen elkezd folyni a leszorítástól megszabadult



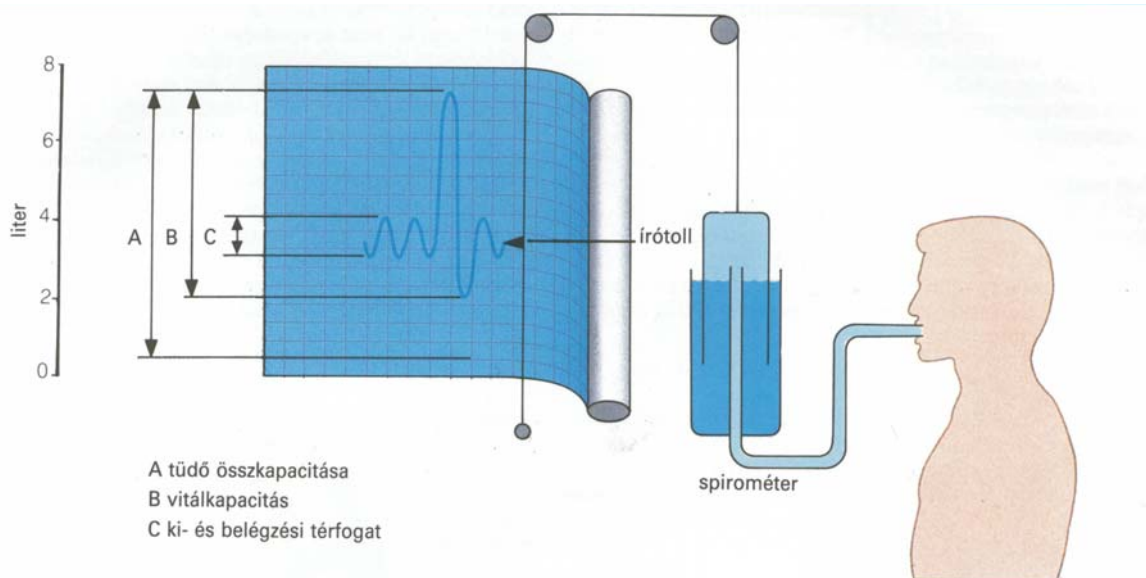
2.11 ábra A Penaz-féle vérnyomásmérő elvi vázlata [Forrás: 5]

verőérben. Ez lesz a szisztolés nyomás. Amikor az áramlás már teljes és akadálytalan a minimális nyomás, a diasztolés nyomás.

Folyamatos vérnyomásmérést tesz lehetővé a Penaz által leírt vérnyomásmérési elv alapján működő Finapres (2.11 ábra). Lényeges eleme az újra rögzíthető pneumatikus mandzsetta. Általa egy infravörös transzmissziós méréssel az ujj vérvolumenének aktuális alakulását lehet nyomonkövetni. A műszer szervórendszere úgy szabályozza a mandzsettanyomást, hogy az artéria fal teljesen tehermentesített állapotban legyen, az ún. transzmirális nyomás megszüntetésével. Az ujj kisartériájában létrejövő szisztolés nyomás hatására a mandzsettán belüli nyomás megnő, ugyanakkor a diasztolé alatt csökken. A követés az infravörös transzmissziós mérés segítségével történik. Így a mandzsettán belüli nyomás egy kis késéssel követi az artériás nyomásingadozást. A műszer segítségével a vérnyomás szívciklustól függő változásának tendenciája követhető. [5]

### A légzés vizsgálata

A be- és kilégtett levegő térfogatának mérésére spirométert használnak. Egyszerű változatával a vizsgált személy egy csövön keresztül lélegzik, amely egy szájával lefelé fordított, vízzel telt edénybe merülő hengerbe vezet. A diagrampapíron minden mozgást a

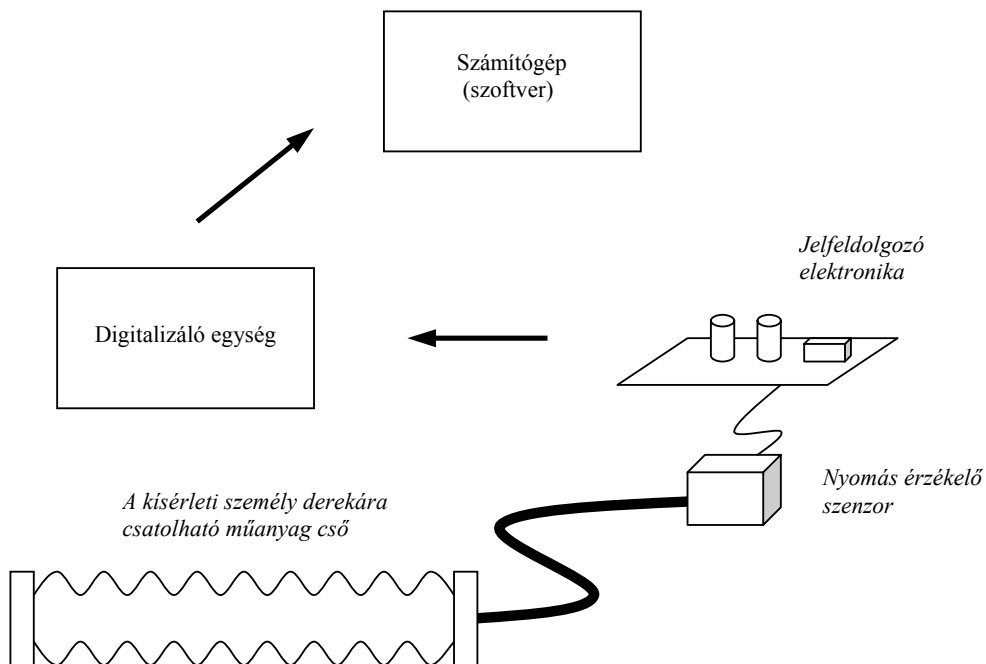


2.12 ábra A spirométer felépítése [Forrás: 2]

hengerfüggesztő írótolla rögzít. Belégzéskor a henger lesüllyed, az írótoll felfelé húzza a vonalat. Kilégzéskor fordított a folyamat. A készülék méri az egységnyi időre eső levegőtérfogatot, amely az áramlási sebesség mértékét adja meg. A bonyolultabb spirométerek gázelemző készülékhez csatlakoznak, képesek meghatározni a belélegzett és kilégzett levegő összetételét. [2]

Egy másik, egyszerűbb készülék a csúcsáramlás-mérő, amely azt a legnagyobb sebességet méri, amellyel a levegő kifújható a tüdőből.

Még egyszerűbb műszer a pneumobelt, amely a be- és kilégzési tendenciáról ad felvilágosítást. A vizsgálati személy hasára feszülő csőben a nyomás a hasfal mozgásával, azaz a tüdő térfogatának változásával szinkronban változik, mivel a zárt cső térfogatváltozással követi a hasfal mozgását. A nyomásváltozást egy szenzor alakítja feszültségváltozássá, és egy elektronika továbbítja a digitalizáló egység irányába, hogy a számítógép számára értelmezhető jelet kapjunk. A műszer a légzési tendencia nyomon követésére alkalmas.



2.13 ábra A pneumobelt elvi felépítési vázlata



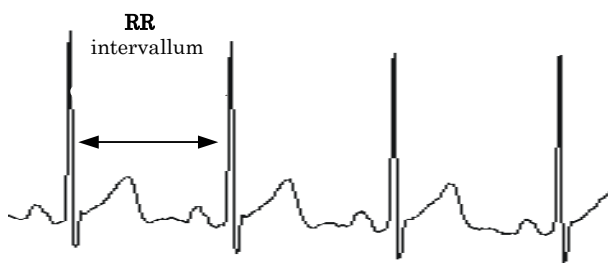
## A jelalakok elemzési módszerei

### Matematikai, elemzési eljárások

Áttekintjük a fiziológiai jelek vizsgálatával kapcsolatos paramétereket és matematikai, statisztikai eljárásokat.

#### *Statisztikai eljárások*

Az RR-intervallum (**RR**): Az EKG-görbe két szomszédos R-csúcsa közötti távolság.



2.14 ábra Az RR-intervallum szemléltetése az EKG-görbén

Az átlag RR-érték (**mRR**): Az RR-intervallumoknak egy adott jel-szakaszon vett számtani átlaga. (1)

$$\langle RR \rangle = 1/n \sum_i^n RR_i \quad (1)$$

Az RR szórása (**sdRR**): Az RR-intervallumoknak egy adott jelszakaszon vett szórása. (2)

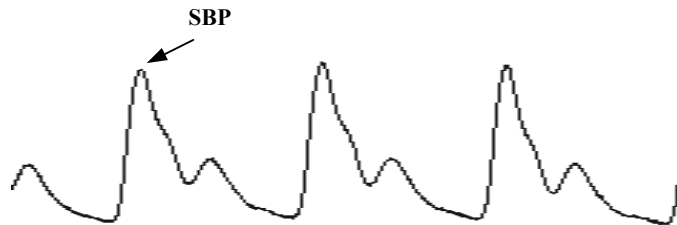
$$\sqrt{\langle RR^2 \rangle - \langle RR \rangle^2} = \sqrt{\langle (RR - \langle RR \rangle)^2 \rangle} = \sqrt{1/n \sum_i^n (RR_i - \langle RR \rangle)^2} = \sqrt{1/n \sum_i^n RR_i^2 - \langle RR \rangle^2} \quad (2)$$

A szomszédos RR-intervallum arány 50 ms-nál nagyobb különbségre (**pNN50**): A szomszédos RR-intervallumoknak egy adott jelszakaszon vett aránya, amelyekre fennáll, hogy a különbség 50 ms-nál nagyobb.

A szomszédos RR-intervallumok különbségének effektív értéke (**RMSSD**): Az egymást követő RR-intervallumok különbségének egy adott jelszakaszon vett effektív értéke. (3)

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n (RR_i - RR_{i-1})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n \Delta_i^2} \quad (3)$$

A szisztolés vérnyomás (**SBP**): A vérnyomás görbén a szisztolés csúcsok magassága.



2.15 ábra Az SBP szemléltetése a vérnyomásgörbén

### Spektrális paraméterek

Lehetőségünk van az RR-távolságok (gyors) Fourier-transzformációval történő elemzésére. Az így előállított frekvenciaspektrum-görbén megkülönböztetünk egy alacsony frekvenciájú (0,04-0,15 Hz) és egy magas frekvenciájú (0,15-0,4 Hz) tartományt. A spektrális görbe alatti egész területet teljes spektrumnak nevezzük. A két frekvenciasávnak megfelelő görbe alatti területek a részspektrumok.

A komponens hullámok megoszlását a teljesítménysűrűség spektrummal adjuk meg.

Az RR-teljesítményspektrum:

$$PSD(RR) = \left| \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} RR_j \cdot e^{-i \cdot 2\pi \cdot \Delta f \cdot k \cdot \Delta t \cdot j} \right|^2 \quad (4)$$

$$\Delta f = \frac{1}{T} = \frac{1}{N\Delta t} \qquad \Delta f \cdot \Delta t = \frac{1}{N}$$

Az SBP-teljesítményspektrum:

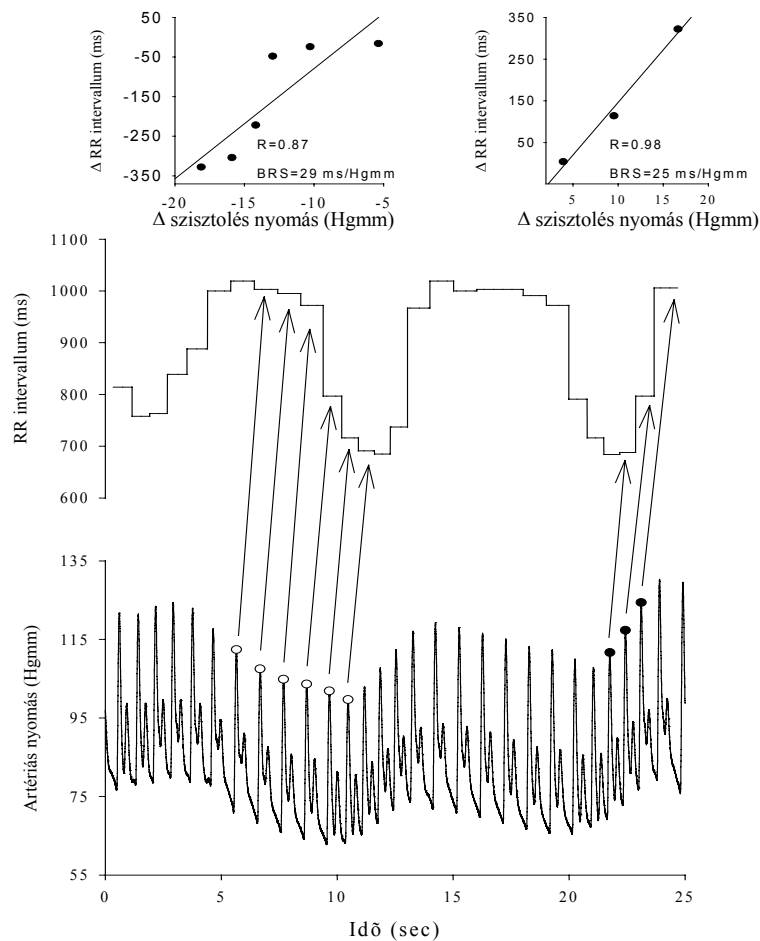
$$PSD(SBP) = \left| \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} SBP_j \cdot e^{-i \cdot 2\pi \cdot \Delta f \cdot k \cdot \Delta t \cdot j} \right|^2 \quad (5)$$

$$\Delta f = \frac{1}{T} = \frac{1}{N\Delta t} \qquad \Delta f \cdot \Delta t = \frac{1}{N}$$

A teljesítménysűrűség-spektrumban jelentkező csúcsok megkülönböztetése az alacsony-, illetve magas frekvenciájú tartományok szerint történik. A „magasnak” nevezett spektrális csúcsban tükröződik az emberi szervezet külső stimulusra adott gyors, 1 másodpercen belül megkezdett, és néhány másodperc alatt lezajlott válasza. Az ilyen tempójú válaszokat a paraszimpatikus idegrendszer közvetíti. A szimpatikus idegrendszer hatásmechanizmusa lassabb, hiszen idő kell az ingerületkövetítő neurotranszmitter-molekulák felszabadításához. Ezek a hatások az „alacsonynak” nevezett spektrális csúcsban összegződnek, 3 másodpercenyi válasz-, és 10 másodpercenyi lefutási idővel.

### *BRS – paraméterek*

Eredetileg baroreflex érzékenységnek (BRS) a gyógyszerrel kiváltott vérnyomás-fluktuáció és pulzusszám közötti összefüggést nevezték. Megfigyelték azonban, hogy



**2.16 ábra** A baroreflex szenzitivitás szemléltetése

spontán vérnyomás-emelkedési sorozathoz is hozzá lehet rendelni az RR-intervallumok növekedési viszonyát. Meghatározható a spontán szekvenciák baroreflex érzékenységi indexe, mint az egyes szekvenciák egyedi szisztolés nyomás – RR-intervallum összefüggéseinek átlaga. Külön kiszámítható a növekvő-, és a csökkenő szekvenciák indexe. Számítógép programok segítségével egy 5 perces regisztrátumból meghatározható minden olyan szakasz, melyben az artériás nyomás legkevesebb 3 szívütésre terjedő és legkevesebb ütésenként 1 Hgmm-es mértékű növekedési (illetve csökkenési) sorozatát az RR-intervallumok nyúlása (illetve rövidülése) kíséri.

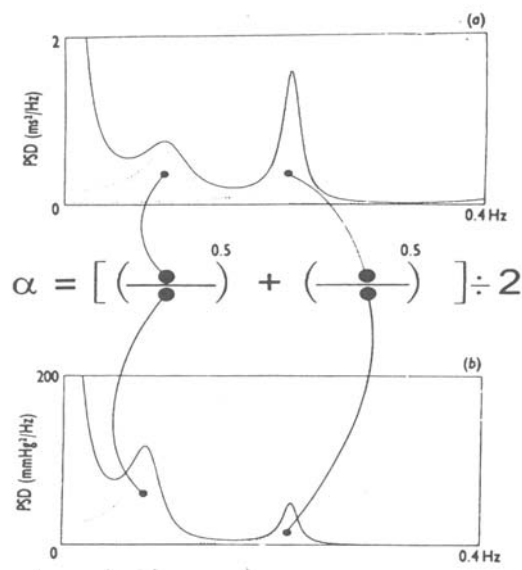
A baroreflex szenzitivitás (BRS) definíciószerűen az egységnyi szisztolés nyomásemelkedésre, vagy csökkenésre jutó RR-intervallum növekedést, illetve csökkenést jelenti. A BRS a delta szisztolés nyomás delta RR-intervallum összefüggés meredekségének ms/Hgmm dimenzióban kifejezett mértéke.

A vérnyomás-, és pulzus-fluktuációk közötti összefüggést a cross-spektrum analízis is vizsgálja. A két jel viszonyát a koherencia és a fázis fejezi ki. Azokat a frekvencia tartományokat, amelyekben a két jel lineárisan összefügg egymással a négyzetes koherencia spektrum jelöli ki. A teljes megegyezést a koherencia 1-es értéke adja. A 0 koherencia ezzel szemben arra utal, hogy a két jel között nincs összefüggés. Az értelmezéshez a 0.4-0.5-ös koherenciaszint a követelmény.

A cross-spektrális gain az adott frekvenciasávú RR-intervallum teljesítmény-, és szisztolés nyomás teljesítménysűrűség értékeiből számítjuk az alábbi képlet szerint.

$$\alpha = \frac{\sqrt{\frac{PSD(RR)_1}{PSD(SBP)_1}} + \sqrt{\frac{PSD(RR)_2}{PSD(SBP)_2}}}{2} \quad (6)$$

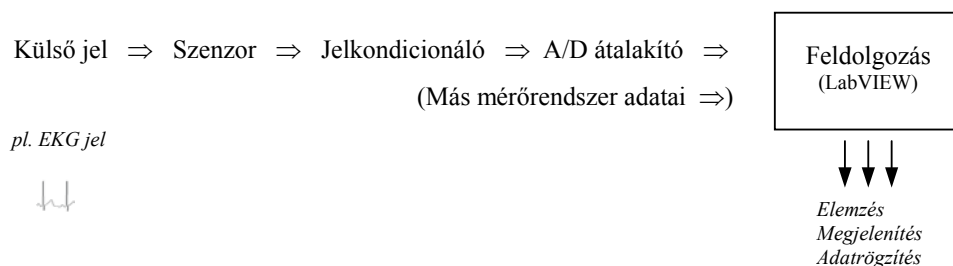
Itt az 1-es index a magas frekvencia-tartományra, a 2-es az alacsony-frekvencia tartományra vonatkozik, amint ez a 2.17-es ábrán látható.



2.17 ábra Az  $\alpha$  index kiszámításának szemléltetése [Forrás: 8]

## A virtuális mérés technika

A LabVIEW egy olyan grafikus elemekből felépülő programozási nyelv, amely alkalmas arra, hogy segítségével szinte bármilyen műszert megépítsünk a számítógép virtuális terében. Nincs szükség arra, hogy a műszerünket hagyományosan hozzuk létre, nincs szükség kapcsolókra, kijelzőkre, egyéb alkatrészekre. A műszer egy számítógép belsejében ölt formát, vezérlő gombjaihoz és kijelzőihez a képernyőn keresztül tudunk hozzáférni. A program segítségével megkonstruált virtuális műszer (VI) egy valóságos műszert modellez. A külvilággal a kapcsolatot szenzorok, A/D- és D/A átalakítók, aktuátorok biztosítják.



2. 18 ábra A virtuális műszer kapcsolata a külvilággal

A műszer döntő része tehát szoftver. Míg a hagyományos berendezések esetében szinte minden funkció a gyártó által rögzített, addig a virtuális műszer könnyen és gyorsan a felhasználás igényeihez alakítható.

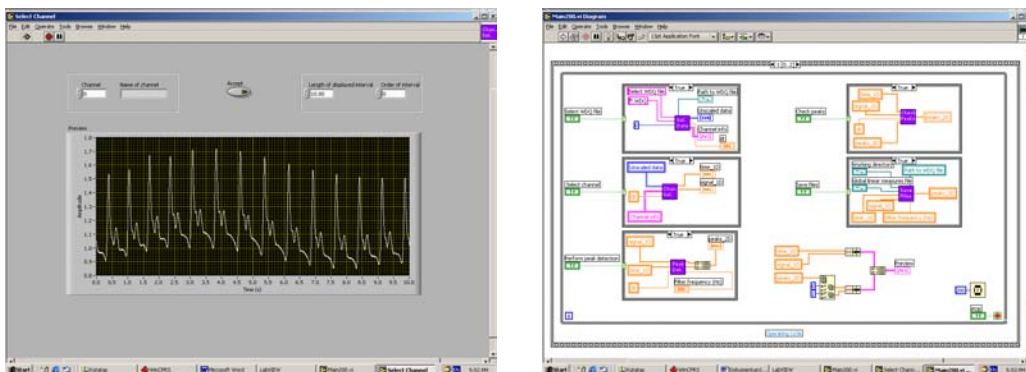
A virtuális műszer két fő része: az előlap és a diagram. Az előlap az, amely a felhasználó számára látható, rajta helyezkednek el a különböző vezérlő eszközök és kijelzők. A diagram a virtuális műszer grafikus programját tartalmazza, a hagyományos műszerek kapcsolási rajzára emlékeztet. Itt azonban a különböző alkatrészek a valóságban nem léteznek, közöttük a „drótozás” is csak egy vonal a diagramon.

A diagramra számos objektumtípus lehelyezhető: műveletek, függvények, relációk, statisztikai elemek stb. Az előlap objektumai a kapcsolók, a numerikus vezérlők, a kijelzők stb. Az előlap és a diagram közötti közvetlen kapcsolatot a terminálok biztosítják.

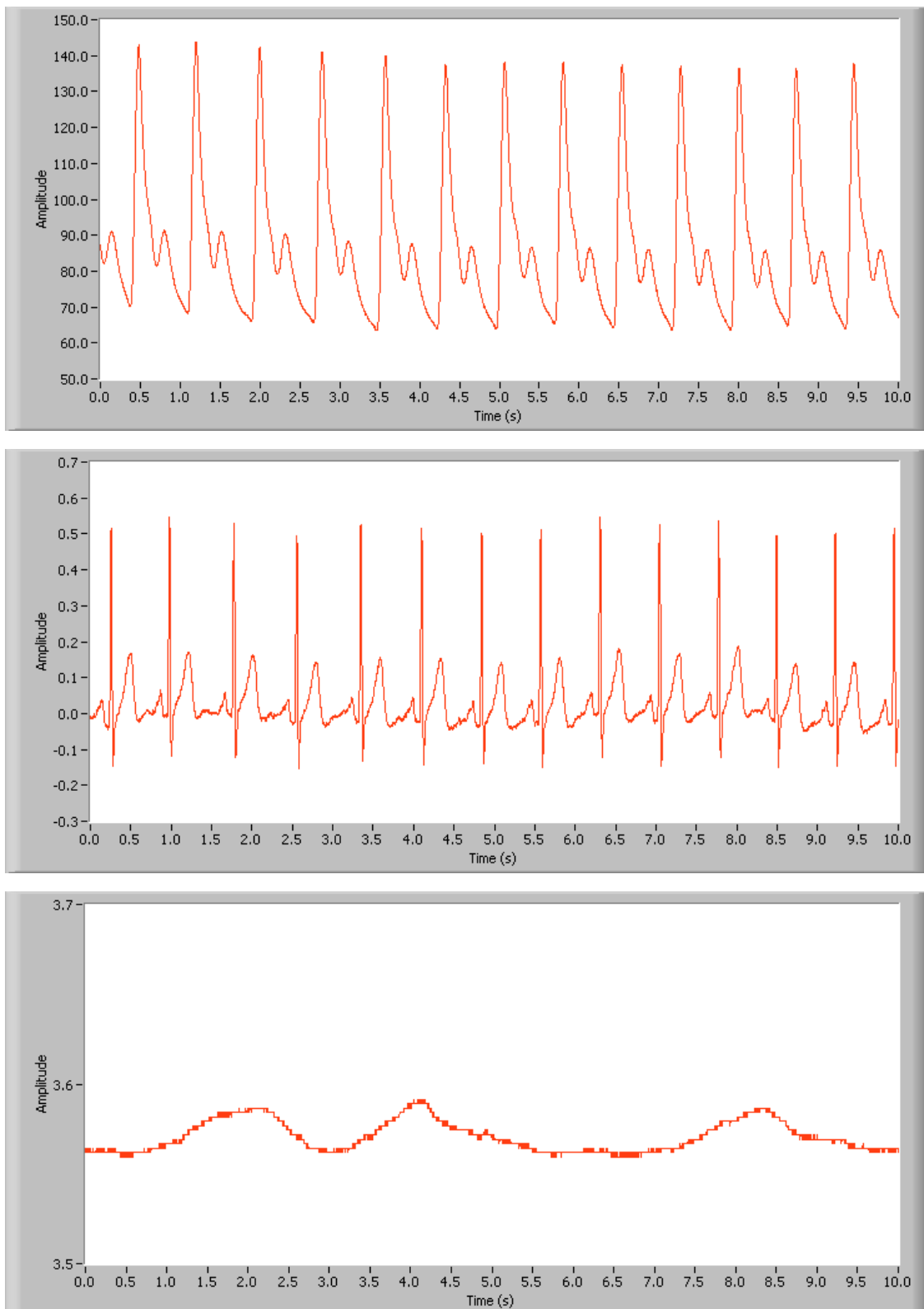
Az adatok áramlását a forrástól a fogadóig „drótok”, vonalak reprezentálják. Ha egy művelethez az összes bemenő adat rendelkezésre áll, akkor a művelet végrehajtódik és megjelenik a kimenő adat, amely a következő „dróton” fut tovább. A programozási struktúrák befolyásolják a műveletek végrehajtási sorrendjét.

A logikailag összefüggő műveletcsoportoknál képezhetünk alprogramokat, amelyeket a főprogram részeként, ikon formájában szintén letehetünk a diagramra.

A LabVIEW program segítségével készíthetünk olyan elemző műszert, amely nagyon alkalmas a korábban említett élettani jelek, így az EKG-, a vérnyomás-, és a légzésjel vizsgálatára.



**2.19 ábra** Az elemzéshez használt LabVIEW program egyik kezelő felülete és diagram panelja

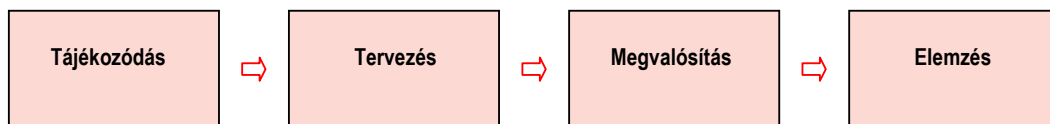


2. 20 ábra Fiziológiai jelek ábrázolása a LabVIEW program gráfjain (Rendre: vérnyomás-, EKG- és légzésjel.)

### 3. A mérési folyamat

#### A méréssorozat jellemzői

Általános értelemben a tudományos kutatás célja egyrészt lehet a jelenségek mélyebb megértése (alapkutatás), vagy a már megértett folyamatok közhasznú alkalmazásának elősegítése (alkalmazott kutatás). Más szempontból egy tudományos kutatást különböző kategóriákba sorolhatunk aszerint, hogy mit céloz meg: a jelenségek leírását, előrejelzését, vagy oksági magyarázatát. A dolgozat tárgyát képező kutatás inkább az alapkutatások csoportjába sorolható. Egy jól kontrollált kísérleti helyzetben az egyes tényezők szelektív manipulálása útján igyekszünk ok-okozati összefüggéseket feltárni. Tehát, a dolgozat orvosi vonatkozása magyarázatot keres a vizsgált jelenségek összefüggéseit illetően. Más értelemben viszont egy alkalmazott kutatással van dolgunk, hiszen egy merőben új programozási rendszer alkalmazhatóságát teszteljük valós, orvosi biológiai környezetben.



3.1 ábra A kutatási folyamat lépései

A folyamat első lépése a tájékozódás. Ez részben eredeti publikációk áttekintését jelentette, részben a témával kapcsolatos tankönyvek, szakkönyvek tanulmányozását.

Ezt követte a tervezés fázisa. Ezen belül most orvosi szempontból világítom meg a kutatási hátteret, a kutatási kérdés megfogalmazásának szempontjait.

A kardiovaszkuláris autonóm reguláció (szív-érrendszeri független szabályozás) összetett rendszere magába foglalja a keringés, elsősorban az artériás nyomás stabil egyensúlyi állapotának megőrzésére irányuló folyamatokat. A vérnyomást egyensúlyi állapotából számos hosszabb-rövidebb ideig érvényesülő élettani, illetve környezeti tényező mozdíthatja el. Ilyen faktor a testhelyzet, a mozgás, a terhelés, a légzés, a külső



hőmérséklet, hang- és fényingerek. Az artériás nyomásreguláció tekintetében a „nyugalmi helyzet” kifejezés valójában fikció, az egyensúly egymást kiegészítő és tompító folyamatok révén megvalósuló hullámzást jelent. A „jól működő szabályzás” nem szünteti meg az oszcillációkat, hanem azok mértékét csökkenti. A külső környezet, és a belső biológiai ritmusok a keringés jól felismerhető ritmikusságában tükröződnek. Ismerünk évszakos, hetes, napon belül változó ritmusokat. A keringésben észlelt lassú ritmusok feltételezések szerint összefüggnek a hormonális ritmusokkal és a hőszabályozással. A gyors ritmusok, melyek percek, másodpercek alatt zajló hullámzásokat foglalnak magukba szorosan összefüggnek a légzéssel, illetve az artériás baroreflex-szabályozással. A légzés közvetlen mechanikus hatást gyakorol a keringésre. A mechanikus hatás mértéke a légzési frekvenciától, és az egyes légzések mélységétől (*tidal volume*) függ. Bizonyos külső hatásokra (például fizikai terhelés) nem csak a keringés, hanem a légzés jellemzői is megváltoznak.

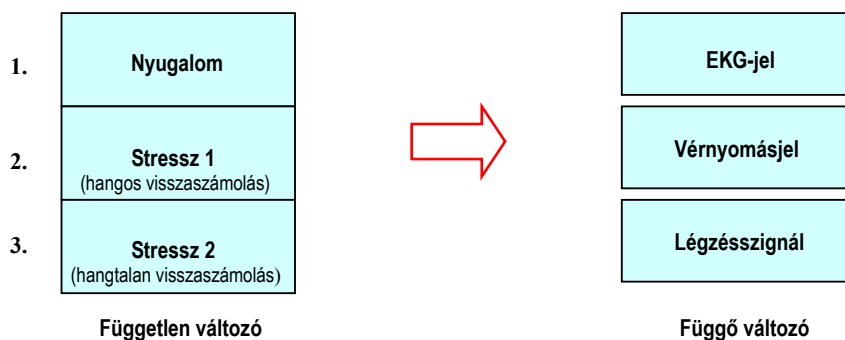
A rövid távú vérnyomás- és pulzusszám-reguláció vizsgálatok két stratégiát követnek. A vizsgálatok egy részében spontán EKG- és vérnyomás-regisztrátumokat vesznek fel. Ez a fázis részét képezi azoknak a vizsgálatoknak is, amelyekben a keringés átmeneti destabilizálódását gyógyszerinjekcióval, vagy külső manőverekkel idézik elő. Ilyen manőver lehet a vezényelt lassú légzés, az erőltetett mély belégzés vagy a mély belégzéssel rokonítható Valsalva-manőver (olyan fizikai terhelés, amelynél a vizsgálati személy egyfajta „prérelést” végez). A manővereket az orvosi gyakorlatban reflex-teszteknek nevezik, és általánosan elfogadott teszt sorozatként, úgynevezett reflex-teszt panel-vizsgálatként végzik. A fenti reflex tesztek összetett stimulusokat tartalmaznak, így például a fekvő testhelyzetből végzett felegyenesedést gyakran önkéntelen mély belégzés, illetve prérelés kíséri. A mentális terhelés feltételezés szerint a szimpatikus aktiváció fokozódásával és a paraszimpatikus aktiváció csökkenésével jár. A standardizált mentális tesztek azonban, hasonlóan a korábbiakban ismertetett reflex-tesztekhez, több tényezőt is magukba foglalnak. Egyes teszt típusokban, a vizsgálati alanyok a számítógép gombjainak lenyomásával válaszolnak. A fokozatos mentális terhelést az egyre gyorsabban sorjázó feladatok (számolás, színválasztás, stb) képezik. A terhelésre adott keringési válaszok azonban nem csak a mentális tevékenységgel, hanem az aktív izommunkával, a gombnyomás kivitelezését elindító központi paranccsal (*central*

*command*) is összefüggenek. Az egyik leggyakrabban alkalmazott mentális terhelés a perceként folytatott gyors fejszámolás. A vizsgálatot rendszerint úgy végzik, hogy a vizsgálati személy a folyamatos összeadási, vagy kivonási műveletek eredményét hangosan kimondja. Ez lehetővé teszi a vizsgáló számára az esetleges korrekciót, a hibás kalkuláció jelzését, amely önmagában fokozhatja a mentális terhelést. Egyesek a vizsgálatot „sürgetéssel” egészítik ki, ez is csak hangos számolás esetén lehetséges. A beszéd azonban önmagában is mentális terhelést jelent, és a beszéd megváltoztatja a légzési mintát, frekvenciát. Saját vizsgálatunkban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a beszéd milyen mértékben változtatja meg a mentális stressz-teszt során mért hemodinamikai (a véráramlási rendszer dinamikája) és reflex-válaszokat.

Visszatérve az általános tudományos szintre, egy kísérlet során a feltételezett oki tényezőt (független változó) módszeresen variáljuk, míg minden más tényező hatását igyekszünk kizárni. Közben mérjük a kifejtett hatást (függő változó), és vizsgáljuk a változtatás eredményeként bekövetkező különbségeket.

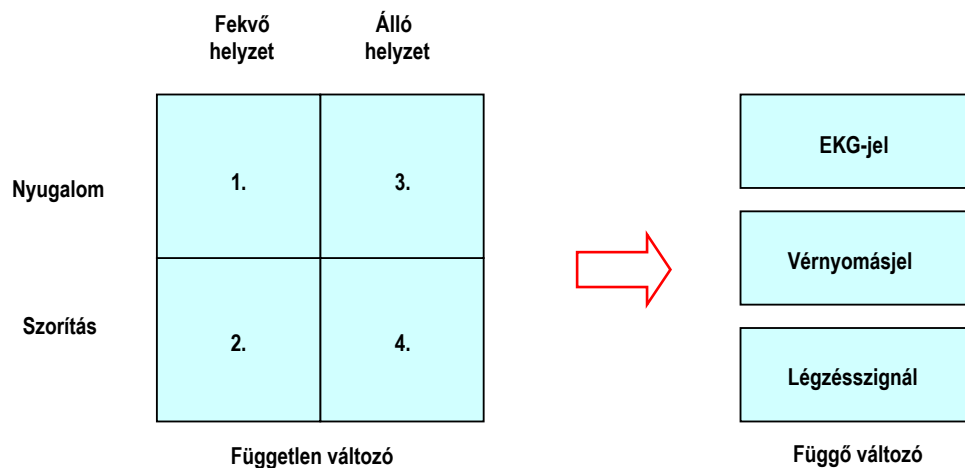
Következő lépésként meghatároztam tehát a változókat: mindkét kísérletsorozatban a független változó a szervezet izgalmi állapota, a szimpatikus idegrendszer aktivitása volt.

Az első mérésorozatban a kísérleti személyeknek a nyugalmi helyzet után 13-asával kellett visszaszámolniuk 1079-től hangosan, illetve hangtalanul. A függő változó értékei tehát: nyugalmi helyzet fekvé, stresszelt helyzet fekvé 1 (hangos visszaszámolás), stresszelt helyzet fekvé 2 (hangtalan visszaszámolás). A függő változók értékét (EKG-jel, vérnyomásjel, légzésszignál) a mérőrendszer folyamatosan vette és rögzítette 5-5 percen keresztül.



**3.2 ábra** Az első mérésorozat független- és függő változói

A második mérőszorozatban az egyik független változó a test fekvő illetve álló helyzete volt. A másik változó két értéke a nyugalmi helyzet, illetve a szorítás volt (a kísérleti személynek egy mandzsettát kellett szorítania, a nyomást egy meghatározott értéken kellett tartania), amely szintén a szimpatikus aktivitás változtatását jelentette. A függő változók értékeit (EKG-jel, vérnyomásjel, légzésszignál) a mérőrendszer szintén folyamatosan regisztrálta 3-3 percen keresztül.



3.3 ábra A második mérőszorozat független- és függő változói

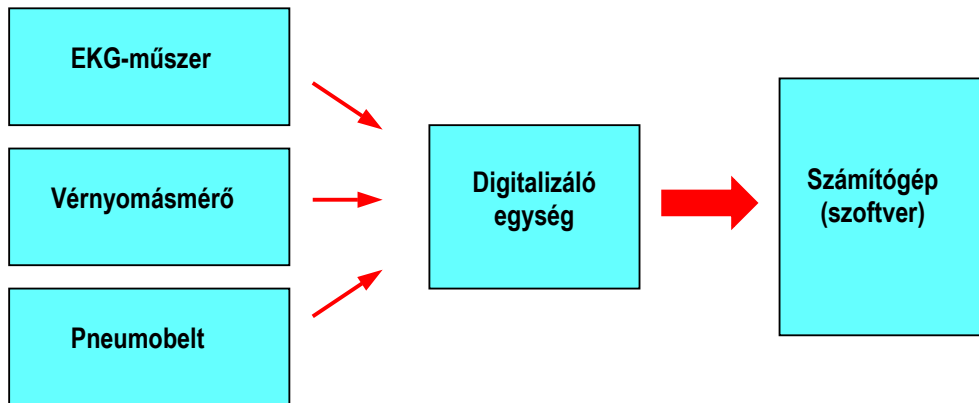
Megszületett tehát a kutatási terv. A kivitelezésre a mérőrendszer részletes ismertetése után térek vissza.

## A konkrét mérőrendszer

### A rendszer felépítése

A kísérleti személyek szív működéséről egy EKG-műszer segítségével kaptunk képet. A vérnyomást egy Penaz-rendszerű vérnyomásmérő regisztrálta. A légzésszignált egy pneumobelt szolgáltatva. A jelek egy digitalizáló egységbe futottak be, amely

megteremtette a kapcsolatot a rögzítő számítógéppel.



3.4 ábra A mérőrendszer felépítése

### Az EKG-műszer

Az EKG-jeleket egy (a már ismertetett elv alapján működő) Siemens Sirecust 730-as betegőrző monitor szolgáltatta.



3.5 ábra A méréseknél alkalmazott EKG-monitor

### A vérnyomásmérő

A vérnyomás jeleket egy Finapres 2300-as noninvazív ujj-vérnyomásmérő biztosította (a korábban közölt Penaz-féle elv alapján).



3.6 ábra A méréseknél alkalmazott vérnyomásmérő műszer

### A légzést vizsgáló rendszer

A légzésszignált egy, a saját kutatócsoport által tervezett és készített pneumobelt adta.

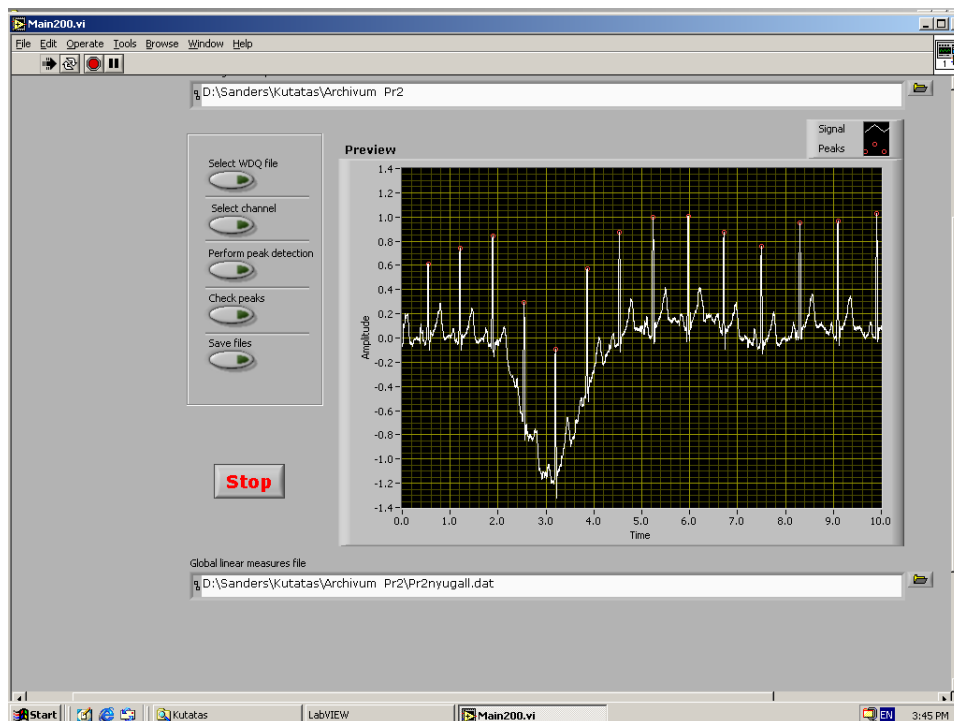


3.7 ábra A méréseknél alkalmazott pneumobelt

## Az elemző programok

A jelalakok elemzése részben egy, a saját kutató csoport által kifejlesztett LabVIEW elemző program segítségével, részben a WinCPRS nevű fizioiógiai-jelelemző programmal történt.

A LabVIEW program a bemásolt jel szakaszon elvégzi a csúskeresést (R csúcsok), majd önállóan kiszámítja az **mRR**, az **sdRR**, a **pNN50** és az **RMSSD** paramétereket. A fő számértékeket egy táblázatba rendezi, de menti a részeredményeket is.



3.8 ábra Az elemzéshez kifejlesztett LabVIEW program fő felhasználói felülete

A WinCPRS program szintén először a csúcsdetektálással kezd, majd általa megkaphatóak a **SAP-**, az **LF-**, a **HF-**, az  **$\alpha$ LF** és a **BRS** paraméterek.

A végső statisztikai elemzést a SigmaStat nevű program végezte. A szignifikancia-vizsgálatot ANOVA-tesztel végeztem a SigmaStaton belül.

## A mérés menete

### A mentális stressz-terhelés hatása a vérkeringési rendszer szabályozására

A vizsgálatban 30 kísérleti személy vett részt. Valamennyien 19 és 32 év közöttiek, egyetemi hallgatók, 15 fiú és 15 lány. A vizsgálat helyszíne egy külön erre a célra berendezett labor volt, középen egy orvosi asztallal, amely mellett egy konténerben voltak elhelyezve a műszerek. A felvétel alatt a helyiségben a kísérleti személyen kívül csak a kísérletvezető és egy asszisztens tartózkodott. A független változókon kívül valamennyi körülmény kontrollálva volt.

#### Mérési protokoll 1

##### Felkészülés

1. Regisztrálni a kísérleti személy nevét, korát stb

2. Felfektetni vízszintesen

Instrukció: *Röviden elmondjuk mi várható.*

3. Felszerelni, beállítani, ellenőrizni:

- az EKG-,
- a légzés-,
- és a vérnyomásmérőt

4. Nyugalmi helyzetben alkalmazkodás a műszerekhez

**10 perc**

Instrukció: *„Tessék nyugodtan fekéüdni! Tíz percet várunk, hogy a szervezete alkalmazkodjon a körülményekhez, megnyugodjon!”*

##### Felvétel

1. Nyugalmi spontán légzés

**5 perc**

Instrukció: *„Most öt perc nyugalmi felvétel következik!”*

2. Mentális stressz-teszt I. (A 2. és 4. pont sorrendje véletlenszerű.)

**5 perc**

Instrukció: *„Tessék magában visszszámolni 1079-től 13-asával, amilyen gyorsan tud az elkövetkezendő öt percen keresztül!”*

Metronóm zavarás indul 2 Hz-es ütemmel

3. Nyugalmi spontán légzés

**10 perc**

Instrukció: *„Ismét tíz perc nyugalom következik!”*

Metronóm kikapcsol

4. Mentális stressz-teszt II.

**5 perc**

Instrukció: *„Tessék hangosan visszszámolni 1079-től 13-asával, amilyen gyorsan tud az elkövetkezendő öt percen keresztül!”*

Metronóm zavarás indul 2 Hz-es ütemmel



3.9 ábra Felkészülés a mérésre

### A fizikai jellegű stressz-terhelés hatása a vérkeringési rendszer szabályozására

A vizsgálatban 30 kísérleti személy vett részt. Valamennyien 19 és 32 év közöttiek, egyetemi hallgatók, 15 fiú és 15 lány. A vizsgálat egyéb körülményei megegyeztek az első méréssorozat feltételeivel.

#### **Mérési protokoll 2**

##### **Felkészülés**

1. Regisztrálni a kísérleti személy nevét, korát stb
2. Megmérni a maximális szorítóerőt
3. Felfektetni vízszintesen

Instrukció: *Röviden elmondjuk mi várható.*

4. Felszerelni, beállítani, ellenőrizni:
  - az EKG-,
  - a légzés-,
  - és a vérnyomásmérőt

5. Nyugalmi helyzetben alkalmazkodás a műszerekhez

**10 perc**

Instrukció: *„Tessék nyugodtan fekvődni! Tíz percet várunk, hogy a szervezete alkalmazkodjon a körülményekhez, megnyugodjon!”*

Fekvő helyzetben hagyományos vérnyomásmérés

A szorítási érték kiszámítása (A maximális szorítás 40 % -ka.)



**Felvétel**

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. Nyugalmi spontán légzés fekvé  | <b>3 perc</b> |
| Instrukció: „ <i>Most három perc nyugalmi felvétel következik!</i> ”  |               |
| 2. A tartós szorítás vizsgálata fekvé   | <b>3 perc</b> |
| Instrukció: „ <i>Szorításával az adott értéken tessenek tartani a nyomást a mandzsettában három percig!</i> ” |               |
| 3. A vizsgálati személy felállítása, a műszerek rendezése, rövid várakozás                                    |               |
| 4. Nyugalmi spontán légzés állva  | <b>3 perc</b> |
| Instrukció: „ <i>Most három perc nyugalmi felvétel következik!</i> ”  |               |
| 5. A tartós szorítás vizsgálata állva   | <b>3 perc</b> |
| Instrukció: „ <i>Szorításával az adott értéken tessenek tartani a nyomást a mandzsettában három percig!</i> ” |               |

### **Az eredmények elemzése**

A kísérleti személyek EKG-, vérnyomás- és légzés-jeleit egy WINDAQ nevű, külön erre a célra szolgáló program rögzítette a mérések során. A jelszintek kalibrálása után a hasznos 3 illetve 5 perces jelszakaszokat vágtam ki. Majd detektáltam a csúcsokat és elvégeztem ezek ellenőrzését a korábban említett programok segítségével. A kapott adatokból a SigmaStat nevű program számolta ki a végső paramétereket. Utolsónak a statisztikai szignifikancia-szint vizsgálata következett (ANOVA).

## 4. Az eredmények értékelése

Az alábbi táblázat az első mérés sorozatnak, a mentális stressz-terhelés hatására bekövetkezett változásoknak az összesített eredményeit tartalmazza. A szám adatok az adott paraméterre kiszámolt átlagot és a  $\pm 99\%$ -os konfidencia-intervallumot mutatják.

Átlag $\pm 99\%$ -os konfidencia-intervallum	Nyugalmi	Stressz 1 (hangos)	Stressz 2 (hangtalan)
<b>mRR</b> [ms]	859 $\pm$ 59	769 $\pm$ 66	808 $\pm$ 58
<b>sdRR</b> [ms]	56 $\pm$ 10	59.6 $\pm$ 9.2	50.5 $\pm$ 9.5
<b>RMSSD</b> [ms]	42 $\pm$ 13	35.6 $\pm$ 10.3	37 $\pm$ 11
<b>pNN50</b> [%]	9.98 $\pm$ 4.64	6.9 $\pm$ 3.5	7.05 $\pm$ 3.71
<b>LF-RRI</b> [ms <sup>2</sup> ]	932 $\pm$ 346	963 $\pm$ 361	621 $\pm$ 246
<b>HF-RRI</b> [ms <sup>2</sup> ]	950 $\pm$ 526	757 $\pm$ 445	651 $\pm$ 389
<b>LF-SBP</b> [Hgmm <sup>2</sup> ]	6.4 $\pm$ 2.1	10.2 $\pm$ 2.9	6.1 $\pm$ 2.2
<b>HF-SBP</b> [Hgmm <sup>2</sup> ]	2.3 $\pm$ 1	5.2 $\pm$ 1.7	1.64 $\pm$ 0.86
<b>SAP</b> [Hgmm]	127 $\pm$ 11	136 $\pm$ 12	137 $\pm$ 14
<b>BRS1</b> [ms/Hgmm]	14.7 $\pm$ 4.9	8.95 $\pm$ 2.55	12.37 $\pm$ 4.3
<b>BRS2</b> [ms/Hgmm]	14.46 $\pm$ 3.5	10.53 $\pm$ 3	12.72 $\pm$ 4

4.1 táblázat A mentális stressz-terhelés vizsgálat összesített eredményei

Ahol az

mRR: az átlag RR-intervallum,

sdRR: az RR-szórás,

RMSSD: a szomszédos RR-intervallumok különbségének effektív értéke,

pNN50: a szomszédos RR-intervallum arány 50 ms-nál nagyobb különbségre,

LF-RRI: az RR-teljesítménysűrűség spektrum alacsony frekvenciájú tartományon,

HF-RRI: az RR-teljesítménysűrűség spektrum magas frekvenciájú tartományon,

LF-SBP: az SBP-teljesítménysűrűség spektrum alacsony frekvenciájú tartományon,

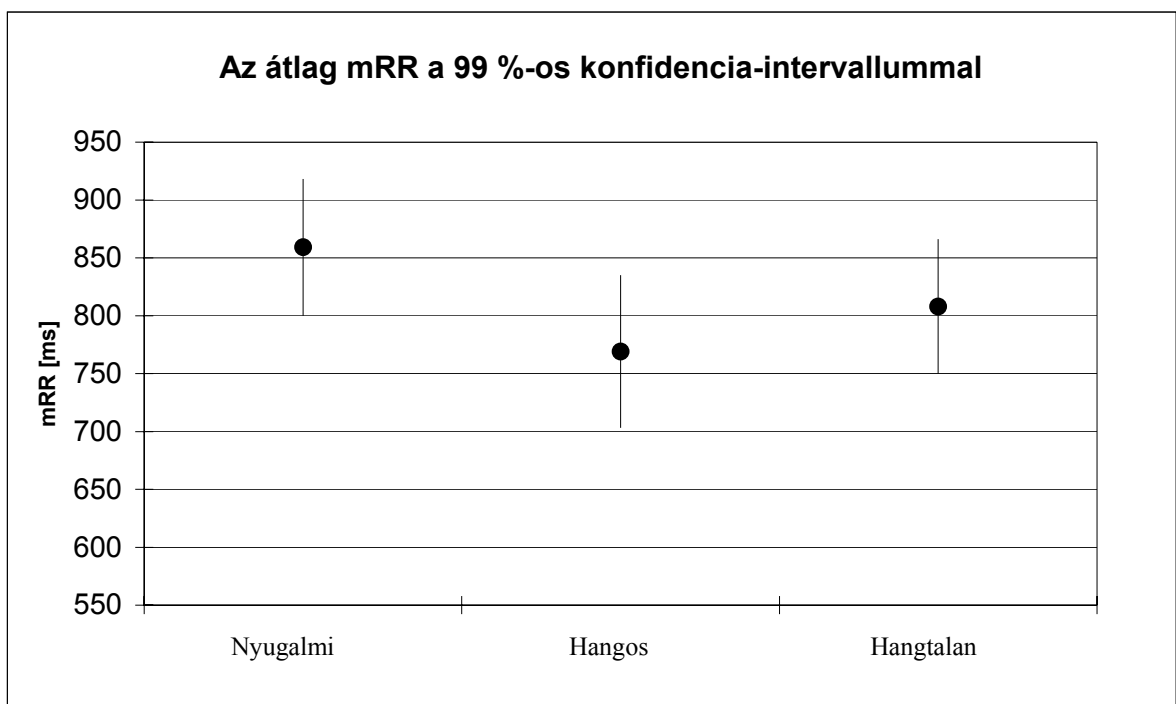
HF-SBP: az SBP-teljesítménysűrűség spektrum magas frekvenciájú tartományon,

SAP: a szisztolés vérnyomás,

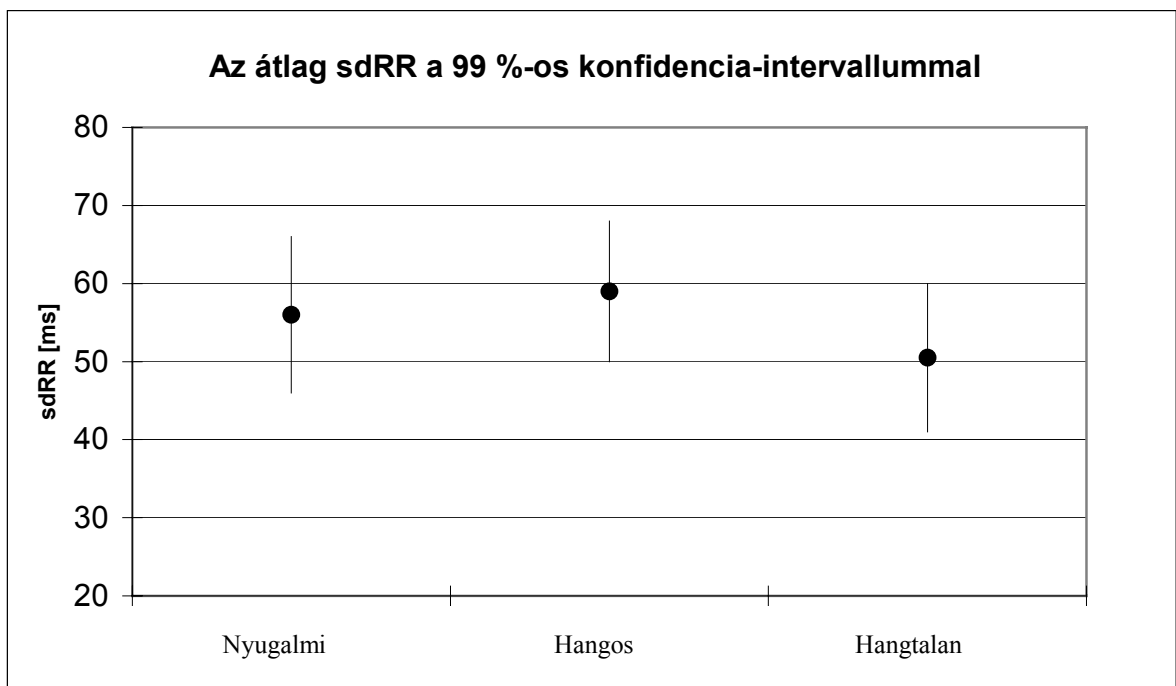
BRS1: a BRS növekvő intervallumokra,

BRS2: a BRS csökkenő intervallumokra.

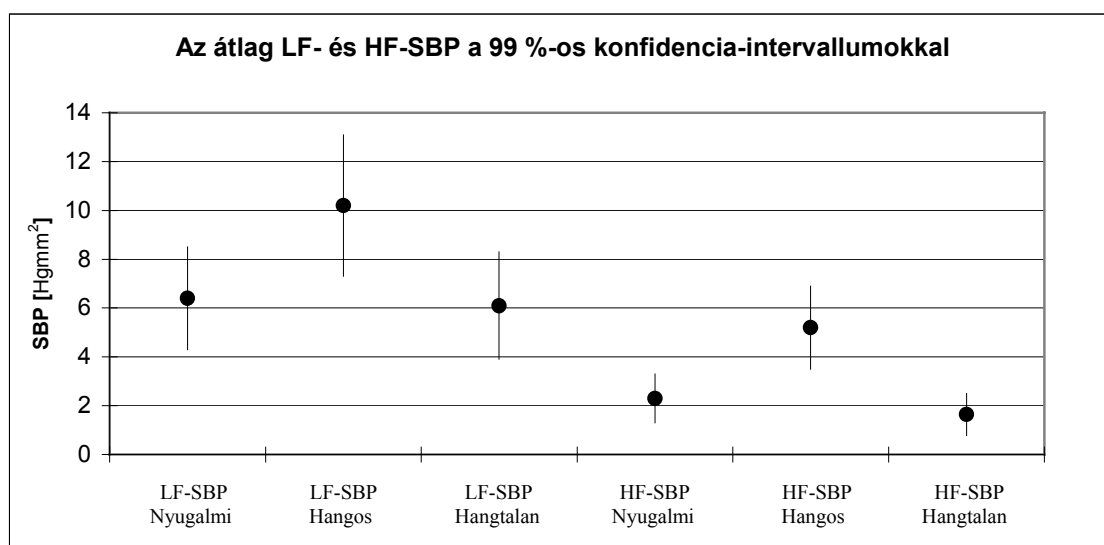
A következő grafikonokon az **mRR**, az **sdRR** és az **SBP** paramétereket ábrázoltam a kísérleti helyzet függvényében.



**4.1 grafikon** A mentális stressz-terheléses vizsgálat átlag mRR értékei



**4.2 grafikon** A mentális stressz-terheléses vizsgálat átlag sdRR értékei



**4.3 grafikon** A mentális stressz-terheléses vizsgálat átlag LF- és HF-SBP értékei

A következő táblázat a második mérés sorozatnak, a fizikai jellegű stressz-terhelés hatására bekövetkezett változásoknak az összesített eredményeit tartalmazza. A számadatok az adott paraméterre kiszámolt átlagot és a  $\pm$  99%-os konfidencia-intervallumot mutatják.

Átlag $\pm$ 99%-os konfidencia-intervallum	Nyugalom fekvő	Nyugalom állva	Szorítás fekvő	Szorítás állva
<b>mRR</b> [ms]	899 $\pm$ 46	727 $\pm$ 43	811 $\pm$ 53	673 $\pm$ 42
<b>sdRR</b> [ms]	57 $\pm$ 12	57 $\pm$ 9.4	55 $\pm$ 9.8	52 $\pm$ 9.3
<b>RMSSD</b> [ms]	48 $\pm$ 14	29 $\pm$ 9	38.3 $\pm$ 12.7	23.7 $\pm$ 6.5
<b>pNN50</b> [%]	11.48 $\pm$ 4.17	4.12 $\pm$ 2.42	6.85 $\pm$ 2.65	3 $\pm$ 1.35

**4.2 táblázat** A fizikai jellegű stressz-terheléses vizsgálat összesített eredményei

Ahol az

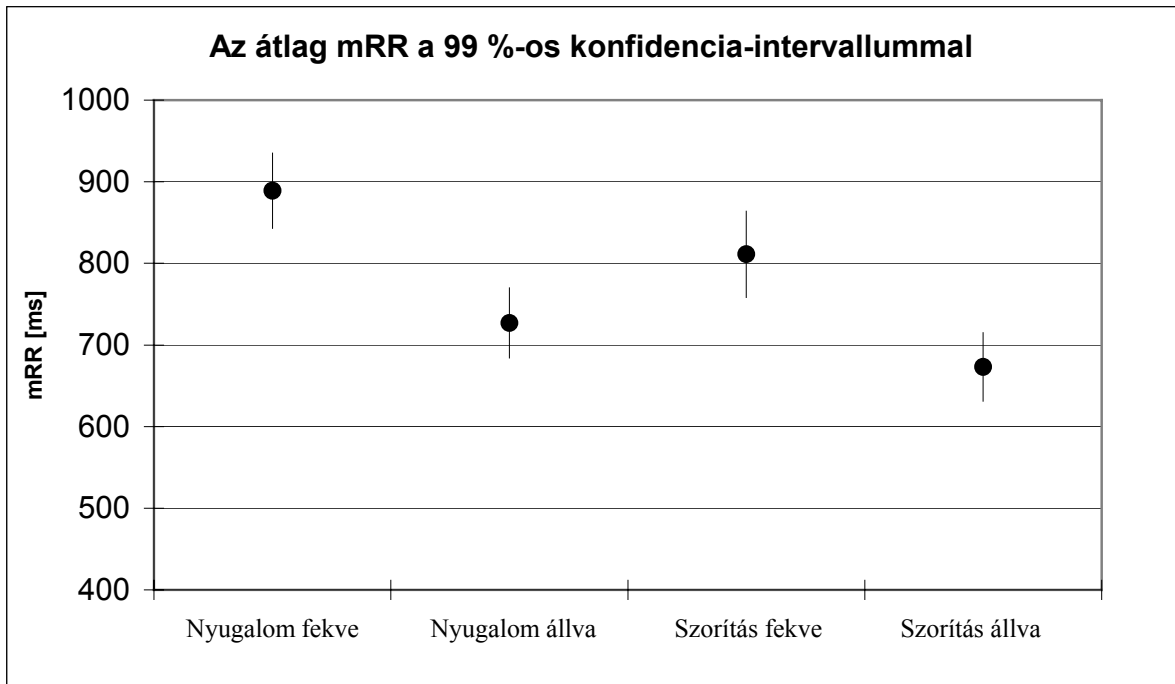
mRR: az átlag RR-intervallum,

sdRR: az RR-szórás,

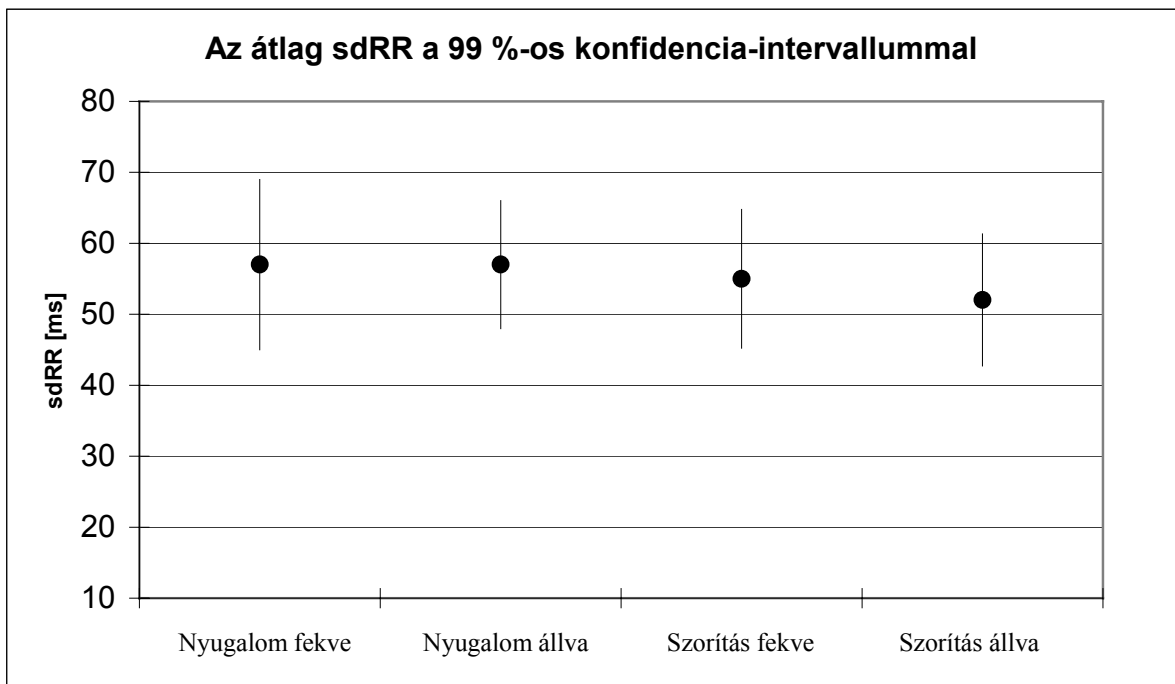
RMSSD: a szomszédos RR-intervallumok különbségének effektív értéke,

pNN50: a szomszédos RR-intervallum arány 50 ms-nál nagyobb különbségre.

A következő grafikonokon az **mRR** és az **sdRR** paramétereket ábrázoltam a kísérleti helyzet függvényében.



**4.4 grafikon** A fizikai jellegű stressz-terheléses vizsgálat átlag mRR értékei



**4.5 grafikon** A fizikai jellegű stressz-terheléses vizsgálat átlag sdRR értékei

A következő táblázatok azt mutatják, hogy az adatsorok különböznek-e egymástól  $p < 0.05$ -ös szignifikancia-szinten.

Szignifikáns-e a különbség?	Ny – S1	Ny – S2	S1 – S2
<b>mRR</b> [ms]	I	N	N
<b>sdRR</b> [ms]	N	N	N
<b>RMSSD</b> [ms]	N	N	N
<b>pNN50</b> [%]	N	N	N
<b>LF-RRI</b> [ms <sup>2</sup> ]	N	N	N
<b>HF-RRI</b> [ms <sup>2</sup> ]	N	N	N
<b>LF-SBP</b> [Hgmm <sup>2</sup> ]	I	N	I
<b>HF-SBP</b> [Hgmm <sup>2</sup> ]	I	N	I
<b>SAP</b> [Hgmm]	N	N	N
<b>BRS1</b> [ms/Hgmm]	I	N	N
<b>BRS2</b> [ms/Hgmm]	I	N	N

**4.3 táblázat** A mentális stressz-terheléses vizsgálat szignifikancia megfelelései  $p < 0.05$ -ös szinten

ahol Ny: a nyugalmi-, S1: a hangos-, S2: a hangtalan helyzet

Szignifikáns-e a különbség?	NyF – NyÁ	SzF - SzÁ	NyÁ – SzÁ	NyF – SzF
<b>mRR</b> [ms]	I	I	N	I
<b>sdRR</b> [ms]	N	N	N	N
<b>RMSSD</b> [ms]	I	I	N	N
<b>pNN50</b> [%]	I	I	N	N

**4.4 táblázat** A fizikai jellegű stressz-terheléses vizsgálat szignifikancia megfelelései  $p < 0.05$ -ös szinten

ahol F: a fekvő-, Á: az álló-, Ny: a nyugalmi-, Sz: a szorításos helyzet

## A vizsgálati eredmények értelmezése

A vizsgálati eredmények alapján a beszéddel nem kombinált matematikai feladat az átlagos szisztolés vérnyomás mérsékelt, statisztikailag nem szignifikáns emelkedéséhez és az RR-intervallum ugyancsak mérsékelt, nem szignifikáns rövidüléséhez vezetett. A pulzusszám-variabilitás idő- és frekvenciatartománybeli mutatói és a baroreflex értékek változása minimális volt.

A hangos beszéddel kombinált mentális terhelés eltérő eredménnyel járt. A szisztolés vérnyomás növekedése ezúttal sem érte el a statisztikai szignifikanciát. Ugyanakkor a szisztolés vérnyomás-hullámozás, mint ahogy azt az alacsony és magas frekvenciájú teljesítmény-spektrum jelezte, szignifikáns módon növekedett. Jelentős, statisztikailag szignifikáns átlagos RR-intervallum csökkenést észleltem (90 ms). A pulzusszám-variabilitási paraméterek közül nem változtak sem az idő-, sem a frekvenciatartományba tartozók. Az emelkedő és süllyedő szekvenciákon alapuló spontán BRS értékek szignifikáns módon csökkentek a hangos beszéddel kombinált terhelés során.

A hangos beszéddel kombinált terhelés hatásai megegyeztek az irodalomban korábban publikált adatokkal. Az átlagos RR-intervallum csökkenés hátterében mind a szimpatikus aktivitás fokozódása, mind a paraszimpatikus aktivitás csökkenése feltételezhető. A szisztolés vérnyomás mérsékelt emelkedése, csak úgy, mint az alacsony frekvenciasávú SAP-spektrumban (szisztolés vérnyomás spektrum) észlelt szignifikáns növekedés ugyancsak szimpatikus aktivitásnövekedéssel magyarázható. Érdekes megfigyelés a magas frekvenciasávú SAP-spektrum érték-növekedése. Ez a frekvenciasáv a légzés mechanikus hatásait tükrözi, s így a hangos beszéddel járó légzés-változást mutatja.

A beszéddel kombinált mentális terhelés és a néma terhelés különbségeit több tényező magyarázhatja. Bár vizsgálatunkban nem alkalmaztunk „sürgést” és „durva kritikát” a stressz helyzet fokozására, a folyamatos visszajelzés, és a hibák tudatosítása miatt elképzelhető, hogy a hangosan végzett matematikai feladat valóban nagyobb terhelést jelent, mint a néma számolás. A másik ok lehet a légzési mintának csak a beszédre jellemző változása.

A testhelyzet és a kardiovaszkuláris reguláció összefüggéseit a szegedi kutatócsoport már korábbiakban kimerítően tanulmányozta. Összességében jellemző az átlagos RR-intervallum rövidülés, a pulzusszám-variabilitás paramétereinek csökkenése, a vérnyomás-hullámzás felerősödése, és a BRS értékek csökkenése a terhelt helyzetekben. Jelen vizsgálatunk megerősítette a korábbi megfigyeléseket. Az izometriás terhelés és az ortosztázis (fekvő helyzetből történő felállás) interakciójáról kevés adat áll rendelkezésre. Eredményeink alapján az ortosztázisra jellemző változások kimutathatóak abban az esetben is, ha az összehasonlítást vízszintes testhelyzetű és felegyenesedett helyzetű terhelés során végezzük.



## 5. Összefoglalás

Láthatóvá vált, hogy az emberi keringési rendszer szabályozása non-invazív módszerekkel jól vizsgálható. Az alkalmazott korszerű műszerek, adatgyűjtési és elemzési eljárások megbízható képet adtak a keringési rendszer mögöttes működéseit illetően.

A dolgozat első részében áttekintettem az idekapcsolódó fontosabb fiziológiai folyamatok, majd ezen orvosiológiai jelek mérési és elemzési lehetőségeit.

Az ezt követő részben bemutattam a konkrét mérő- és elemző rendszert.

Majd a teljes mérési folyamat megvilágítására tértem rá. Az első méréssorozatban a mentális stressz-terhelés hatását vizsgáltam a vérkeringési rendszer szabályozására 30 kísérleti személyen. A második sorozatban a fizikai jellegű stressz-terhelés állt a középpontban. Ez után tértem ki az elemzési eljárásokra.

Az eredmények azt mutatták, hogy a hangos és hangtalan visszszámolás által kiváltott stressz-terhelés eltérő módon befolyásolta a keringési rendszer szabályozását. A jelenség magyarázható a beszéd hatására megváltozó légzési jellemzőkkel, ennek bizonyítása további vizsgálatokat igényel.

Kutatásaimat az SZTE Orvostudományi Karának Belgyógyászati Intenzív Osztálya és az SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék együttműködésének keretében végeztem.

## **Az emberi tényező a kutatásban**

E fejezet élesen elkülönül a dolgozat többi részében tárgyaltaktól. Az emberi tényező szerepét vizsgálom általában a kutatási tevékenységgel kapcsolatban. Teszem ezt azért, mert a kutatási folyamat legfontosabb eleme maga az ember, az ember mint személyiség, az ember mint problémamegoldó, gondolkodó lény. Teszem ezt azért is, mert ez az egyik legfőbb érdeklődési területem és e dolgozat nagyszerű lehetőséget kínál arra (megengedték), hogy összefoglaljam azt, ami a tárgykörben eddig a látóterembe került. Kísérletet teszek az alkotóképesség összetevőinek azonosítására.

A kutatói tevékenységet először a tehetség oldaláról közelítem meg. Tehetségről akkor beszélhetünk, ha az adott egyén valamilyen tevékenységében az átlagosnál magasabb szinten teljesít. A tehetség természetét illetve kibontakozásának optimális feltételeit illetően állandóak a viták még ma is. Vannak családok, ahol halmozottan fordul elő, így a tehetség bizonyos típusai esetén szerepe lehet az öröklődésnek. Ilyen például a zenei tehetség. Azonban, a tehetség bármely megnyilvánulását gének sokasága határozza meg, továbbá megfelelő környezeti hatások nélkül a legígéretesebb tehetség kibontakozása is kérdéses. Az, hogy valaki tehetséges, csak egy benne rejlő lehetőség, és nem egy elért szintet fejez ki. A magas szintű intelligencia szükséges, de nem elégséges feltétele a tehetség meglétének. Az alkotóképesség szinte minden fajtája fokozott érzékenységgel jár. Fontos összetevő a kreativitás is.

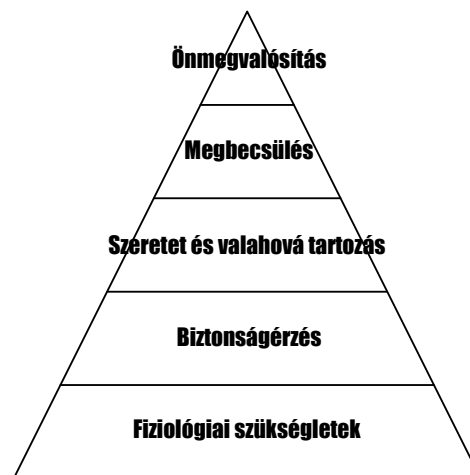
A kiemelkedő tehetségek egy része igen korán nyilvánul, ezek közé tartoznak a zenei vagy a matematikai tehetségek. Az írói és költői tehetségek érési ideje hosszabb. A tehetséges gyerekek gyakran nehézségekkel küzdenek társas helyzetben, sokszor teljesítményük visszafogásával igyekeznek elérni, hogy a többiek elfogadják őket. A valóságban a tehetség igen összetett, a kognitív képességek mellett vannak társas alkalmazkodásbeli, érzelmi és motivációs feltételei is.

Egy kutató hatékonyságának tekintetében nagyon fontos összetevő az intelligencia. Intelligencián általában az egyén értelmességének mértékét értik, amely a problémamegoldási készségnek az egyénre jellemző foka. Ez, magába foglalja a tanult ismeretek hatékony alkalmazásának képességét is.

Hasonlóan fontos az alkotóképesség, a kreativitás. Ez az embernek az a képessége, amellyel túllép a tanulással elsajátítható tudásán, és ahhoz viszonyítva újat fedez fel, eredeti produktumot hoz létre.

A kreatív személyiség leírása olyan sajátosságok alapján történhet, amelyek tudósok és művészek életrajzában vagy mások általi jellemzésében, esetleg pszichológiai eljárásokkal történt vizsgálatában gyakran megjelentek. A kreatív egyén intelligenciatesztekben jól, de nem feltétlenül kiemelkedően jól teljesít. Érdeklődése a választott terület iránt igen intenzív. Vonza az újszerű feladatokat, és kitartóan keresi a megoldást. Két fő irány különült el a kreatív folyamat értelmezésében. Az egyik az újszerű alkotás létrehozását lényegében véletlen eseménynek képzei el, amelynek valószínűségét befolyásolja a tudásanyag nagysága, valamint a gondolkodási folyamat sebessége. A másik irányzat szerint az alkotás célirányos folyamat, amelyet korlátok közé szorít a kitűzött cél. Ez az értelmezés a kreativitást tulajdonképpen a problémamegoldással azonosítja.

Az alkotó tevékenység fontos vonatkozása a motiváció, melyet a viselkedést kiváltó belső késztetéssel azonosíthatunk. Legalapvetőbb típusai a szervezet belső biológiai egyensúlyát tartják fenn. A közvetlen ön- és fajfenntartáson is túlmutató késztetés a kíváncsiság. E motívum közvetlen kiváltó oka feltehetőleg az, hogy az idegrendszernek ismétlődő ingerlésre van szüksége a normális működés fenntartásához. Az igény szint is sajátosan emberi, amely magába foglalja az önmagunkkal szembeni teljesítményelvárást. Létezik egy belső hajtóerő (drive), amely a szervezetet az adott viselkedésre készíti. Freud pszichoanalitikus elméletében ez az erő a szexualitásból és az agresszivitásból származik. Az intellektuális érdeklődést a szexuális késztetés átlényegülésének, szublimációjának gondolta Freud. Adler felfogása szerint az emberi viselkedés végső mozgatórugója az a törekvés, amely a gyenge,



1. ábra Maslow szükséglet piramisa

kiszolgáltatott gyermeket arra indítja, hogy belőle a környezetét hatékonyan alakítani képes, erős, aktív felnőtt váljon. Adler azt feltételezte, hogy akinél kisebbségi érzések jelennek meg (valamilyen értelemben fogyatékosnak érzi magát), annál kompenzáló folyamatok aktiválódnak, és a személy fölényre fog törekedni. Maslow motivációs rendszere egy piramist formál. A piramis alján az alapvető motívumok állnak (éhség, szomjúság stb.). A piramis csúcsán az önmegvalósítás igénye helyezkedik el. Maslow össze is állított egy vonás struktúrát, amellyel az önmegvalósító személyek szerinte rendelkeznek. Nézzünk néhányat ezek közül:

*„Az önmegvalósító személyek...*

*hatékonyan és pontosan észlelik a valóságot,*

*elfogadóak önmagukkal, más emberekkel és a természettel kapcsolatban,*

*spontánok gondolataikban és érzelmeikben...*

*a tevékenységek folyamatát önmagáért méltányolják...*

*kreativitásuk és találékonyságuk gyermeki és friss...*

*elég erősek, függetlenek és saját meglátásaik által irányítottak ahhoz, hogy*

*néha személyesnek, indulatosnak, sőt akár könyörtelennek is tűnjenek.”* [Forrás: 17]

Maslow szerint az önmegvalósítás állapotában az ember az ún. csúcslélményt éli át. Ekkor a személy teljesen belefeledkezik az őt érdeklő tevékenységbe, időérzéke elvész, egyé válik a környezetével, egyfajta „áramlatba” kerül. [17]

Vizsgáljuk most meg, hogy a tudásbeli különbségek milyen viselkedésbeli különbségekkel járnak egy adott területen a kezdők és szakértők között. Szakértelmen itt most azt értem, hogy az egyén egy konkrét területhez (például fizika) nagyon ért. A kezdő-szakértő összehasonlítás a sakk területén tehető meg a leglátványosabban. A játék során a kiinduló állapotból, amikor az összes bábu a helyén van, egy olyan állapotba kell eljutni, ahol az ellenfél matt-helyzetbe került. Minden egyes lépéssel a kínálkozó lehetőségek száma exponenciálisan növekszik. Több vizsgálat kimutatta, hogy a sakk-nagymesterek nem számítanak ki több lépést előre, nem kutatnak mélyebben, mégis kevesebb időbe került egy-egy lépés megtétele, mint a sima, jó játékosok csoportjának. További különbség, hogy a nagymesterek lépései jobbak. [16]

A fizika területén – hasonlóan a sakkhoz – a kezdőknél hiányoznak a kifinomult sémák a problémák megoldásához. Nincsenek meg azok az asszociációs kapcsok, amelyek a problémát a fizika törvényeihez kötik. Ezért a kezdők a megfelelő tudás hiányában ötletszerű módszerekre kénytelenek hagyatkozni, mintha rejtvényt fejtenének. A kezdők a problémákat felszíni jellemzők alapján igyekeznek osztályozni, például van-e benne lejtő, emelő, súrlódás stb. A szakértők viszont azonosítják azokat az elveket és törvényeket, amelyek alapján a problémát meg lehet oldani. A kezdők a célt tekintik kiindulópontnak, megkeresik azt a képletet, amely tartalmazza a keresett mennyiséget és elkezdnek számolni, tehát visszafelé haladnak a problémamegoldásban. A szakértők ezzel szemben részletesen kidolgozzák a problémák reprezentációját, megkeresik a kapcsolódó elveket, és csak ezután kezdenek a feladat megoldásához, tehát előre, egy megoldás irányába dolgoznak. További különbség, hogy szakértők sokkal több időt töltenek az elemzéssel, mégis lényegesen gyorsabban oldják meg a feladatot, mint a kezdők. [16]

A fizikus szakértelem egyik összetevője, hogy sok korábbi problémát oldottak meg, így releváns sémák sokaságával rendelkeznek, másrészt asszociációs csatornák alakulnak ki az adott kérdés és a lehetséges válaszok között.

Az előbbieken többször használtam a séma szót. Sémán egy mentális modellt értek, egy aktívan változni képes mintát, egy olyan reprezentációt, amely más sémákkal együtt bonyolult rendszerekbe szerveződik. A sémák minőségének és mennyiségének kiemelt jelentősége van abban, hogy az adott egyén esetében mekkora szakértelemről beszélhetünk a kérdéses területet illetően.

Ha kezdő valaki például a fizika területén, nagyon kevés konkrét ismerettel rendelkezik, mindössze néhány 10 sémával. Ezért a problémamegoldásban a hétköznapi sémáit próbálja alkalmazni, a gondolkodási stílusa ötletszerű, az intuícióra alapoz. A problémát szakszerűen megfogalmazni nem tudja.

Néhány éves fizikatanulás után a sémák száma már elérheti a néhány 100-at. Ezek még mindig egyszerű felépítésűek. A problémamegoldás módja gyakran még logikátlan, mert a szakmai sémák keverednek a hétköznapi sémákkal. Nem tudja magát jól kifejezni a szakmai sémák segítségével, ezért a kifejezőmódja a laikusok számára nehezen érthető. Viszont már tudja, hogy mit nem tud még.

Öt év fizika tanulás után a sémák száma már elérheti a néhány 1000-et. Ez már alkalmazható tudás, a szakmai sémák különváltak a hétköznapi sémáktól, az összetettség foka magas. A problémamegoldás analitikus, logikus, racionális, a problémát sémái segítségével lépésről lépésre oldja meg. Eddig a szintig lehet eljutni a megfelelő elméleti és gyakorlati oktatás keretében.

A következő szintet a sakkból átvéve nagymesteri szintnek nevezhetnénk. Ide már nem elég csak a tanulás, ide az kell, amivel a fejezetet kezdtem: tehetség. A tehetség a tanulás szakaszában gyorsabb növekedési pályára áll. Ezt főleg az teszi lehetővé, hogy az adott szakma által megkövetelt sémaszerveződéshez közel állnak a már meglévő, hétköznapi sémaszerveződései. A nagymesteri szinten a sémák száma már néhány 10 000 és felépítésükre az összetett, analógiás szerveződés a jellemző. A gondolkodási stílus visszatér az intuitívhez, a nagymester levezetés nélkül képes a probléma lényegére tapintani, ráérez a megoldásra. Többnyire találó analógiákkal fejezi ki magát és képekben gondolkodik. Az érési idő minimum 10 év. [18]

Több anekdota is azt sugallja, hogy az analógiáknak fontos szerepe van az ismeretlen problémák megoldásában. Rutherford például a Naprendszer analógiáját használta az atommag szerkezetének leírására. Einstein fénysugáron lovagolt gondolatban a speciális relativitás elmélet megalkotása közben. Ilyenkor az egyik gondolathalmaz fogalmi szerkezetét (pl. a Naprendszer) a másik gondolathalmazra (pl. az atom szerkezet) képezik le. Az analógiás gondolatok és a „képi sejtések” a nagymesteri szint jellemzői. [16]

Alaptartomány	Céltartomány
Naprendszer	Atom
A Nap vonzza a bolygókat.	A mag vonzza az elektronokat.
A Nap nagyobb, mint a bolygók.	A mag nagyobb, mint az elektronok.
A bolygók a Nap körül keringenek.	Az elektronok a mag körül keringenek.
A bolygók a tömegvonzás és a tömegkülönbség miatt keringenek a Nap körül.	Az elektronok az elektromos vonzás miatt keringenek a mag körül.
A Föld nevű bolygón élet van.	Nincs megfelelés.

1. táblázat A Naprendszer / atom analógia [Forrás: 16]

A kognitív pszichológiai megközelítés után, most vizsgáljuk meg a tehetség kérdését az analitikus pszichológia nézőpontjából. Ez az irányzat nagy jelentőséget tulajdonít a

tudattalan lelki folyamatoknak és idevágó következtetése, hogy bármilyen mély gondolat, így a tudományos alkotás sem jöhet létre a teljes személyiség, illetve a tudattalan részvétele nélkül.

Az analitikusok a szorongást olyan veszélyt jelző mechanizmusnak tekintik, amely figyelmezteti az ént, hogy várhatóan valami kellemetlen következik. Ez a szorongás lehet valós fenyegetés által kiváltott vagy szoronghat az egyén attól, hogy saját impulzusai ki kerülnek az ellenőrzése alól, és olyat tesz, amely büntetést von maga után, de szorong az egyén akkor is, ha megszegett vagy megszegni készül egy „beégett” erkölcsi szabályt. A szorongást csökkentheti az én a racionális problémamegoldó erőfeszítések növelésével, de – főleg nem valós szorongás esetén – alkalmazhat ún. elhárító mechanizmusokat is. Ezek a mechanizmusok tudattalanul működnek, és az én védelme érdekében eltorzítják, átalakítják, meghamisítják a valóságot. [17]

A legtöbb énvédő mechanizmus káros a teljesítményre és az alkalmazkodásra, a személy a képességei alatt teljesít. Ilyenek például az elfojtás, a tagadás stb.

Az egyik legalapvetőbb „negatív” mechanizmus, a regresszió azonban fontos szerepet játszhat a művészi alkotások megszületésénél és a kutatók mentális működésében. Ilyenkor a személy a megküzdés érettebb módjait feladja, és egyszerűbb, infantilis formát választ. Belemerül egy gyermeki fantáziajátékba, amelyből ki is tud lépni, közben értékes rajz, vers, zenemű vagy tudományos alkotás születhet – az eredeti problémát persze nem oldotta meg, csak alacsony szinten.

Már a normális emberi működések körébe tartozik az eltolás és a szublimáció énvédő mechanizmusa. Az eltolás esetén a személy a krízisben rejlő lelki fájdalmat az én számára elviselhető formára alakítja, eltolja egy olyan céltárgyra, mely kevésbé fenyegető. A szublimáció esetén a saját késztetéseit találja veszélyesnek és átalakítja ezeket az impulzusokat. Így például az agresszió nyílt kifejeződése helyett, teljesen tudattalanul egy művészeti alkotásban szabadul fel az energia. Például regényt ír a háború borzalmairól vagy képet fest stb. [13]

A szinte egyedüli „pozitív” mechanizmus az elaboráció, melynél a személy képességei fölött teljesít, alkalmazkodási szintje javul. Itt a veszélyes tendenciák tudatból történő teljes kiszorítása nem történik meg. A személy együtt él a jelenlévő feszültséggel és napról-napra újra elhárítja, feldolgozza azt. Az elaboráció elősegíti egy sajátos

életvezetés, egy hasznos mentális szokásrend kialakulását, de a jelenlévő indulati feszültség labilissá teszi a személyiséget, veszélyeztetett egyensúly alakul ki. [19]

Lényege, hogy a védelem a teljesítménynek és az alkalmazkodásnak egy magasabb szintjén érvényesül a zavaró hatások felhasználásával.

A Rorschach-teszt esetén (Ez egy olyan teszt, ahol a vizsgált személy jelentés nélküli foltoknak ad jelentést. A személy a strukturálatlan ingerbe olyan választ vetít bele, amely nem az ingerben, hanem önmagában van jelen. A támpont nélküli helyzetben belső támpontot keres, e válasz jellemző lesz rá és kifejezi a tudattalan folyamatait.) például „két



2. ábra A Rorschach-teszt foltjaihoz hasonló folt

ember”-t lát, de kiegészíti ezt: „két varázsló”. Ezzel túl lép a sablonos válaszon. Vagy a személy a kép által felidézett feszültséget átfordítja. A zavaró kétdimenziós képbe egy háromdimenziós tájat lát bele felülről, perspektívából nézve. Előfordulhat az is, hogy egy színhatás a képről a mélyben heves indulatot vált ki, de ezt a személy megfékezi és alkalmazkodik: „Tűz. Az űrhajó, miközben halad előre, tüzel”, ezzel a színvonal javul. Működik tehát egy fékrendszer, amely erőfeszítéssel és belső fegyellemmel feldolgozza a teljesítményt zavaró hatást.

Az elaboráció gyakran a tehetség egyik jegye. Komoly többletet visz a mentális működésbe. Megjelenik mint kreativitás, hiszen általa átstrukturálódik a szemlélet, az értelmezés eltávolodik az általánostól, a személy mindig új megoldást keres. Kialakul egy non-komformista beállítódás is, ahol az átlagostól eltérő sokkal értékesebb, mint a megszokott, például egy meghökkentő megoldás egy problémára sokkal érdekesebb, mint a sablonos válasz. Továbbá az elaboráció által nagyban megerősödik az akarat szabályozás, a személy hatalmas erőfeszítésre lesz képes. [19]

Ha a magas intellektuális szint elaborációs mechanizmusokkal jár együtt a személy különleges alkotásokat hozhat létre. Számos kiemelkedő író, költő, tudós volt ilyen.



Hogyan fognánk hozzá, ha lehetőségünk nyílna arra, hogy összeválogathatjuk egy ideális kutatócsoport tagjait? Úgy gondolhatnánk, hogy csapatunknak csupa intelligens emberből kell állnia, akik könnyedén megbirkóznak a komolyabb feladatokkal is.

Számos kísérletet folytattak problémamegoldó, illetve vezetői csoportokkal, ahol tesztelték az előbbi gondolatot. Az alapfeltevés az volt, hogy egy olyan játékban, ahol az intellektuális képességek komoly szerepet kapnak, egy intelligens személyekből álló csoport nyilvánvalóan győzni fog. Ezek az ún. Apolló-teamek azonban rendre az utolsó helyen végeztek (feltéve persze, hogy a feladat elért egy minimális összetettségi fokot).

Az Apolló-teamek a tapasztalatok alapján nehezen irányíthatóak. A különösen intelligens tagokból álló csapatok tagjai az idő nagy részében meddő vitákat folytattak egymás között. Mindannyian saját határozott álláspontjuk helyességét hangsúlyozták a többieknek. A tagok hajlamosak voltak a személyes meggyőződésük alapján cselekedni, és nem vették tekintetbe, hogy álláspontjuk elfogadható-e a többi csapattag számára. A nagy-nehezen meghozott döntéseiket nem alapozták egységes koncepcióra, jelentős volt az összehangolatlanság. Egy-egy személy munkájának az eredményét gyakran lerontották a többiek azáltal, hogy az övétől eltérő elképzelések szerint cselekedtek. Számos sürgető és fontos feladatot egyszerűen nem is hajtottak végre a problémamegoldása során. Végül a bekövetkező kudarcért hajlamosak voltak kölcsönösen egymást hibáztatni. Az ilyen típusú csapat leggyakrabban képességein alul teljesít. Együtt nem tudnak azon a színvonalon működni, amelyet az egyes résztvevők tehetségének ismeretében elvárhatnánk. [14]

Javíthat a helyzeten egy olyan vezető, aki intelligensebb az átlagosnál, de nem feltétlenül intelligensebb a csapat többi tagjánál, kevésbé domináns személyiség, szkeptikus, a gyakorlati problémák nem kötik le, inkább az elvont gondolkodást részesíti előnyben. Az ilyen vezető aktív munkálkodásra serkenti a csapat tagjait, de hiányzik belőle az a törekvés, hogy mindenképp ő legyen „a nagy vezető”.

Egy klasszikus kooperatív vezetőnek tudnia kell, hogy hogyan lehet kibontakoztatni a csoportban rejlő lehetőségeket. Felismer és bátorít mindenféle kreatív megnyilvánulást, ha az a csapat céljai érdekében felhasználható. Viszont az a vezető, aki a kimagasló képességű egyének élére kell, nem szorgalmazza túlságosan a tehetségek felkutatását. Nagyon szilárdan tartja helyzetét, de nem tör domináns szerepre, és meglehetősen

kritikus. Általa egy olyan egyensúly, stabilitás lép a csapatba, amely ellensúlyozni igyekszik a résztvevők egyéni ambícióit.

Tovább javul a helyzet, ha a vezetőn kívül nincsenek igazán domináns személyek a csapatban. Még tovább javul egy ilyen csapat hatékonysága, ha a résztvevőket a képességek tekintetében egyensúlyra törekedve válogatták össze, azaz van, aki például a matematikához ért, van aki a kommunikációhoz, míg másoknak jó a kezűgyessége vagy jó szervezők. Nagyon hasznos, ha van a csapatban egy olyan személyiség is, aki csillapítani tudja a kiéleződő feszültségeket.

E fejezetben – az emberi tényezőnél maradva – más területeket is tekinthettem volna a kutatói tevékenységgel kapcsolatban. Például vizsgálhattam volna az emberi megismerés logikáját, a módosult tudatállapotokban történő gondolkodás sajátosságait, az intuíció törvényszerűségeit, a versengés szerepét a kutatásban, a tudományos forradalmak szerkezetét, a tudomány kereteit, a jól szerkesztett tudományos kérdések mibenlétét, a kutatóintézetek szervezeti felépítésének kérdéskörét stb. Ezek későbbi dolgozataim témái lesznek, talán.

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőimnek, Dr. Gingl Zoltánnak és Dr. Rudas Lászlónak, hogy segítséget nyújtottak a kutatási téma kiválasztásában és a felmerült problémák megoldásában, és a Kísérleti Fizika Tanszék vezetésének, hogy lehetővé tette számomra, hogy a tanszéken végezhessem munkámat. Külön köszönetet szeretnék mondani Makra Péternek a számomra nyújtott segítségéért.

Alulírott Rabi Sándor Fizikus szakos hallgató kijelentem, hogy a diplomadolgozatban foglaltak saját munkám eredményei, és csak a hivatkozott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel.

Tudomásul veszem azt, hogy diplomamunkámat a Szegedi Tudományegyetem könyvtárában, a kölcsönözhető könyvek között helyezik el.

.....  
Rabi Sándor

## Irodalomjegyzék

- [1]: Fonyó Attila: Az orvosi élettan tankönyve Medicina Könyvkiadó, Bp. 1999.
- [2]: Az emberi test Medicina Könyvkiadó, Bp. 1993.
- [3]: Heinz Schott: A medicina krónikája Officina Nova, Bp. 1993.
- [4]: Donáth Tibor: Anatómia atlasz Medicina Könyvkiadó, Bp. 1999.
- [5]: Kardos Attila, Gingl Zoltán: A szisztémás vérnyomás és pulzus variabilitás folyamatos, nem intenzív, on-line vizsgálata emberben *Cardiologia Hungarica*, 1994. 1994/2: 39-51.
- [6]: Kardos A., Rudas L., Simon J., Gingl Z.,: Az új non-invazív vérnyomásmérő jelentősége a neurocardiológiai vizsgálatokban *Lege Artis Medicinae*, 1995. 5(1): p. 2-9.
- [7]: Watterich Gusztáv, Kardos Attila, Gingl Zoltán, Rudas László: A spontán baroreflex szenzitivitás vizsgálatának technikája *Cardiologia Hungarica*, 1998/2.
- [8]: Peter Sleight: Spectral Power Techniques in the Evalutaion of the Baroreflex
- [9]: Rudas László: A pulzusszám autonóm regulációjának vizsgálata, s annak szerepe a haemodynamikai adaptációban (Doktori értekezés) 2002.
- [10]: Kántor Zoltán és Gingl Zoltán: A virtuális mérés technika a tudományegyetemi képzésben (megjelenés alatt)
- [11]: Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete Gondolat, Bp. 1981.
- [12]: Rita L. Atkinson, Richard C. Atkinson, Edward E. Smith, Baryl J. Bem: Pszichológia Osiris Kiadó, Bp. 1997.
- [13]: Füredi János, Buda Béla (szerk.): Múzsák a díványon Magyar Pszichiátriai Társaság, Bp. 1992.
- [14]: Bakacsi Gyula: Szervezeti magatartás és vezetés Közigazgatási és Jogi Könyvkiadó, Bp. 1990.
- [15]: Steven Pinker: Hogyan működik az elme Osiris Kiadó, Bp. 2002.
- [16]: M. Eysenk, M. Keane: Kognitív pszichológia Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1997.
- [17]: C. S. Carver, M. F. Scheier: Személyiségpszichológia Osiris Kiadó, Bp. 1998.
- [18]: Mérő László: Új észjárások Tercium Kiadó, Bp. 2001.
- [19]: Mérei Ferenc: A Rorschach-próba Medicina, Bp. 2002.