



TESLAgaph

Methodické doporučení

Metodická doporučení

POUŽITÍ HARDWARE-SOFTWARE KOMPLEXU „TESLAGRAPH“ KE STANOVENÍ HLADINY STRESU A ORIENTAČNÍMU HODNOCENÍ ADAPTABILITY ORGANISMU

Standardy měření a fyziologická interpretace

Autoři:

Profesor R.M. Baevsky, doktor lékařských věd

A.P. Berseneva, doktor biologických věd

Moskva-Praha
2004

Revidovali:

MUDr. Michael Kučera (2004)

MUDr. Josef Patera, CSc. (2006)

Obsah

PŘEDMLUVA	4
ÚVOD	4
1. Technika měření variability srdeční frekvence (VSF).....	5
1.1 Měření za podmínek relativního klidu.....	5
1.2 Funkční testy.....	5
2. Vědecké a teoretické principy analýzy variability srdeční frekvence	7
2.1 Obecné principy	7
2.2 Mechanismy regulace srdečního rytmu.....	8
2.3 Iavní metody analýzy VSF	11
3. Hodnocení výsledků analýzy VSF.....	14
3.1 Klinicko-fyziologické hodnocení výsledků.....	14
3.2 Hodnocení funkčního stavu organismu	18
3.3 Hodnocení výsledků funkčních testů a dynamické kontroly	20
3.3.1 Funkční testy.....	20
3.3.2 Dynamická kontrola.....	20
3.3.3 Hodnocení účinnosti preventivních a léčebných opatření	21
4. Pokyny k praktickému použití hardware-software komplexu Teslagraph.....	21
ZÁVĚR	22

Předmluva

Předkládaná metodická doporučení jsou určena především pro uživatele bez speciálního lékařského vzdělání - fyziology, psychology, sociology, učitele, sportovní a fitness trenéry a další, kteří hodlají používat hardware-software komplex Teslagraph pro udržování svého zdraví, snížení úrovně stresu a dynamické kontroly funkčního stavu organismu. Zařízení má však velmi široké použití v medicíně a to od odborných specialistů v klinické praxi jako kardiologů, neurologů přes anesteziology a diabetology až po praktické lékaře, či specialisty v oboru vnitrobuněčných procesů.

Zařízení neumožňuje přesnou diagnostiku onemocnění, ale může definovat vlivy autonomního nervového systému na jednotlivé orgánové soustavy. Může být dále účelně využito pro kontrolu účinnosti léčby pacienta při různých diagnózách. Výsledky získané pomocí přístroje Teslagraph jsou interpretovány s ohledem na zvyšování úrovně zdraví a omezení stresu. Lékaři z naměřených hodnot mohou učinit některé závěry o stavu pacienta, ke kterým by potřebovali mnoho laboratorních, či jiných měření. Toto zařízení umožňuje během 5-minutového měření variability srdečního rytmu stanovit celkový zdravotní stav, stresovou zátěž a specifické výsledky měření. Lékařům doporučujeme příslušnou lékařskou vědeckou literaturu, ve které jsou odpovídající problémy vysvětleny na úrovni současných medicínských znalostí. Dle možností poskytneme vyškolení uživatelů v závislosti na příslušných lékařských specializacích.

Komplex Teslagraph provádí záznam elektrokardiosignálu (EKG) lidského těla, registraci, zpracování a analýzu tohoto signálu, dále formulaci závěrů o funkčním stavu organismu, o hladině stresu a stavu zdraví. Komplex mimoto může poskytnout obecná ozdravná a preventivní doporučení, sledovat dynamiku funkčního stavu při různých vlivech na organismus a hodnotit účinnost některých speciálních metod zdravotní péče. Všechny tyto možnosti a speciální charakteristiky, které nesplňuje žádný srovnatelný systém na trhu, činí z přístroje Teslagraph vhodný nástroj pro kohokoli, kdo se zajímá o problémy zdraví a stresu.

V metodických doporučeních se pojednává o vědecko-teoretických principech analýzy variability srdeční frekvence – základní metody, používané v komplexu Teslagraph, dále jsou zde obsažena praktická doporučení pro interpretaci získaných výsledků a příklady analýzy a vyhodnocení dat. Analýze VSF byla věnována řada vědeckých publikací s různými teoretickými přístupy; metodická doporučení prezentují pouze nejdůležitější odkazy. Současně je zde uveden konkrétní vědecko-teoretický přístup, který vychází ze současných představ o stresu, funkčním stavu organismu a hodnocení kvality zdraví. Právě tento přístup využívá komplex Teslagraph jako základnu vědomostí podporující následnou automatickou interpretaci získaných dat. I přesto, že konkrétní výsledky analýzy VSF (číselné údaje) plně odpovídají standardům, lze použít i jiné metody hodnocení dat.

Materiál těchto metodických doporučení je určen pro odborníky - nejen z lékařského oboru, ale s rozsáhlými biologickými znalostmi a se zájmem o problémy psychofyziologie, ekologie a péče o zdraví. To znamená, že pro správnou interpretaci výsledků získaných komplexem Teslagraph pouhé, byť důkladné, studium metodických doporučení nedostačuje. Nutná je stálá systematická práce, která umožní získat nový přístup k vyhodnocování kvality zdraví a nové chápání role stresu při poklesu rezervních možností organismu a v rozvoji onemocnění. Pouze kreativní přístup k práci s komplexem Teslagraph může přinést efektivní výsledky v řešení pro každého člověka důležitých otázek ochrany zdraví a snížení úrovně stresu.

Úvod

První pokusy využít metodu „pulsové diagnostiky“, která vznikla ve staré Číně a je dosud používána, na základě moderních matematických metod a počítačových technologií se objevily na přelomu šedesátých let minulého století. Zpočátku byla metoda využívána v kosmické medicíně, na počátku prvních letů člověka do vesmíru. Bylo důležité získat maximum informací o tělesných funkcích při minimálním přenosu dat z vesmíru.

V době prvních letů do vesmíru se prokázalo, že vlivem extrémního stresu (během startu, před přistáním) značně klesá variabilita RR-intervalů, zatímco během letu (několik hodin po dosažení orbitální dráhy, nebo druhý až třetí den letu) variabilita RR-intervalů pozoruhodně vzrůstá ve srovnání s pozemskou normou. Tak byly učiněny závěry o vlivu autonomního nervového systému na fluktuace v délce RR-intervalů. Zvýšení aktivity sympatiku vlivem stresových faktorů (posun autonomní rovnováhy na stranu sympatikotonie) vede ke snížení VSF a ke zvýšení jeho stability. V podmínkách beztlížného stavu následkem sníženého výdeje energie a vlivem účinku zvýšeného množství krve v horní polovině těla na nervová zakončení v plicích vzrůstá tonus parasympatiku a je pozorováno zvýšení variability RR-intervalů.

Poznatky kosmické medicíny a fyziologické a klinické studie variability RR-intervalů ukázaly jejich závislost nejen na vegetativní rovnováze, ale také na stavu různých úrovní regulace kardiovaskulárního systému a na celkových tělesných fyziologických funkcích. V současnosti jsou zformulovány závěry o výrazně komplexním charakteru změn délky RR-intervalů, o jejich ovlivnění hormonální regulací, energetickými a metabolickými mechanismy, denní periodicitou funkcí, psychoemočními faktory atd. Bylo nezbytné vyvinout vědeckou koncepci, určující roli a místo analýzy VSF v aplikované fyziologii, v klinické praxi a v preventivní medicíně. Taková koncepce vznikla v rámci moderní doktríny o zdraví a byla dále rozvinuta zejména v kosmické medicíně.

Zvláštností navrhované vědecké koncepce je skutečnost, že toto pojetí, nevyjímaje další moderní přístupy k analýze VSF, klade na první místo principy vícerozměrné, víceúrovňové regulace srdečního rytmu. Analýza VSF je metoda hodnocení stavu mechanismů regulace fyziologických funkcí organismu, zejména celkové aktivity regulačních složek, neurohumorální regulace srdce a vztahu mezi sympatickou a parasympatickou složkou autonomního nervového systému. Metoda je založena na identifikaci a měření RR-intervalů elektrokardiogramu v čase, konstrukci dynamických řad kardiointervalů a následné analýze získaných numerických řad různými matematickými metodami. Analýza VSF obsahuje tři části: 1) měření a vytvoření dynamických řad kardiointervalů; 2) analýzu dynamických řad kardiointervalů; 3) vyhodnocení výsledků analýzy VSF.

V případě použití hardware-software komplexu Teslagraph bude první fáze realizována pomocí přístroje Teslagraph, druhá fáze s použitím základního software ISCIM6 a třetí fáze využívá programů OUT DOC and Dynacont.

1. Technika měření variability srdeční frekvence (VSF)

Při použití komplexu Teslagraph je vhodné rozlišovat dva typy měření:

- a) Měření v podmínkách relativního klidu
- b) Měření v rámci funkčních testů

Každý z těchto typů měření charakterizují jisté odlišnostmi z hlediska používaných metod.

1.1 Měření za podmínek relativního klidu

Provede se EKG záznam z jednoho zvoleného svodu s nejstrmějšími R-kmity. Přístroj Teslagraph umožňuje zobrazit EKG signál z libovolného ze tří standardních svodů. Nejlepší je zpravidla použít první svod. Avšak u osob s elektrickou osou srdce vychýlenou doleva, nebo u obézních lidí se často v 1. svodu nachází nízký R-kmit a vysoká T-vlna. Proto je vhodnější zvolit 2. svod. Obvykle se standardní záznam provádí z prvního svodu s elektrodami přiloženými pouze na ruce (žlutá na levou ruku, červená a černá na pravou ruku). Pouze v případě špatného rozpoznání R-kmitů se doporučuje umístit zelenou elektrodu na levou dolní končetinu a přejít na záznam z druhého nebo třetího svodu.

Pro získání standardních výsledků je nezbytné, aby pořizování záznamu trvalo nejméně 5 minut. Proto v odpovídajících doporučeních byl stanoven čas automatického záznamu na 5 minut. Příležitostně může být záznam delší, pokud se vyskytuje arytmie, nebo je-li nezbytné získat informace o pomalých vlnách třetího a vyššího řádu (s periodami delšími než 1 minuta).

Měření VSF se zahajuje nejdříve 1,5 - 2 hodiny po jídle. Provádí se v tiché místnosti s konstantní teplotou 20 - 22°C. Před měřením se doporučuje zrušit fyzioterapeutické procedury a podávání léků (je-li to možné podle zjištěného zdravotního stavu), nebo je třeba tyto faktory zohlednit při hodnocení výsledků měření. Před zahájením měření je nezbytné zařadit periodu adaptace na podmínky vnějšího prostředí v délce 5 - 10 minut.

EKG záznam lze provádět v poloze vsedě, nebo vleže na zádech, při klidném dýchání. V každém případě musí být během měření zachován klid. U žen je žádoucí, aby se měření provádělo mimo období menstruace, protože hormonální změny v organismu se odrážejí v kardiointervalogramu. Je potřeba odstranit všechny vlivy vedoucí k emocionálnímu rozrušení, není vhodné hovořit s analyzovanou osobou a s jinými lidmi, vypnout telefony a vyhnout se přítomnosti jiných osob v místnosti. Během měření VSF musí pacient dýchat klidně bez hlubokých nádechů, neměl by kašlat, ani polykat sliny.

1.2 Funkční testy

Funkční testy představují důležitou součást analýzy VSF. Mohou sledovat různé cíle; jejich výsledkem je však stanovit reaktivitu mechanismů vegetativních regulací na různé standardní vlivy. V závislosti na typu funkčních testů je možné testovat různé části kontrolního systému, nebo zkoumat adaptační reakci organismu vcelku.

Senzitivitu a reaktivitu autonomního nervového systému a jeho sympatické a parasympatické složky na různé testovací faktory lze použít jako diagnostická a prognostická kritéria. Například u diabetické neuropatie je jedním z hlavních diagnostických příznaků reakce parasympatického článku regulace na test s konstantní rychlostí dýchání (6 dechů za minutu). Následující tabulka uvádí seznam funkčních testů nejčastěji používaných při hodnocení VSF:

Tabulka 1 Seznam funkčních testů a jejich provedení

Č.	Název funkčního testu	Provedení testu a charakteristické změny VSF	Účel testu	Průměrná doba (minuty)
1	Aktivní ortostatický test	Přechod z pozice vleže na zádech do vertikální polohy je provázen aktivací vasomotorického centra se zrychlením srdeční frekvence, zvýšením arteriálního tlaku a zvýšením energie nízkofrekvenční části spektra srdečního rytmu	Vyšetření citlivosti a aktivity center pro regulaci vaskulárního tonu	12
2	Test s konstantní rychlostí dechového rytmu	Při dechové frekvenci šest dechů/min. je pozorováno zvýšení energie nízkofrekvenční části spektra srdečního rytmu	Vyšetření funkčních rezerv center pro regulaci vaskulárního tonu	3
3	Valsalvův test	Při výdechu proti odporu při zadrženém dechu dochází nejprve ke zpomalení a pak ke zrychlení tepu.	Stanovení stability vegetativní rovnováhy	1
4	Izometrický zátěžový test	Stisk rukojeti dynamometru po dobu 1 minuty na úrovni 30% maxima, dochází ke zvýšení srdeční frekvence a redukci VSF	Aktivace sympatického nervového systému	2
5	Fyzikální zátěžový test	Různý stupeň zrychlení a stabilizace srdečního rytmu v závislosti na intenzitě fyzikální zátěže	Aktivace sympatického nervového systému a center regulace energeticko-metabolické výměny	3 - 5
6	Farmakologické testy	Používají se k testování reakcí různých částí regulačního mechanismu	Aktivace nebo útlum různých částí regulačního mechanismu	10 - 60
7	Ashnerův test	Snížení srdeční frekvence při tlaku na oční kouli	Aktivace jader bloudivého nervu	1

Software komplexu Teslagraph umožňuje automatické provedení funkčních testů. Pro tento účel je k dispozici speciální volba s názvem „Scénář“, která dovoluje vybrat nezbytné testy a vytvořit předlohu testu nového. Volitelná předloha tak usnadňuje definovat nové podmínky měření, dobu trvání testu a pokyny, které se zobrazí na displeji obrazovky PC. Tak lze rozšířit paletu uvedených testů, nebo pozměnit průběh již definovaných testů.

Dále je nutné upozornit na následující zvláštnosti analýzy VSF při funkčních testech.

Základní záznamy jsou pořizovány za podmínek klidu (viz výše) minimálně po dobu 5 minut. Pro porovnání se základním měřením by měly být v různých fázích funkčního testu použity záznamy o stejné době trvání.

Přechodové procesy funkčních testů doporučujeme analyzovat pomocí speciálních metod (které zde nejsou blíže specifikovány). Měly by být získány ze záznamů vizuálně, nebo automaticky pomocí vhodných algoritmů, s přihlédnutím k nestacionaritě a nelinearitě procesu. Analýza přechodových procesů může mít samostatný diagnostický a prognostický význam. Hodnocení změn parametrů VSF ve funkčních testech je doporučováno provést s ohledem na údaje získané jinými výzkumnými metodami.

2. Vědecké a teoretické principy analýzy variability srdeční frekvence

2.1 Obecné principy

Regulační systémy organismu - to je neustále pracující aparát pro sledování stavu všech systémů a orgánů, jejich interakcí s cílem dosáhnout rovnováhy mezi organismem a vnějším prostředím. Aktivita regulačních systémů závisí na podmínkách, v nichž se daný organismus nachází a na jeho funkčním stavu. Věda o řízení funkcí živých organismů (biokybernetika) považuje komplex regulačních systémů za uniformní, navzájem propojený, mnohočetný, víceúrovňový, hierarchicky vystavěný systém. V tomto systému existuje přísné rozdělení „povinností“ mezi samostatné úrovně, z nichž každá řeší specifické úkoly. Pro řešení určitých specifických problémů je k dispozici konkrétní systém interakcí mezi různými regulačními mechanismy, který poskytuje optimální způsob činnosti organismu za daných podmínek. A tak pro reakci na změny vnějších, nebo vnitřních podmínek je k dispozici specifický funkční systém, včetně určitých regulačních a výkonných mechanismů. Teorie procesů řízení živých systémů byla vyvinuta ruským vědcem P.K. Anochinem v jeho teorii funkčních systémů (1962).

Dalším krokem v rozvoji vědomostí o procesech řízení v živých organismech je práce V.V. Parina a R.M. Baevského (1966), týkající se principu hierarchické interakce úrovní řízení. Jakékoli dva hierarchicky propojené regulační systémy navzájem spolupracují takovým způsobem, že aktivita vyšší úrovně řízení závisí na funkčním stavu a funkčních rezervách nižší úrovně řízení. Je možné rozlišovat tři stupně aktivit regulačních systémů: 1) provádění funkcí KONTROLY, 2) provádění REGULAČNÍCH FUNKCÍ, 3) plnění ŘÍDICÍCH funkcí. Za obvyklých podmínek, kdy regulovaný (kontrolovaný) systém nižší úrovně pracuje v normálním modu, tj. bez dalších zátěží, vyšší úroveň regulačního mechanismu vykonává pouze kontrolní funkce, tj. vnímá informace o stavu regulovaného systému a neovlivňuje jeho činnost. Jestliže se objeví dodatečná zátěž a pokud regulovaný systém potřebuje zvýšit energii (funkční rezervy), aby mohl vykonávat nezbytné funkce, regulační mechanismus přejde na další režim provozu – vyšší úroveň periodicky „zasahuje“ do procesu řízení a upravují ho, čímž pomáhají regulovanému systému vykonávat jeho funkce. Je možné hovořit o přechodu k realizaci regulačních funkcí. V tomto případě jsou přes odpovídající nervové a humorální kanály regulovanému systému posílány řídicí signály potřebné k zajištění mobilizace nezbytných dodatečných funkčních rezerv. Jestliže se vlastní rezervy regulovaného systému jeví jako nedostatečné pro dosažení nezbytného účinku, pak regulační mechanismy přecházejí do režimu řízení. V takovém případě jejich aktivita výrazně vzrůstá, protože pro řídicí proces je nezbytné připojit i další, vyšší regulační úrovně, které zajišťují mobilizaci funkčních rezerv. Napětí regulačních mechanismů (jejich aktivita) tak roste. A tak, na základě úrovně napětí regulačních mechanismů je možné posoudit funkční rezervy kardiovaskulárního systému a možnosti adaptability organismu.

Stupeň napětí regulačních systémů představuje integrovanou reakci organismu na celý komplex ovlivňujících faktorů, bez ohledu na to, s čím souvisí. Při působení celého komplexu faktorů extrémního charakteru vzniká obecný adaptační syndrom (H. Selye, 1960), který představuje univerzální odpověď organismu na stresovou zátěž jakékoli povahy a projevuje se mobilizací funkčních rezerv organismu. Zdravý organismus (s dostatečnou zásobou funkčních možností), reaguje na stresové vlivy obvyklým, normálním (tzv. pracovním) napětím regulačních systémů. Například máme-li vystoupat po schodech, pak roste výdej energie a je nezbytná mobilizace dodatečných zdrojů. U někoho však taková mobilizace není provázena význačným napětím regulačních systémů a srdeční puls se zvýší (například při chůzi do 4. patra) celkem o 3 až 5 tepů, tzn. kardiovaskulární homeostáza se prakticky nezmění. U jiných lidí představuje tatáž zátěž výrazné napětí regulačních systémů se zvýšením srdečního pulsu o 15 až 20 tepů i více, což indikuje narušení homeostázy.

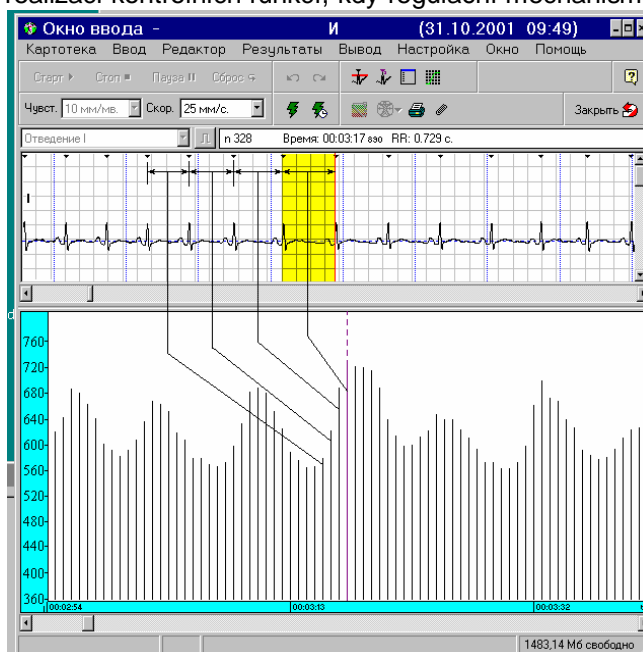
Napětí regulačních systémů může být vysoké dokonce i v podmínkách klidu, pokud daná osoba nemá dostatečné funkční rezervy. To je vyjádřeno zejména vysokou stabilitou srdečního rytmu, která je charakteristická pro zvýšený tonus sympatiku. Tato část regulačního mechanismu, zodpovídající za pohotovostní mobilizaci energetických a metabolických zdrojů při jakémkoli typu stresu, se aktivuje přes nervové a humorální kanály. Jde o součást hypothalamo-hypofyzárně-adrenální osy, která zajišťuje reakci organismu na stresové vlivy. Důležitá role patří centrálnímu nervovému systému, který koordinuje a řídí všechny procesy v organismu.

Srdce je poměrně citlivý indikátor všech událostí probíhajících v organismu. Srdeční rytmus, ale také míra jeho změn ovlivněná sympatickou a parasympatickou částí autonomního nervového systému, velmi citlivě reaguje na jakýkoli stresový vliv. Úroveň napětí regulačních systémů je možné posuzovat pomocí řady metod: vyšetřením obsahu adrenalinu, nebo noradrenalinu v krvi, podle změn průměru rohovky, podle intenzity pocení, atd. Nejjednodušší a nejdostupnější metodou umožňující nepřetržitou dynamickou kontrolu je VSF. Změny srdečního rytmu jsou univerzální reakcí organismu na jakýkoli vliv faktorů vnějšího prostředí. Tradičně používaná hodnota průměrné srdeční frekvence odráží pouze konečný účinek řady regulačních vlivů na kardiovaskulární aparát a charakterizuje některé znaky už složeného homeostatického řetězce. Jedním z významných úkolů tohoto mechanismu je zajištění rovnováhy mezi sympatickou a parasympatickou částí autonomního nervového systému (vegetativní homeostáza). Stejně srdeční frekvenci mohou odpovídat různé kombinace aktivit částí systému, který řídí vegetativní homeostázu. Srdeční rytmus také navíc odráží vliv vyšších úrovní regulace. Proto jsou reakce sinusového uzlu považovány za citlivý indikátor adaptivních reakcí organismu během přizpůsobování na podmínky vnějšího prostředí.

Každý okamžik života organismus testuje kontinuální vlivy faktorů měnících rovnováhu na jednu, nebo druhou stranu. Současně vstupují na scénu regulační mechanismy, které předcházejí, nebo kompenzují vzniklé výkyvy. Činnost regulačních mechanismů má za úkol udržovat rovnováhu mezi systémy uvnitř organismu a mezi organismem a vnějším prostředím. Doktrína o rovnováze uvnitř organismu (doktrína o homeostáze) byla vytvořena dobře známým francouzským vědcem Claudem Bernardem (1896) a dále byla rozvinuta americkým vědcem Walterem Cannonem (1932). Spolu s teorií adaptace je nauka o homeostáze (Gorizontov 1976) jedním ze základních článků současné nauky o zdraví. Představu o zdraví jako adaptivním procesu, nastaveném k optimalizaci interakcí organismu s vnějším prostředím a udržování homeostázy hlavních systémů uvnitř organismu, poprvé použil ve své práci známý ruský patofyziolog I.V. Davydovský (1965). V současné době dochází k dalšímu rozšíření těchto představ díky kosmické medicíně (A.I. Grigrev, R.M. Baevský, 2001) a ty jsou realizovány v podobě konkrétních automatických systémů pro hodnocení úrovně zdraví, v nichž hrají vedoucí roli metody analýzy VSF.

2.2 Mechanismy regulace srdečního rytmu

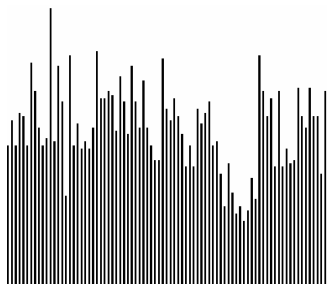
Hlavní informace o stavu systémů regulujících srdeční rytmus poskytují „funkce rozptylu“ délky kardiointervalů. Na obr.1 je znázorněn EKG záznam s kardiointervalogramem, sestrojeným podle výsledků automatického měření délky RR-intervalů. Sinusové arytmie odrážejí složité procesy interakcí různých úrovní regulace srdeční frekvence. Na obr. 2 jsou zobrazeny příklady kardiointervalogramu (graf změn délky kardiointervalů) na kterém jsou patrné tři typy fluktuací: nejkratší – respirační, delší – pomalé vlny 1. řádu, a nejdelší – pomalé vlny 2. řádu. Při realizaci kontrolních funkcí, kdy regulační mechanismy pracují samostatně a plně řídí daný problém, převládají v kardiointervalogramu respirační fluktuace srdečního rytmu. Tyto vlny odrážejí normální aktivní odpověď sinusového uzlu na reflexní reakce spojené se změnami krevního plnění pravé síně srdce a plicního tlaku při dýchání. Je-li pro zabezpečení homeostázy potřebná dodatečná aktivace kardiovaskulárního subkortikálního nervového centra, můžeme na kardiointervalogramu pozorovat vedle respiračních vln také pomalejší vlny 1. a 2. řádu. V případě výrazného snížení rezervních kapacit regulačních mechanismů nastává ještě výraznější potlačení respiračních a pomalých fluktuací srdečního rytmu v důsledku aktivity ještě pomalejších vln nejvyšších vegetativních center. Tak může i jednoduchá vizuální analýza kardiointervalogramu vypovídat mnohé o aktivitách regulačních systémů a přinejmenším umožňuje stanovit stupeň aktivity regulačních systémů, což má význam pro stanovení hladiny stresu a zdravotního stavu.



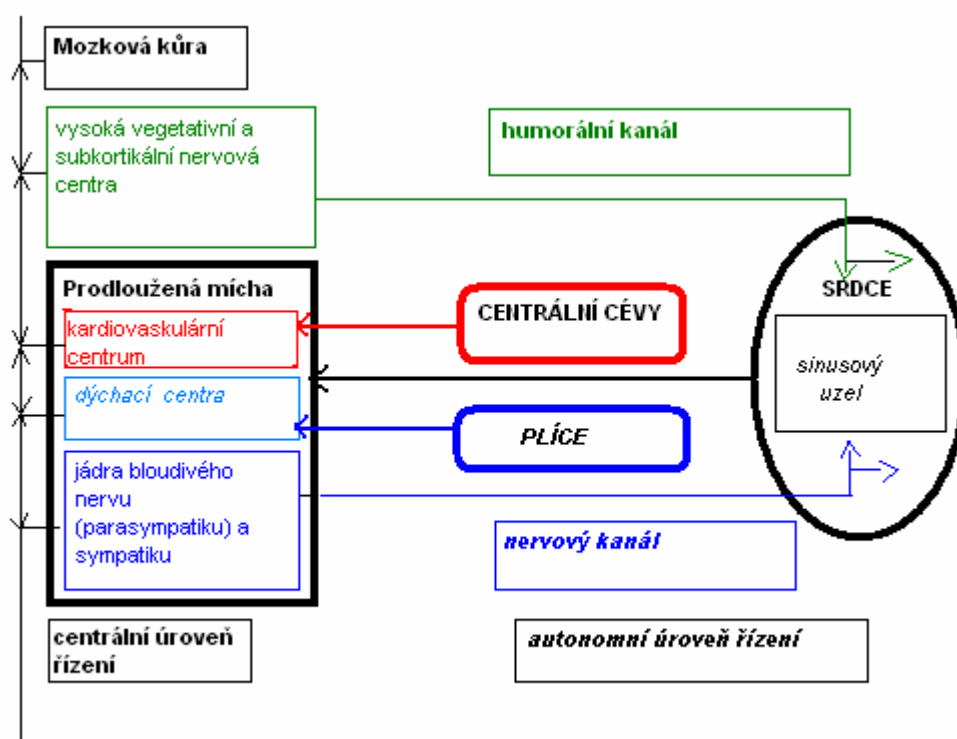
Obr. 1. Konstrukce kardiointervalogramu podle změn délky RR-intervalů elektrokardiogramu

Hlubší vědecká analýza kardiointervalogramů může být provedena na základě dvojrozměrného modelu regulace srdeční frekvence (Baevský, 1968). Tento model je založen na kybernetickém přístupu, kde je systém řízení sinusového uzlu znázorněn dvěma propojenými úrovněmi: centrální a autonomní, řídicí a řízená s kanály přímých a zpětných vazeb. Chceme-li si představit systém řízení srdečního rytmu v podobě dvou úrovní (viz obrázek 3), pak na základě dat o přítomnosti respiračních a nerespiračních fluktuací srdečního rytmu je možno zjistit následující skutečnosti. Sinusový uzel, bloudivý nerv a jeho jádra v prodloužené míše jsou výkonnými orgány regulované (nižší, autonomní) úrovně regulace. Indikátorem aktivity této úrovně je respirační sinusová arytmie. Respirační systém lze tedy považovat za součást zpětné vazby autonomní úrovně regulace srdeční frekvence. Řídící (vysoká, centrální) regulační úroveň je charakterizována různými pomalými oscilacemi srdečního rytmu. Jeho indikátorem je nerespirační sinusová arytmie. Přímé propojení mezi řídicí a řízenou úrovní je zprostředkováno nervy (zejména sympatikem) a humorálními kanály. Zpětná vazba má rovněž nervovou a humorální dráhu, při tom hrají důležitou roli aferentní impulzy z baroreceptorů srdce a cév, z chemoreceptorů a z rozsáhlých receptorních oblastí jiných orgánů a tkání.

Autonomní (řízená) úroveň pracuje za klidových podmínek v nezávislém režimu, který je charakterizován výraznou respirační arytmií. Tyto respirační vlny se amplifikují během spánku, nebo v narkóze, kdy je snížen centrální vliv na autonomní úroveň regulace. Různé zátěže organismu vyžadující zásah centrální úrovně regulace, vedou k oslabení respirační komponenty sinusové arytmie a k posílení nerespirační komponenty.



Obr. 2. Vzorek kardiointervalogramu s různými typy oscilačních procesů (respirační vlny, pomalé vlny, velmi pomalá fluktuace)



Obr. 3. Dvojrozměrný model řízení srdečního rytmu (viz text)

Obecným principem je, že vyšší hladiny řízení rozbíjejí aktivity nižších úrovní. Amplituda respiračních vln srdečního rytmu se snižuje tím víc, čím aktivněji se zapojuje do procesu řízení centrální (regulující) úroveň. Protože autonomní úroveň je v podstatě úroveň parasympatické regulace, pak centralizace řízení znamená porušení autonomní homeostázy na stranu převahy sympatické nervové regulace. Ústup respirační arytmie je proto zpravidla spojen se zvýšením sympatického tonu.

Řídící, neboli centrální úroveň regulace srdečního rytmu představuje všechna „podlaží“ neurohumorálního řízení fyziologických funkcí od subkortikálních center prodloužené míchy až k hypothalamo-hypofyzární úrovni vegetativní regulace a k úrovni korových vlivů na vegetativní funkce. Centrální část řízení může být schematicky znázorněna ve třech úrovních. Tyto úrovně příliš neodpovídají anatomicko-morfologickým strukturám mozku, ale spíše určitým funkčním systémům, nebo úrovním řízení, které se tvoří v procesu regulace fyziologických funkcí organismu:

- § Úroveň C – úroveň udržení intrasystémové homeostázy: zejména kardiorespirační systém. Zde hrají hlavní roli subkortikální nervová centra, zejména vazomotorické centrum jako součást subkortikálního kardiovaskulárního centra, které vykazuje stimulační a inhibiční účinek na srdce prostřednictvím vláken sympatických nervů;
- § Úroveň B – úroveň zajišťování rovnováhy různých systémů organismu mezi sebou navzájem a udržování intersystémové homeostázy. V této úrovni řízení nesou hlavní podíl na funkci vyšší vegetativní centra (hypothalamo-hypofyzární systém), zajišťující hormonálně-vegetativní homeostázu;
- § Úroveň A - úroveň organizace interakcí organismu s vnějším prostředím (adaptační aktivita organismu). Tato úroveň zahrnuje centrální nervový systém, včetně korových mechanismů regulace, koordinující funkční aktivity všech systémů organismu podle vlivů faktorů vnějšího prostředí.

Při optimálním stavu regulace probíhá řízení s minimální účastí nejvyšších úrovní, s minimální centralizací. Není-li k dispozici optimální řízení, je nezbytná aktivace vyšších úrovní. To se projeví redukcí respirační arytmie a zesílením nerespirační složky sinusové arytmie, proto se zde vyskytují pomalé vlny vyšších řádů. Čím vyšší úrovně řízení jsou aktivovány, tím více se prodlužují periody odpovídajících pomalých vln srdečního rytmu. (Baevský, 1978).

Sinusová respirační arytmie byla objevena již v předminulém století (Ludwig, 1847). Na respirační arytmii neexistuje jednotný názor, ačkoliv většina vědců považuje respirační arytmii za důsledek vlivu respirace na srdeční rytmus s aktivní účastí jader bloudivého nervu, útlum a excitace se přenáší na sinusový uzel přes příslušná nervová zakončení a tím je vyvoláno zkrácení kardiointervalů při vdechu a jejich prodloužení při výdechu. Podle Sayerse (1973) dýchání ovlivňuje délku kardiointervalů změnami intrapleurálního tlaku a aktivitou baroreceptorů.

Nerespirační sinusová arytmie představuje fluktuace srdečního rytmu s periodami delšími než 7 až 8 sekund (frekvence pod 0,15 Hz.). Pomalé (nerespirační) fluktuace srdečního rytmu korelují s obdobnými vlnami arteriálního a žilního tlaku. Rozlišují se pomalé vlny prvního, druhého a vyšších řádů. Stávající úroveň vědomostí nedovoluje přesnou specifikaci původu jednotlivých typů těchto pomalých vln. M. Sayers (1973) předpokládá, že pomalé vlny prvního řádu (s periodami 7 až 20 sekund) souvisejí s aktivitou systému regulace krevního tlaku a vlny druhé řádu (s periodami 20 až 70 sekund) se systémem termoregulace. Předpokládá se, že fluktuace s periodami trvajících déle než 20 sekund jsou určovány mechanickými charakteristikami hladkých svalů krevních cév. Zdůrazňuje se nelinearita tohoto mechanického systému a možnost interference pomalých fluktuací s respiračními, zejména při hlubokém dýchání, převážně při intelektuální a fyzické zátěži.

Bylo prokázáno, že u sportovců s nízkou výkonností a u netrénovaných osob jsou v klidu často pozorovány oscilace pomalých vln (B.I. Voroběv, 1978). V. Kapejinas a D. Zemajtite (1983) pozorovali při dlouhotrvající fyzické zátěži a při snížení trénovanosti sportovců změny typů rytmogramů s přechodem od rytmu s vysokou amplitudou respiračních vln k prevalenci pomalých vln.

Krátké záznamy (v délce do 5 minut) umožňují identifikovat pouze vlny s periodami kratšími než 1,5 - 2 minuty. U delších záznamů však pozorujeme fluktuace srdečního rytmu s periodami v délce minut, nebo až desítek minut, což hovoří o přítomnosti vzájemných vztahů mezi srdečním rytmem a různými strukturami řídicího systému, které odpovídají za vznik příslušných fluktuací. Například A. Navakatikjan a spol. (1979) identifikovali souvislost mezi pomalými vlnami srdečního rytmu a fluktuacemi v obsahu katecholaminů a kortikosteroidů v krvi. Byl zaznamenán vztah mezi pomalými vlnami srdečního rytmu a aktivitou hypofyzárně-nadledvinkového systému (Karpenko, 1977; Navakatikjan, Kryjanovská, 1979).

Struktura srdečního rytmu zahrnuje nejen oscilační komponenty respiračních a nerespiračních vln, ale také acyklické procesy (tzv. fraktálové komponenty). Původ těchto komponent srdečního rytmu souvisí s víceúrovňovým a nelineárním charakterem regulačních procesů srdečního rytmu za přítomnosti přechodných procesů. V poslední době se studiem nelineární dynamiky fluktuací srdečního rytmu zabývá stále více publikací. Jedním z vedoucích vědců v této oblasti je americký vědec A. Goldberger (1990, 1998). S jeho jménem je spojován vývoj pro analýzu VSF použitelné teorie chaosu a výzkum fraktálů, odrážejících formování opakujících se struktur v různých měřítkách. Fraktální struktury jsou jedním ze zákonů nelineárního chaosu. V současnosti však mají tyto přístupy k analýze VSF pouze výzkumný charakter a nemají praktický význam.

Srdeční rytmus v užším slova smyslu nelze charakterizovat jako stacionární, kauzální proces s ergodickými vlastnostmi: tj. opakovatelností jeho statistických charakteristik u každé arbitrární části. VSF poskytuje komplexní obraz rozmanitých řídicích vlivů na kardiovaskulární systém s interferencemi periodických komponent různé frekvence a amplitudy a nelineárním charakterem vzájemných vztahů různých úrovní řízení. Je nutné mít na zřeteli, že při použití krátkých záznamů (do 5 minut) uměle omezujeme počet vyšetřovaných regulačních mechanismů, zužujeme rozsah zkoumaných řídicích vlivů na srdeční rytmus. Zjednodušuje se tak analýza dat, avšak nikoli interpretace výsledků, protože změny srdečního rytmu odrážejí celé spektrum interakcí regulačních systémů v různých etapách adaptace organismu k podmínkám zevního prostředí. Proto je při hodnocení výsledků analýzy „krátkých“ zápisů vhodné opírat se o výše uvedený dvojrozměrný model. I přesto, že se tyto vědomosti zakládají na zjednodušeném modelu regulace srdečního rytmu, přihlížejí k víceúrovňovému hierarchickému charakteru řízení živých systémů a dovolují soudit o stupni aktivace různých úrovní kontrolního systému.

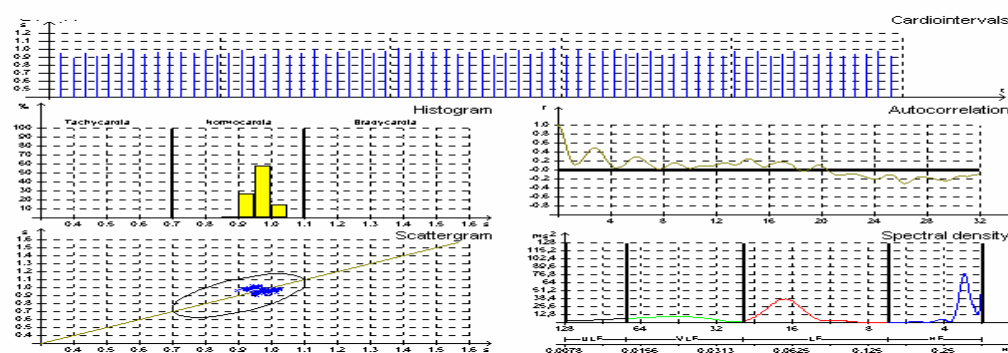
2.3 Iavní metody analýzy VSF

Metody hodnocení VSF lze rozdělit do tří skupin (Baevský, Kirillov, Kleckin, 1984):

- a) metody statistické analýzy numerické řady kardiointervalů;
- b) metody pro stanovení vztahu mezi kardiointervaly;
- c) metody pro identifikaci latentní periodicity dynamické řady kardiointervalů.

V souladu s nedávno publikovanými standardy Evropské kardiologické společnosti a Severoamerické elektrofyziologické společnosti (Heart rate variability, 1996), jsou uváděny dvě skupiny metod: časové (metody časových domén) a frekvenční (metody frekvenčních domén). K časovým metodám patří statistická analýza a geometrické metody, k frekvenčním - spektrální analýza. Během posledních 30 let se v Rusku (SSSR) nejvíce používalo následujících pět metod pro analýzu VSF: 1) statistická analýza; 2) variační pulzometrie, která koresponduje s geometrickými metodami; 3) autokorelační analýza; 4) korelační rytmografie; 5) spektrální analýza. Tyto metody jsou nejvíce rozšířeny a v současnosti je nejvíce zkušeností s jejich použitím v různých oblastech klinické medicíny a aplikované fyziologie.

Pomocí hardware-software komplexu Teslagraph se realizují všechny výše uvedené analytické metody. Na obr. 4 vidíme příklady diagramů vytvořených programem u kardiointervalogramu v délce 5 minut. Na obrázku jsou znázorněny všechny výše uvedené metody analýzy (vyjma statistické, která je uvedena v tabelární formě). U každého diagramu je definována řada informačních parametrů (viz níže). Software Teslagraph navíc umožňuje komplexní analýzu VSF a nemá proto v celosvětovém měřítku obdobu. K dispozici jsou speciální programy. Pomocí programu OUT DOC se vytvoří určitá sada parametrů pro hodnocení aktivity regulačních systémů – IARS (index aktivity regulačních systémů) s formulovanými závěry, které se týkají stupně napětí regulačních systémů. Na základě těchto závěrů lze pacientovi poskytnout preventivní doporučení (viz dále).



Obr. 4. Příklady diagramů vytvořených pomocí programu ISCIM-6 podle výsledků analýzy kardiointervalogramů (a).b - histogram (variační pulzogram), c - autokorelační funkce, d - scattergram (korelační rytmogram), e - spektrální funkce.

Statistické charakteristiky

K hodnocení dynamické řady kardiointervalů patří: srdeční frekvence (HR), průměr čtverců odchylek (Standard Deviation Normal to Normal - SDNN) a koeficient variace (CV). Kromě těchto „klasických“ statistických parametrů jsou kalkulovány další čtyři parametry: SDDS, RMSSD, NN50 a pNN50. Pro tento účel se zavádí nová dynamická řada numerických hodnot - rozdílů mezi každým předcházejícím a následujícím kardiointerivalem. Po získání řady rozdílů lze odlišit konstantní uspořádání dynamické řady a všechny pomalé fluktuace. Je zde vyjádřena pouze rychlá komponenta variability - respirační změny délky kardiointervalů. Proto všechny rozdílové parametry v různé míře odrážejí aktivitu parasympatické části autonomního nervového systému, tj. týkají se autonomní úrovně řízení. SDDS – průměr odchylky (square-law deviation) dynamické posloupnosti rozdílů; RMSSD – druhá odmocnina součtu čtverců rozdílů (Root Mean of Sum Successive Deviations); NN50 – počet rozdílů nad 50 milisekund; pNN50 – tentýž parametr, ale vyjádřený v procentech z celkového počtu analyzovaných intervalů.

Variační pulzometrie

Podstata variační pulzometrie spočívá ve zkoumání zákonitostí rozložení kardiointervalů jako náhodné veličiny. Pro tento účel se sestavuje křivka distribuce - histogram. Metoda „variační pulzometrie“ koresponduje s geometrickými metodami euroamerických standardů. Na obrázku 4b je znázorněna typická distribuční křivka. Dále v textu je uveden stručný přehled lékařské a fyziologické interpretace hlavních parametrů.

Modus (Mode) je nejčastěji pozorovaná hodnota v dynamické řadě kardiointervalů. Ve fyziologickém smyslu se jedná o nejpravděpodobnější úroveň kardiiovaskulární funkce. Při normální distribuci a vysoké stacionaritě zkoumaného procesu se M_o špatně odlišuje od M (matematické očekávání), tj. od průměrné hodnoty. Čím větší je rozdíl mezi M_o a M , tím je horší stacionarita zkoumaného procesu a tím je pravděpodobnější přítomnost přechodných procesů.

Amplituda modu (A_{Mo}) je počet kardiointervalů, který přísluší specifikaci A_{Mo} v procentech. Tento parametr charakterizuje podobnost hodnot kardiointervalů a odráží stabilizační účinek řízení srdečního rytmu, který je podmíněn stupněm aktivace sympatiku.

Variační rozsah (M_{xDMn}) odráží stupeň variability hodnot kardiointervalů ve zkoumané dynamické řadě. Vypočítá se jako rozdíl maximální a minimální hodnoty kardiointervalů a proto mohou vzniknout chyby při arytmiích, nebo artefaktech, pokud dynamická řada kardiointervalů nebyla podrobena předběžné úpravě. Při výpočtu M_{xDMn} se zpravidla vyloučí extrémní hodnoty kardiointervalů, pokud tvoří méně než 3 procenta celého objemu analyzovaného výběru. Fyziologický význam M_{xDMn} zpravidla souvisí s aktivitou parasympatické části autonomního nervového systému. V řadě případů však může výrazná amplituda pomalých vln, tvořící hodnotu M_{xDMn} , ve větší míře odrážet stav aktivity subkortikálních nervových center.

Z dat variační pulzometrie se počítají odvozené parametry, z nichž je nejpoužívanější index napětí regulačních systémů (stresový index - SI), který odráží stupeň centralizace řízení srdečního rytmu a základním způsobem charakterizuje aktivitu sympatické části autonomního nervového systému. Vypočítá se pomocí následujícího vzorce:

$$SI = A_{Mo} / (2M_o * M_{xDMn})$$

Tento parametr našel široké použití ve sportovní medicíně, fyziologii práce, kosmickém výzkumu a také v klinické praxi. Hodnota SI se normálně pohybuje v mezích od 50 do 150 jednotek c.u. (conditional units). Při emoční zátěži a fyzické práci se hodnota SI u zdravých lidí zvyšuje na 300 až 500 jednotek., u starších osob s redukovánými rezervami jsou tyto hodnoty pozorovány dokonce v klidu. Při objevení stenokardií SI dosahuje hodnot 600 - 700 jednotek., u předinfarktových stavů dokonce 900 - 1100 jednotek.

Korelační rytmodgrafie (CRG)

Tato metoda znázorňuje dynamické řady kardiointervalů v určitém „shluku“ (scattergram) sestavením řady bodů v systému kolmých souřadnic. Na ose „y“ je tak umístěn každý aktuální RR-interval a na ose „x“ každý následný RR-interval. Obrázek 4d znázorňuje typický příklad CRG. Důležitá výhoda této metody spočívá v tom, že umožňuje účinně odlišit a analyzovat srdeční arytmie. Numerické parametry CRG jsou na osách elipsy („a“ a „b“) dány shlukem bodů a poměrem a/b. Fyziologický význam poměru a/b se blíží SI – tj. charakterizuje stupeň centralizace řízení srdečního rytmu, aktivity sympatické části autonomního nervového systému.

Autokorelační analýza

Výpočet a konstrukce autokorelační funkce dynamické řady kardiointervalů (viz obr. 4c) jsou odvozeny ze studie vnitřní struktury této řady pomocí kauzálního procesu. Autokorelační funkce znázorňuje schéma dynamiky korelačních koeficientů, získaných postupným posunem analyzované dynamické řady na jedno číslo ve vztahu k vlastní řadě. Po prvním posunu jedné hodnoty, je korelační koeficient tím menší než jedna, čím více jsou vyjádřeny respirační vlny. Jestliže ve zkoumaném vzorku dominují komponenty pomalé vlny, je korelační koeficient po prvním posunu pouze nepatrně menší než jedna. Následné posuny vedou k postupnému snižování korelačního koeficientu až do negativních hodnot. Fyziologický význam použití autokorelační analýzy leží ve stanovení míry vlivu centrální řídicí úrovně na autonomní úroveň. Čím silnější je tento vliv, tím blíže je korelační koeficient k jedničce při prvním posunu. Autokorelogram dovoluje hodnotit latentní periodicitu srdečního rytmu. Taková analýza však má pouze kvalitativní charakter.

Spektrální analýza

Pro přesné kvantitativní stanovení periodických procesů srdečního rytmu se používá spektrální analýza. Fyziologický význam spektrální analýzy spočívá v možnosti stanovit aktivity různých úrovní řízení rytmu srdce. Na obr. 4e je zachyceno typické spektrum VSF pro výběr v trvání 5 minut. Na ose „x“ jsou umístěny hodnoty flukтуаčních period v sekundách, na ose „y“ jsou hodnoty energie pro příslušné spektrum v ms^2 . U spektrální analýzy tzv. krátkých dynamických řad kardiointervalů s trváním do 5 minut je možné měřit pouze energii respiračních vln a pomalých vln prvního a druhého řádu. Pokud jde o pomalé vlny druhého řádu, podle euroamerických standardů se stanovuje jejich rozmezí od 0,04 do 0,003 Hz (nebo od 25 do 300 s). V řadě článků je však doloženo, že u specifikovaných řad jsou pozorovány fluktuace různé povahy související s termoregulačními procesy (Sayers, 1973, 1981), s procesy oxidačně-redukčními, s metabolickými procesy a zejména s glykolýzou (Boiteux et al., 1977). V rozmezí do 300 sekund je tak možné vymezit vlny nejen druhého řádu, ale také řádu třetího až čtvrtého. Pomalé vlny druhého řádu jsou proto v komplexu Teslagraph kalkulovány v intervalu od 25 do 66 sekund (0,04 - 0,015 Hz). Tyto vlny jsou zpravidla spojovány s aktivitou suprasegmentální části mozku (Haspekova, 1994), s aktivitou sympatických subkortikálních center. Co se týká pomalých vln třetího a čtvrtého řádu, je pravidlem, že hlavní energie se zobrazuje v první harmonické složce spektra. Názvy spektrálních komponent podle euroamerických standardů se akceptují. Jejich názvy odrážejí frekvenční strukturu: vysokofrekvenční fluktuace (High Frequency - HF), nízkofrekvenční fluktuace (Low Frequency - LF), fluktuace s velmi nízkou frekvencí (Very Low Frequency - VLF), a fluktuace s ultranízkou frekvencí (Ultra Low Frequency - ULF). Frekvenční rozsahy specifikovaných komponent uvádí následující tabulka:

Spektrální komponenty	Rozsah frekvencí v Hz	Perioda v sekundách
HF	0,4 – 0,15	2,5 – 7
LF	0,15 – 0,04	7 – 25
VLF	0,04 – 0,015	25 – 66
ULF	Méně než 0,015	Více než 66

U spektrální analýzy je pro každou komponentu obvyklé vypočítat celkovou energii ve vlastním rozsahu, průměrnou energii v každém rozsahu, hodnotu maximální harmonické složky a relativní podíl v procentech z celkové energie všech rozsahů (Total Power-TP). U dat spektrální analýzy VSF jsou kalkulovány následující parametry: index centralizace - IC (Index of Centralization, $IC = (VLF + LF)/HF$) a index aktivace subkortikálních nervových center ISCA (Index of Subcortical Centers Activity, $ISCA = VLF/LF$). IC odráží stupeň prevalence nerespiračních sinusových arytmií v porovnání s respiračními. Defakto se jedná o kvantitativní charakteristiku poměru mezi centrální a autonomní úrovní regulace srdečního rytmu. Druhý index ISCA charakterizuje aktivitu kardiiovaskulárního subkortikálního nervového centra ve vztahu k vyšším úrovním řízení. Zvýšená aktivita subkortikálních nervových center je provázána růstem ISCA. Pomocí tohoto indexu lze monitorovat procesy korového útlumu. Podle euroamerických standardů je navíc možné stanovit vztah LF/HF.

3. Hodnocení výsledků analýzy VSF

Pro uživatele komplexu Teslagraph má největší význam interpretace získaných výsledků. Zde vybíráme 3 postupy hodnocení výsledků získaných analýzou VSF:

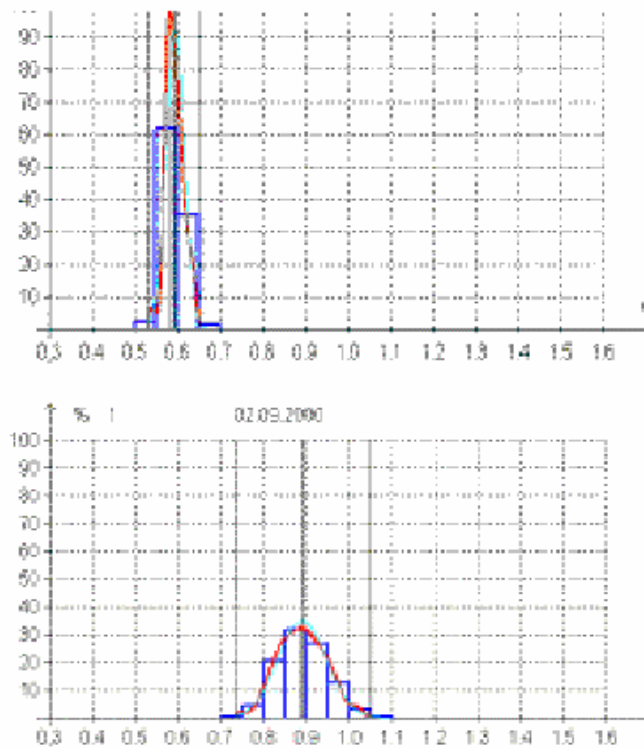
- a) Přímá interpretace získaných dat dle vědecko-teoretických představ o souvislosti pozorovatelných změn s aktivitou částí autonomní nervové soustavy, se stavem vaskulárního centra a vyšších vegetativních center, s hladinou stresu, atd. Každý z vypočítaných parametrů se hodnotí samostatně a poté se formuluje společný závěr.
- b) Hodnocení funkčního stavu organismu a stupně napětí regulačních systémů na základě analýzy komplexu parametrů. Při tomto přístupu se bere v potaz nejen každý parametr, ale i vztahy mezi parametry a poté je pomocí termínů pro neoborníky formulován jednoznačný závěr o stavu zdraví a hladiny stresu.
- c) Speciální metody hodnocení, související s funkčním testováním a péčí o zdraví. K dispozici je speciální software pro porovnání výsledků výzkumu v různých fázích funkčních testů, nebo v různých fázích léčby.

3.1 Klinicko-fyziologické hodnocení výsledků

V příloze 1 je uveden kompletní seznam parametrů VSF, vypočítaný pomocí software komplexu Teslagraph. Tato tabulka rovněž obsahuje stručné fyziologické interpretace pro každý parametr. V praxi se používá pouze omezený počet parametrů, které zajišťují dostatečné množství informací o funkčním stavu organismu. Další parametry se hodnotí pouze příležitostně - pokud je nezbytné upřesnit stav určité části regulačního systému. V následujícím textu jsou uvedeny hlavní (nejčastěji používané) parametry VSF a jejich přímé, klinické a fyziologické interpretace na základě tradičních vědomostí o autonomní regulaci srdečního rytmu, podílu sympatiku a parasympatiku, subkortikálního kardiovaskulárního centra a vyšších úrovních regulace:

- a) **STANDARDNÍ ODCHYLKA (SD)** je nejjednodušší a nejoblíbenější výsledek analýzy VSF. Vypočítá se jako průměr odchylek délky kardiointervalů. Je dobře známa jako standardní statistický parametr. Hodnoty SD se vyjadřují v milisekundách (ms). Normální hodnoty SD se pohybují v rozmezí 40 - 80 ms. U těchto hodnot však často pozorujeme odchylky, které souvisejí s věkem, nebo pohlavím a které je třeba brát v potaz při hodnocení výsledků měření. SD představuje mimořádně citlivý parametr stavu regulačních mechanismů. Růst a pokles SD může být spojen jak s autonomní úrovní regulace, tak úrovní centrální. Je pravidlem, že růst SD představuje zesílení autonomní regulace, tj. vliv dýchání na srdeční rytmus, které je často pozorováno během spánku. Pokles SD je zpravidla spojen se zvýšením sympatické regulace, která potlačuje aktivitu autonomní úrovně. Strmý pokles SD je spojen s významným napětím regulačních systémů, kde proces regulace zahrnuje nejvyšší úrovně řízení a to vede k téměř úplnému potlačení aktivity autonomní úrovně. Informace, které se fyziologickým významem podobají SD, lze získat také u parametru celkové energie spektra - TP (Total Power). Ten se liší od SD; je charakterizován pouze periodickými procesy v srdečním rytmu a nezahrnuje tzv. fraktálovou část procesů, tj. nelineární a aperiodické procesy.
- b) **RMSSD** - parametr aktivity parasympatiku. Tento parametr se vypočítá z dynamické řady rozdílů hodnot po sobě jdoucích párů kardiointervalů a neobsahuje pomalé vlny srdečního rytmu. Přímým způsobem odráží aktivitu autonomní úrovně regulace. Čím vyšší jsou hodnoty RMSSD, tím vyšší je aktivita parasympatické regulace. Normální hodnoty tohoto parametru se pohybují v rozmezí 20 - 50 ms. Podobné informace lze získat z parametru pNN50, který je citlivější při vyšetření osob s vyjádřenou sinusovou arytmií, nebo s poruchami rytmu.
- c) **INDEX NAPĚTÍ REGULAČNÍHO SYSTÉMU (stresový index)** charakterizuje aktivitu sympatických regulačních mechanismů, stav centrální úrovně řízení. Tento parametr se vypočítá na základě analýzy křivky distribuce kardiointervalů - histogramu. Aktivace centrální úrovně regulace, zesílení sympatické regulace během námahy se projeví stabilizací rytmu a zmenšením rozptylu délky kardiointervalů, zvýšeným počtem intervalů o stejném trvání (růst AMo - počtu intervalů odpovídající charakterizaci AMo). Analýza histogramu, nebo metoda variační pulzometrie zjevně vykazuje proces ve formě zužování histogramu s růstem amplitudy modu. Kvantitativně může být tento stav vyjádřen jako poměr mezi výškou a šířkou histogramu. Tento parametr byl nazván indexem napětí regulačních systémů (stresový index, SI). Na obr.5 jsou znázorněny dva histogramy odpovídající normotonickému typu a typu s převahou aktivity sympatické části autonomního nervového systému. Histogramy lze znázornit různými způsoby a mohou být různě analyzovány. Výpočet SI je pouze jedním z přístupů pro interpretaci a vyhodnocení histogramu (variační pulzogram). V normálních případech se hodnota SI pohybuje v rozmezí 50-150 jednotek. Tento parametr je velmi citlivý na zvýšení tonu sympatiku. Malá zátěž (fyzická, nebo emoční) zvyšuje SI 1,5 - 2x. Při signifikantních zátěžích se zvyšuje pěti- až desetinásobně. U nemocí s konstantním napětím regulačních systémů

může hodnota SI v klidu činit 400-600 jednotek. U nemocných se záchvaty stenokardií a u infarktu myokardu mohou klidové hodnoty SI dosáhnout až 1500 jednotek.

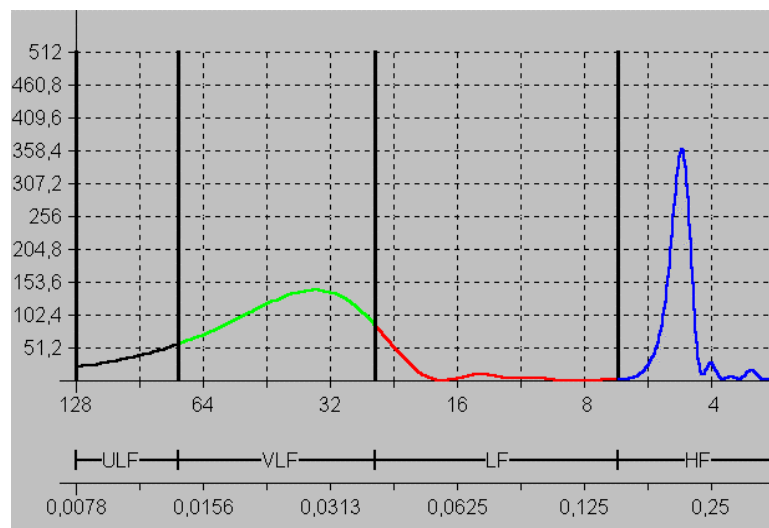


Obr. 5. Variační pulzogram normotonického (dole) a sympatotonického (nahore) typu.

d) ENERGIE VYSOKOFREKVENČNÍ KOMPONENTY SPEKTRA - respirační vlny.

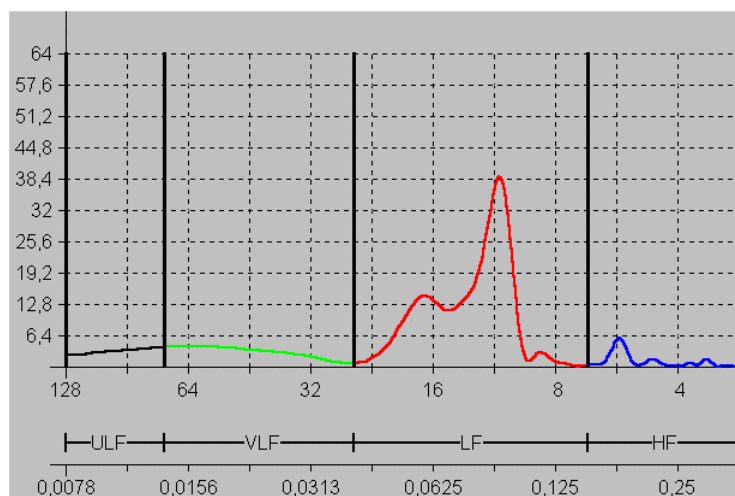
Aktivita sympatické složky autonomního nervového systému, jedné z komponent vegetativní rovnováhy, může být hodnocena podle stupně potlačení aktivity autonomní úrovně regulace, za kterou je odpovědný parasympatickým systém. Dobře odráží parametr energie respiračních vln srdečního rytmu v absolutním i procentuálním vyjádření.

Respirační vlny (HF vysokofrekvenční) zpravidla tvoří 15 - 25 % celkové energie spektra. Snížení tohoto podílu až na 8 - 10% poukazuje na porušení vegetativní rovnováhy na stranu sympatiku. Jestliže hodnota HF klesne pod 2 - 3 %, je možné hovořit o pronikavé převaze sympatické aktivity. V takovém případě se snižují také parametry RMSSD a pNN50. Naproti tomu zvýšení podílu respiračních vln ve spektru R-R intervalů svědčí o zvýšení parasympatického tonu. Obdobný případ je znázorněn v grafu spektra na obr. 6.



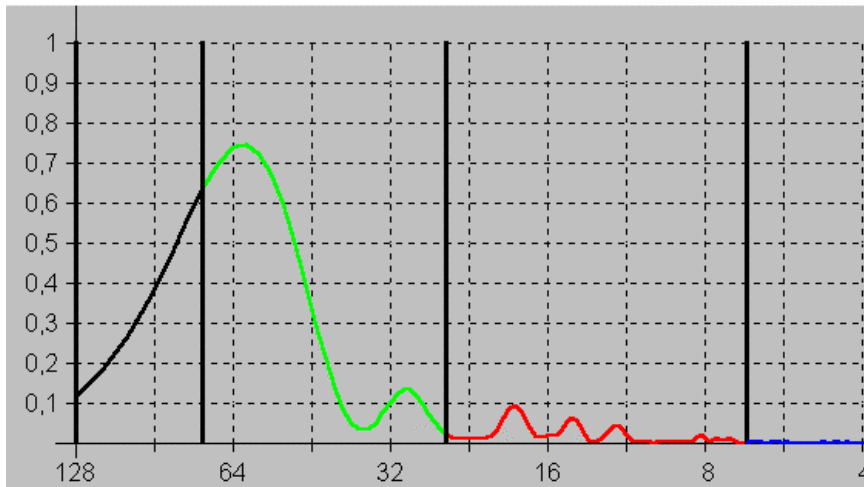
Obr. 6. Spektrální funkce s převahou vysokofrekvenční komponenty (HF).

- e) **ENERGIE NÍZKOFREKVENČNÍ KOMPONENTY SPEKTRA** (pomalé vlny prvního řádu, vazomotorické vlny). Tento parametr (LF-Low Frequency) charakterizuje především stav regulačního systému vaskulárního tonu. Za normálních okolností senzitivní receptory sinokarotického uzlu zóny detekují změny hodnot krevního tlaku a aferentní nervové impulzy postupují do vazomotorického centra v prodloužené míše. Zde dochází k aferentní syntéze (zpracování a analýza přicházející informace) a poté eferentní cestou je řízen cévní systém. Tento proces kontroly vaskulárního tonu ze zpětnou vazbou na vlákna hladkých svalů cév je vazomotorickým centrem prováděn neustále. Čas nezbytný k tomu, aby příslušné vazomotorické centrum získalo, zpracovalo a převedlo informaci, kolísá od 7 do 20 sekund; průměrně činí 10 sekund. U srdečního rytmu je proto možné nalézt vlny s frekvencí blízkou 0,1 Hz, které byly nazvány vazomotorické vlny. Energie pomalých vln prvního řádu určuje aktivitu vazomotorického centra. Přejít z pozice vleže (na zádech) do vertikální polohy zpravidla vede k podstatnému zvýšení energie v tomto rozsahu fluktuací srdečního rytmu. Aktivita vazomotorického centra se snižuje s věkem a u starších osob není tento účinek prakticky přítomen. Namísto pomalých vln prvního řádu se zvyšuje energie pomalých vln druhého řádu. To znamená, že proces regulace kontroly krevního tlaku probíhá s podílem nespecifických mechanismů aktivací sympatické složky autonomního nervového systému. Za normálních okolností činí procentuální podíl vazomotorických vln v pozici vleže na zádech přibližně od 15 do 35-40%. Při podstatném nárůstu energie vazomotorických vln (viz obr. 7) je zjištěno zvýšení aktivity podkorového vazomotorického centra, což může být způsobeno jak probíhajícími cévními reakcemi (např. psychemočního charakteru), tak i sklonem k hypertenzi, nebo zvýšenou citlivostí vaskulárního centra na různé stresové faktory (vaskulární dystonie). Dále je třeba zmínit parametr dominantní frekvence v rozsahu vazomotorických vln: Ten se zpravidla pohybuje v rozmezí od 10 do 12 sekund. Zvýšení na 13 - 14 sekund může specifikovat zpoždění při zpracování informací ve vazomotorickém centru, nebo prodlevu v převodu informací do systému baroreflexní regulace.



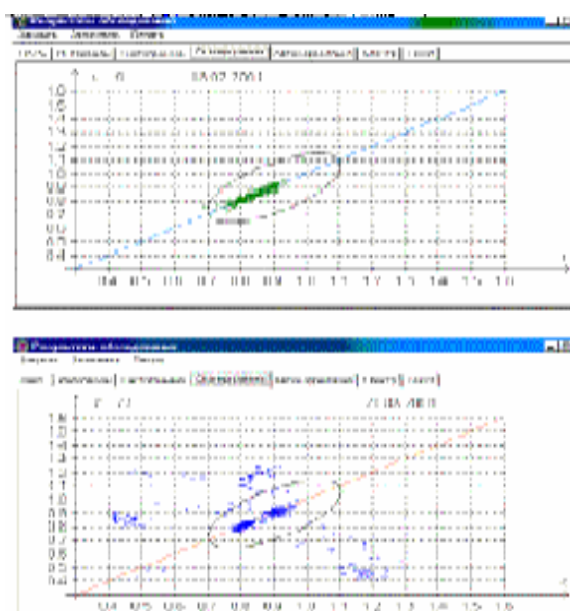
Obr. 7. Spektrální funkce s převahou nízkofrekvenční komponenty

- f) **ENERGIE SPEKTRA S VELMI NÍZKOU FREKVENČÍ (VLF)** (pomalé vlny druhého řádu). Srdeční rytmy v rozsahu 0,04 - 0,015 Hz (25 - 70 s) charakterizují podle názoru mnoha zahraničních autorů (Pagani M., 1989, 1994, Maliani, 1991) sympatickou aktivitu. Jedná se však o poněkud zjednodušenou interpretaci tohoto parametru. V tomto případě bychom měli hovořit o složitějších vlivech ze suprasegmentálních (VLF) řídicích úrovní, protože amplituda VLF úzce souvisí s psychoemočním napětím (Kudrjavceva, 1974). Údaje N.B. Chaspekova (1996) spolehlivě prokazují, že VLF odráží cerebrální ergotropní vlivy na nižší řídicí úrovně a umožňuje posoudit funkční stav mozku při psychogenních a organických patologických stavech mozku. Podle údajů A.N. Fleischmana je VLF velmi dobrým indikátorem řízení metabolických procesů (1996). VLF tak charakterizuje vliv nejvyšších autonomních center na kardiiovaskulární subkortikální centrum a lze ji použít jako spolehlivý marker stupně propojení mezi autonomními (segmentálními) regulačními úrovněmi kardiiovaskulární regulace a suprasegmentální úrovní, včetně úrovně hypothalamicko-hypofyzární a korové. Za normálních okolností činí energie VLF 15-30% celkové energie spektra. Při zvýšení sympatické aktivity způsobené vlivy vyšších vegetativních center může hodnota tohoto parametru dosáhnout až 60 - 70 % (viz obr. 8)



Obr. 8. Spektrální funkce s převahou komponenty o velmi nízké frekvenci

g) ARYTMIE - parametr vyjadřující přítomnost a projevy arytmiických srdečních úderů. K arytmiím patří extrasystoly a opoždění srdečních úderů. V prvním případě jde o zvýšenou vzrušivost myokardu, nebo nervových center. Při tom vznikají supraventrikulární a komorové extrasystoly. V druhém případě jde o blokádu excitace myokardu v důsledku funkčních, nebo organických poruch. Nezávisle na druhu poruchy rytmu, lze vyjádřit jejich počet procentem z celkového počtu srdečních úderů. Za normálních okolností by arytmie neměly tvořit více než 1-2% celkového počtu úderů, tj. na každých 100 úderů srdce by měly připadat maximálně jedna až dvě arytmie. V případě zvýšeného počtu arytmií, který je příznakem patologického vývoje, je nezbytné věnovat tomuto parametru značnou pozornost. Při hodnocení arytmií je zejména důležité brát v úvahu tzv. „kritické prahy“ – tj. limitní hodnoty parametru. Překročení těchto hodnot vyžaduje okamžitou návštěvu lékaře. Software je vybaven účinnými prostředky pro rozpoznání arytmií. Parametr počtu arytmií se udává samostatně (NAr). Jednotlivé arytmie jsou z analýzy VSF vyloučeny, v první řadě vzhledem ke klinickému významu arytmií, zadruhé vzhledem ke skutečnosti, že (pro matematickou analýzu srdečního rytmu) nemohou být počítány k variabilitám srdečního rytmu. Jestliže záznam RR-intervalů obsahuje více než 2 až 4% arytmií (zejména pokud se nevyskytují jednotlivě, ale ve skupinách), nepočítá se celá řada parametrů. V takovém případě závisí analýza VSF zcela na spektrální analýze. Jedním z účinných a průkazných způsobů pro hodnocení arytmií je metoda korelační rytmografie (konstrukce scattergramu). Obrázky 9a a 9b znázorňují dva scattergramy, které ilustrují hodnocení arytmií pomocí této metody.



Obr. 9. Hodnocení arytmie pomocí metody korelační rytmografie. Na spodním obrázku je znázorněn korelační rytmogram (scattergram) u pacienta s vyjádřenou arytmií.

3.2 Hodnocení funkčního stavu organismu

VSF lze komplexně hodnotit pomocí indexu aktivity regulačních systémů (IARS). Vyjadřuje se ve stupních a vypočítává se pomocí speciálního algoritmu, který zohledňuje statistické parametry, parametry histogramu a dat spektrální analýzy. IARS umožňuje rozlišovat různé stupně napětí regulačních systémů.

IARS byl poprvé navržen na počátku osmdesátých let (Baevský a spol., 1984) a byl sledován účinný pro hodnocení adaptability organismu. Algoritmus jeho výpočtu se postupně zlepšoval a v současnosti byl vyvinut algoritmus nový, který zohledňuje hodnoty všech hlavních parametrů VSF:

- a) Celkový účinek regulace na základě hodnot tepové frekvence (TF);
- b) Celkovou aktivitu regulačních mechanismů na základě hodnot směrodatné odchylky SD (nebo celkové energie spektra - TP);
- c) Vegetativní rovnováhu na základě komplexu: SI, RMSSD, HF, IC;
- d) Aktivitu vazomotorického centra na základě energie spektra pomalých vln prvního řádu (LF);
- e) Aktivitu subkortikálního kardiovaskulárního nervového centra, nebo suprasegmentálních úrovní regulace na základě energie spektra pomalých vln druhého řádu (VLF).

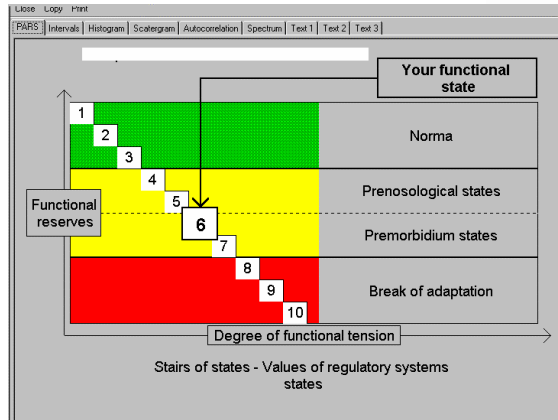
Ke každému z vyjmenovaných kritérií se přiřazuje číselná hodnota z pětistupňové škály (+ 2; + 1; 0; -1; -2). Čísla 1 a 2 tak odrážejí mírnou, nebo výraznou odchylku v kladném, nebo záporném smyslu. Celkové výsledky podobných hodnocení lze vyjádřit slovním popisem v závěru.

Kritérium hodnocení	Závěr
Celkový účinek regulace	Tachykardie, normokardie, bradykardie
Aktivita regulačních systémů	Zvýšená stabilita, přítomnost arytmií
Vegetativní rovnováha	Prevalence sympatického, nebo parasympatického tonu
Vazomotorické centrum	Zvýšení, nebo snížení aktivity vazomotorického centra
Suprasegmentální úroveň regulace	Vysoká, nebo nízká aktivita suprasegmentálních úrovní regulace, zvýšení, nebo snížení aktivity nejvyšších vegetativních center

Hodnoty IARS se vyjadřují ve stupnici od 1 do 10. Hodnocení IARS je tvořeno součtem bodových hodnocení pěti výše uvedených dílčích kritérií. Tak je stanoven modul součtu stupňů, bez ohledu na znaménka. Počet kladných a záporných čísel, dávajících celkový součet, je však uveden v závorkách (například: IARS = 6 (+ 4; -2). Na základě analýzy IARS lze stanovit následující funkční stavy:

- a) Stav optimálního napětí regulačních systémů, nezbytný pro udržení aktivní rovnováhy organismu s vnějším prostředím (normální stav: IARS = 1 - 2).
- b) Stav mírného napětí regulačních systémů, kdy pro adaptaci organismu na vlivy vnějšího prostředí je potřeba použít dodatečné funkční rezervy. Takový stav vzniká během adaptace na pracovní zatížení, při emočním stresu, nebo vlivem nežádoucích ekologických faktorů (IARS = 3 - 4).
- c) Stav výrazného napětí regulačních systémů, který souvisí s aktivní mobilizací ochranných mechanismů, včetně zvýšení aktivity sympaticko-adrenálního a hypofyzárně-adrenálního systému (IARS = 5- 6).
- d) Stav přetížení regulačních systémů, charakterizovaný nedostatečnými obrannými a adaptačními mechanismy, jejich neschopností dosáhnout adekvátní reakce organismu na vlivy faktorů vnějšího prostředí. Nadbytečná aktivace regulačních systémů již není podporována odpovídajícími funkčními rezervami (IARS = 7 - 8).
- e) Stav vyčerpání (astenizace) regulačních systémů, při kterém je aktivita řídicích mechanismů významně snížena (nedostatečnost regulačních mechanismů) a jsou přítomny charakteristické patologické příznaky. Specifické změny převládají nad nespecifickými (IARS = 9-10).

Získané výsledky se promítnou na obrazovku a vytisknou. Tyto závěry provází znázornění tzv. „žebříčků stavů“, které byly vyvinuty pro oblast prenosologické diagnostiky (Baevský, 1979, Baevský, Berseneva, 1997). Tři zóny funkčních stavů jsou prezentovány jako „dopravní semaforey“ (viz obr. 10), přičemž u každého bodu funkčního hodnocení je uveden informační text. Stupnice semaforu je pro každého pochopitelná, ať se jedná o řidiče, nebo chodce .

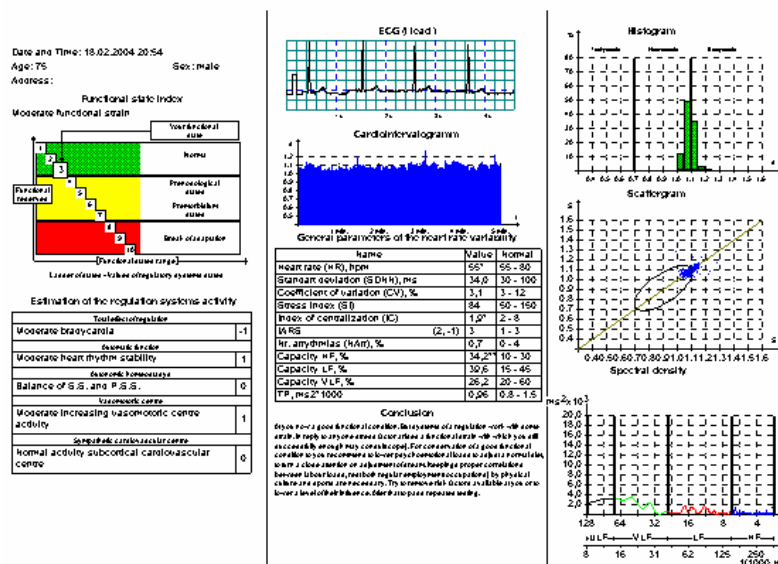


Obr. 10. Vyhodnocení funkčních stavů organismu podle analýzy systému VSF, „dopravní semafor“

ZELENÁ znamená, že všechno je v pořádku; je možné pokračovat bez obav. Nejsou potřeba jakákoliv speciální opatření týkající se prevence a léčby. ORANŽOVÁ značí potřebu zvýšené pozornosti vůči zdraví. Funkční stav vyžaduje občas se zastavit, rozhlédnout a pokračovat dále. Jinými slovy, je nutné přijmout ozdravná a preventivní opatření a lépe si všimnout vlastního zdravotního stavu. ČERVENÁ vyjadřuje: „další postup není možný“, je nezbytné provést závažná zdravotní opatření. Naprosto nezbytné je diagnostické vyšetření a poté vhodná léčba možných nemocí. Pomocí zelené, oranžové a červené zóny lze charakterizovat funkční stav dané osoby z hlediska rizika rozvoje onemocnění. Pro každý stupeň na žebříčku stavu je předdefinována „diagnóza“ funkčního stavu dle úrovně napětí regulačních systémů. Navíc je možné zařadit vyšetřovaného do jednoho ze čtyř funkčních stavů dle klasifikace prenosologické diagnostiky:

- § Normální stav, případně stav uspokojivé adaptace
- § Stav funkčního napětí
- § Stav přepětí, nebo neuspokojivé adaptace
- § Stav vyčerpání regulačních systémů, nebo selhání adaptace.

Pro názorné a pohodlné prezentace výsledků analýzy VSF a ostatních výsledků je vyšetřovaným osobám (pacientům) prostřednictvím softwaru komplexu Teslagraph k dispozici specializovaný program OUT DOC. Obrázek 11 znázorňuje příklad výsledků připravený k tisku, získaný pomocí tohoto programu. Jak je patrné, dokument obsahuje tři sloupce. V prvním sloupci je znázorněna škála „dopravního semaforu“ s individuální hodnotou IARS a podrobným hodnocením každé z pěti komponent. Ve druhém sloupci je znázorněn příklad EKG záznamu, celý kardiointervalogram a tabulka s číselnými hodnotami a označením hranic normy. Na zvláštním místě ve spodní části druhého sloupce je uveden „ZÁVĚR“. Třetí sloupec obsahuje variační pulzogram, scattergram a spektrum získané analýzou kardiointervalogramu daného pacienta.



Obr. 11. Ukázka komplexního vyhodnocení výsledků analýzy VSF pomocí softwaru ISCIM-6.

„Závěr“ je nejúčinnější a původní výsledek provedeného vyšetření. V něm je pro každý z 10 funkčních stavů předdefinován samostatný text závěru. Tento text má dvě části. V první je vyjádřeno hodnocení funkčního stavu a vysvětleno, co to znamená pro vyšetřovaného. Druhá část uvádí doporučení k prevenci, k zdravému způsobu života a návrh termínu příštího vyšetření. V příloze 2. jsou uvedeny texty všech „závěrů“. Je důležité připomenout, že existuje možnost úpravy textu a dokonce vytvoření textů nových dle přání uživatele. Takové úpravy se však musejí provádět s velkou opatrností a s vědomím zodpovědných specialistů. Fixní závěry dodané do programu jsou výsledkem dlouholeté práce specialistů v prenosologické diagnostice a jsou prověřeny zkušenostmi z mnoha vyšetření.

3.3 Hodnocení výsledků funkčních testů a dynamické kontroly

3.3.1 Funkční testy

Při funkčním testování se porovnávají parametry VSF během reakce organismu na specifické vlivy s referenčními hodnotami těchto veličin. Pro daný účel obsahuje hardware-software komplex Teslagraph speciální program Dynacont. Tento program, (vycházející z kontinuálního záznamu RR-intervalů v trvání několik desítek minut, nebo několik hodin – v závislosti na použitém funkčním testu) vymezuje po sobě jdoucí pětiminutová sezení. Jak je známo, právě pětiminutové trvání záznamu je akceptováno jako mezinárodní standard pro analýzu VSF. Parametry získané při analýze VSF při úvodním pětiminutovém záznamu (klidové) začínají na nulové hodnotě při konstrukci grafických znázornění dynamiky. Na obr. 12 je znázorněna ukázka – vytištěný dokument programu Dynacont. Jak je zřejmé z ukázky, jsou k dispozici informativní parametry speciálních záznamových polí, tj. závěry a doporučení.

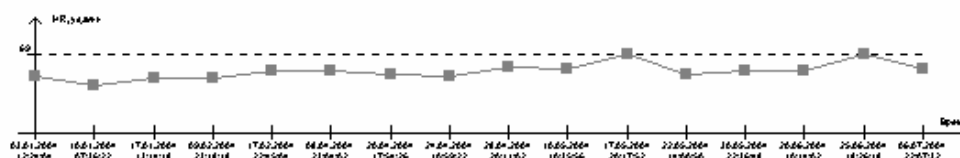
3.3.2 Dynamická kontrola

Pro hodnocení výsledků preventivních a léčebných opatření je velmi důležitá možnost porovnání údajů o stavu regulačních systémů při následných kontrolách K tomu slouží speciální program Dynacont (DYNAMIC CONTROL), který umožňuje získat grafy a tabulky vybraných parametrů v závislosti na určitých časových údajích (např. datum).

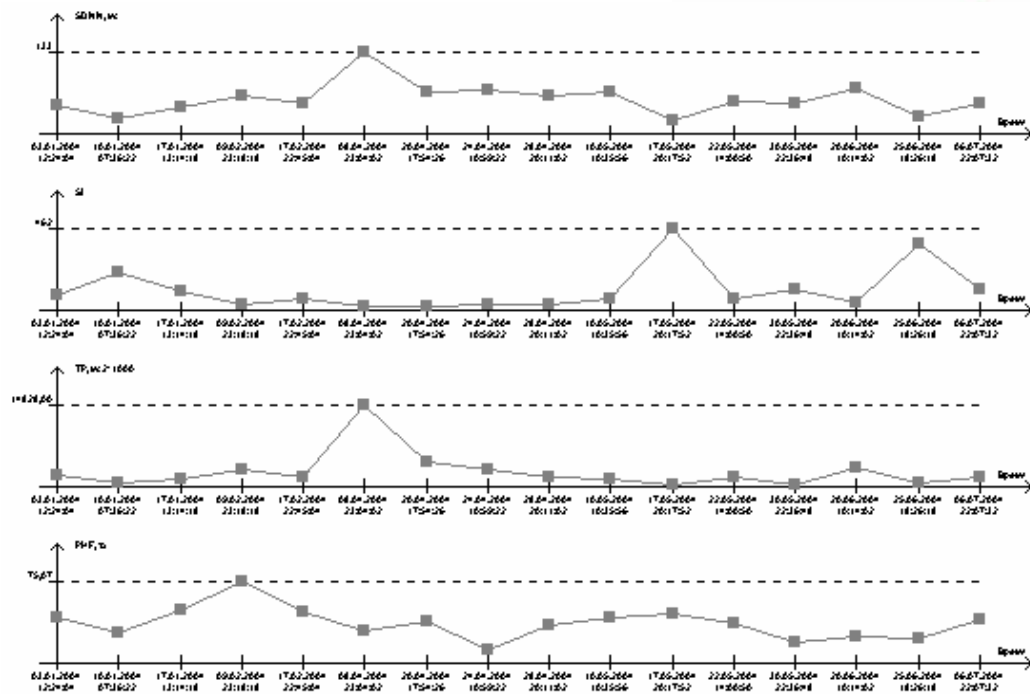
A) Дата и время обследования: 03.01.2004 11:22
 Возраст: 75 Пол: муж.
 Адрес:
 Примечание:

Таблица значений показателей

Дата и время обследования	Позиция или этап	HR, уд./мин	SDNN, мс	SI	TP, мс2*1000	RMF, %	PLF, %	PVLF, %			
03.01.2004 12:24:04	1. Сидя	50	47	33	2067,08	41,75	37,85	20,40			
07.01.2004 11:34:54	1. Сидя	47	52	281	2097,21	28,37	26,99	48,63			
11.01.2004 10:50:36	1. Сидя	55	38	28	5151,10	14,18	20,29	85,52			
09.02.2004 23:18:18	1. Сидя	48	61	13	3187,81	75,07	18,50	6,43			
17.02.2004 22:46:04	1. Сидя	55	50	66	1651,85	47,52	23,71	23,67			
08.04.2004 23:04:02	1. Сидя	54	133	10	14828,00	30,08	63,02	6,50			
11.04.2004 22:41:26	1. Сидя	53	60	42	2093,37	51,09	38,06	9,05			
20.04.2004 17:54:26	1. Сидя	51	60	23	4640,03	38,01	34,04	26,15			
10.05.2004 10:35:56	1. Сидя	57	67	60	1335,83	41,21	37,02	20,83			
17.05.2004 20:17:52	1. Сидя	60	23	46,2	282,26	44,01	42,22	12,86			
25.05.2004 19:21:08	1. Сидя	60	36	22,2	1248,14	35,01	41,51	23,47			
30.05.2004 22:36:48	1. Сидя	55	40	115	509,06	18,70	17,34	63,06			
20.06.2004 10:14:02	1. Сидя	55	75	44	3405,96	23,07	60,95	6,79			
28.06.2004 10:23:04	1. Сидя	55	62	33	3269,54	24,50	71,80	3,70			
05.07.2004 22:07:32	1. Сидя	56	50	115	1674,78	40,04	48,06	11,00			



B)



Obr. 12. Použití speciálního programu Dynacont pro stanovení dynamiky změn funkčního stavu organismu. A – tabulka s daty a grafické znázornění změn vybraných parametrů; B – simultánní znázornění několika diagramů dynamiky podle volby uživatele

Tento program je důležitý pro kontrolu průběhu léčby a stanovení tendence změn funkčního stavu pacienta. Na obr. 12 je uveden pro tisk připravený graf několika parametrů a tabulky s naměřenými hodnotami v určitých časových úsecích. Grafy je možné vytvořit v různých měřítkách času amplitudy změn. Značky a jejich pojmenování mohou být definovány uživatelem.

Program Dynacont dovoluje vybrat pro kontrolu potřebné daje a určit konkrétní časové intervaly pozorování. Je možno si vybrat reálnou, nebo rovnoměrnou škálu časových intervalů vyšetření, což umožňuje sledovat bezprostřední reakce pacienta na různé vlivy.

3.3.3 Hodnocení účinnosti preventivních a léčebných opatření

Hlavním cílem výzkumu souvisejícího s analýzou VSF je získat informace o změnách stavu regulačních systémů následkem preventivních a léčebných faktorů. Je nezbytné účinně ovlivňovat zdravotní stav, volit optimální „dávky“ preventivních a léčebných opatření a usilovat o rychlé dosažení požadovaného účinku. S využitím parametrů VSF lze ovlivnit organismus, dosáhnout snížení stupně stresové zátěže, aktivovat ochranné mechanismy a obnovit a zvýšit adaptabilitu organismu.

Každý typ opatření vyvolává u dané osoby specifickou reakci regulačních systémů. Změny VSF parametrů nemusejí vždy jednoznačně sledovat pozitivní, nebo negativní dynamiku a pouze zkušený odborník - uživatel může rozlišit tendenci změn funkčního stavu, zejména pokud takové změny probíhají pomalu a postupně. V takových případech může být vhodnější použití speciálních počítačových programů na základě dříve nabytých zkušeností. Příslušná základna vědomostí je již k dispozici s odkazy na dobře známé farmakologické přípravky, případně standardní funkční testy. Přibývají vědomosti o nových, netradičních preventivních účincích na organismus.

4. Pokyny k praktickému použití hardware-software komplexu Teslagraph

Hardware-software komplex Teslagraph je přístroj určený k měření hladiny stresu, ke stanovení funkčního stavu regulačních systémů a adaptačních možností organismu. Nepatří do skupiny zdravotnických prostředků, přestože ho lze používat v klinické praxi ke stanovení účinnosti léčby. Mezi oblastí použití komplexu Teslagraph patří aplikovaná fyziologie, preventivní lékařství, lázeňská léčba, sportovní lékařství, fyziologie práce, psychofyziologie a v širokém slova smyslu valeologie – tj. věda o zdraví a metodách pro jeho ochranu.

Komplex Teslagraph by se měl používat ve všech případech, kdy je nezbytné dohlížet na hladinu stresu a jeho vliv na míru zdraví, kdy je nezbytné vědět, jakou „cenu“ platí organismus za adaptaci na podmínky vnějšího prostředí a na zátěž vycházející z nitra organismu (nemoc).

V následující části textu uvádíme některé specifické oblasti použití komplexu Teslagraph:

- § Sledování prakticky zdravých lidí, kteří jsou trvale vystaveni psychosociálním, emocionálním nebo industriálním stresům, jako jsou např. provozovatelé složitých systémů (dispečeri, řidiči vlaků, piloti, operátoři komplikovaných bezpečnostních soustav), obchodníci provozující aktivní obchodní život, intelektuálně pracující, administrativní pracovníci, atd.). Je důležité vědět, jak velké jsou funkční rezervy každého jedince a zda „zdroje“ použitelné pro adaptaci na vnější faktory nepřevyšují reálné adaptační možnosti jeho organismu.
- § Sledování různých skupin prakticky zdravých lidí, kteří žijí, eventuálně pracují v nežádoucích podmínkách, jako třeba dělníci v chemických továrnách, obyvatelé regionů s mimořádně nepříznivými ekologickými podmínkami a jiné populace lidí s vysokým rizikem přepětí a vyčerpání regulačních systémů. Pro získání nezbytných informací postačuje provést sledování u 50 až 100 osob z každé rizikové skupiny a porovnat tyto údaje s příslušnými kontrolními skupinami - s přihlédnutím k pohlaví a věku.
- § Sledování lidí, s pravidelnou fyzickou zátěží, s cílem udržet si dobrý zdravotní stav, a také osob navštěvujících fitness kluby. Je to potřeba zejména u starších osob, kde existuje riziko přetažení při nekontrolovaném působení fyzické zátěže. Týká se to také skupin lidí, kteří se zabývají kondičním sportem, turistikou, nebo těch, kteří samostatně používají různé preventivní prostředky.
- § Hodnocení funkčního stavu organismu během procesu podpory zdraví pomocí různých přírodních potravinových doplňků, nebo homeopatických prostředků, ale také při preventivní aplikaci různých medicínských preparátů. Jak známo, v těchto případech je pro dosažení optimálního účinku biologicky aktivních látek a léčivých přípravků důležitá individuální volba dávek.
- § Hodnocení adaptačních možností organismu ve fázi rekonvalescence po nemoci, periodické stanovování stupně napětí regulačních systémů pro prevenci možných komplikací.

Závěr

Hardware-software komplex Teslagraph je moderní nástroj pro praktické využití nejnovějších poznatků v oblasti výzkumu a hodnocení systémů řízení fyziologických funkcí v organismu člověka. Tento komplex poskytuje velký počet VSF parametrů, charakterizujících stav různých částí vegetativní regulace kardiovaskulárního systému. Avšak jen málo lékařů a odborníků z jiných oblastí, kteří se zabývají otázkami zdraví, je informováno o nových možnostech hodnocení funkčního stavu organismu, objevených díky technologickému pokroku během posledních let. Proto spolu s popisem komplexu Teslagraph a pokyny pro uživatele mají velký význam rovněž informace o vědeckých základech metody a způsobech jejího praktického použití. Přestože jsou tyto informace uvedeny ve stovkách publikací v časopisech a v řadě monografií, shromáždit je, vybrat nejdůležitější materiály a stanovit důležitost publikovaných dat pro svou praktickou práci dovede jen málo specialistů.

Výše uvedené metodické materiály v koncentrované formě poskytují uživateli komplexu Teslagraph nezbytné základní informace pro smysluplné používání metod VSF analýzy a vědecky zdůvodněné hodnocení získaných výsledků. Tyto informace jsou prezentovány z pozice teorie adaptace a učení o zdraví. Na výsledky VSF analýzy však lze nahlížet také z jiných pozic, například ve smyslu obecného klinického přístupu k hodnocení vegetativní rovnováhy a role sympatické a parasympatické složky autonomního nervového systému v patogenezi a v klinických příznacích různých onemocnění.

Stávající metodická doporučení generalizují zkušenosti z dlouhodobého používání metod VSF analýzy pro stanovení hladiny stresu a adaptability organismu v preventivní medicíně a v hromadných lékařských průzkumech (Baevský, Berseneva, 1997). Všechna hlavní pravidla jsou prezentována ve standardech pro měření Evropské kardiologické společnosti a Severoamerické elektrofyziologické společnosti (1996) a v ruských metodických doporučeních pro VSF analýzu (Baevský, Ivanov, Čirejkin, 2001). Rozsáhlé možnosti hardware-software komplexu Teslagraph však výrazně převyšují metodické přístupy popsané v literatuře a v těchto metodických doporučeních. Komplex Teslagraph reprezentuje analogii ruského komplexu Varicard, který byl vyroben jako výsledek trvalého výzkumu a vývoje nových lékařských technologií a lékařského výzkumu (Semenov, Baevský 1966, Ivanov 2001).

Komplex Teslagraph bude dále rozvíjen v metodologické i technologické oblasti. Tato metodická doporučení pak budou doplněny a rozšířeny v souladu se zkušenostmi většiny aktivních uživatelů přístroje Teslagraph a s nahromaděnými novými informacemi o analýze VSF a s dalším vývojem softwaru.

Zde předkládanou verzi metodických doporučení lze považovat za manuál k primárnímu rozvoji metody a instrukci pro správné a přiměřené používání komplexu Teslagraph. Předpokládá se, že každých 6 až 12 měsíců bude editována nová verze metodických doporučení na základě doporučení nejaktivnějších uživatelů a to bude vést k dalšímu obecnému vědeckotechnickému rozvoji.

LITERATURA

- § Akselrod S., Gordon D., Ubel F.A. et al. Power spectrum analysis of heart fluctuation: a quantitative probe of beat to beat cardiovascular control. *Science*, 1981, 213, 220-222
- § Baevsky R.M. Theoretical and applied aspects of the biosystems analysis //M. – 1976, p.88-111.
- § Baevsky R.M. Forecasting of conditions on the verge of norm and pathology.//M. – 1979, p.30-45.
- § Baevsky R.M., Kirillov O.I., Kletsin S.Z. The mathematical analysis of changes of a heart rhythm at stress.//M. – 1984, 225 p.
- § Baevsky R.M., Kudrjatkova V.I. Features of regulation of an heart rhythm at intellectual work.//*Human Physiology* ±1975, -N2, p.299-304.
- § Baevsky R.M., Berseneva A.P., Prenosological diagnostics in an estimation of a state of health. *Valeology, diagnostics, means and practice of maintenance of health*. SPb: Science, 1993. p. 33-47.
- § Baevsky R.M., Baevsky A.R., Lapkin M.M., Semenov J.N., Shalkin P.V. The physiological aspects of development of hardware-software means for the mathematical analysis of a rhythm of heart. *Russian medical and biological bulletin*, 1996, 1-2, p. 104-113,
- § Baevsky R.M., Berseneva A.P. An estimation of adaptable opportunities of an organism and risk of development of diseases, *M., Medicine*, 1997, 236 p.
- § Baevsky R.M., Ivanov G.G., Chirejkin L.V. et al. Methods of the HRV analysis in electrocardiographic systems. *The bulletin of arrhythmology*, 2001 24, p. 65-84.
- § Baevsky R.M., Ivanov G.G. The heart rate variability analysis and its use in applied physiology and clinical medicine. *Ultrasonic and functional diagnostics*. 2001, 3, p. 21-54
- § Baevsky R.M., Bersenev E.Y., Nikulina G.A et al. Automatic systems for control and estimation of the stress level on basis of space technologies .Symposium. *Achivement of space medicine in practice of public health services and the industry* (Berlin, March 2001) Berlin, 2001, p. 148-163;
- § Baevsky R.M. The HRV analysis in space medicine. *Human physiology*, 2002, 2, p. 32
- § Baevsky R.M. Chernikova A.G. To a problem of physiological norm: mathematical model of functional conditions on the basis of the HRV analysis. *Aerospace and ecological medicine*, 2002, _5. p. 34-37
- § Baevsky R.M., Berseneva A.P., Bersenev e. Y. et al. Space technologies of cardiorespiratory system researches and their use in clinical practice and applied physiology. *Achivement of space medicine in public health practice*. Berlin, March 2003
- § Baevsky R.M., Ivanov G.G. To a problem of standardization of the conclusions at the HRV analysis. *The All-Russia symposium of HRV: theoretical aspects and practical using*, Izhevsk, November 2003
- § Flejshman A.N. *Slow fluctuations of hemodynamics*. Novosibirsk, 1999, 264 p.
- § Goldberger A.J. Sympathovagal balance: how should we measure it? *Am. J. Physiol.*, 1999, 276 (4 Pt 2) H1273-80
- § Haspekova N.B. Regulation of heart rate variability at healthy persons and at patients with a psychogenic and organic pathology of brain *Dissertattion of Doctor medical sciences*, M., 1996. 236 p.
- § Heart rate variability. Standards of Mesurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation*, 93:1043-1065, 1996
- § Ludwig C.//*Arch. Anat. Physiol. Wis. Mol.*-1847-p.242-302.
- § Lombardi F., Sandroni G., Mortara A., La Rovere M. Circadian variation of spectral indices of heart rate variability after myocardial infarction. *Am. Heart J.* 123:1521-1524, 1992.
- § Mironova T.F., Mironov V.A. The clinical analysis of wave structure of sinus rhythm of heart. Chelyabinsk, 1998, 246 p.
- § Navakatikjan A.O., Krzhanovskaja V.V. Age serviceability of persons intellectual work.//Kiev – 1979, 207 p.
- § Parin V.V., Baevsky R.M., Gazenko ShC.G., Wolkov Y.N.. *Space cardiology*//M.,*Medicina*-1967; p. 195
- § C.M.A Rawenwaaij-Arts., L.A.A Kallee., J.C.M .Hopman. et al. Heart rate variability (Review), *Annals of Intern. Med*, 1993, vol.118. p. 436-447
- § Rjabykina G.V., Sobolev A.V. Variability a heart rhythm M., 1998, 200 p.
- § Sayers B. Analysis of rate variability//*Ergonomics*.-1973-V.16-N.1-p.17-32.
- § Semenov J.N., Baevsky R.M. Hard-software complex "Varicard" for an estimation of a functional state of an organism by results of the mathematical analysis of a heart rhythm. *Heart rate variability*. Izhevsk, 1996, p.160-162
- § Semenov J.N., Baevsky R.M. The software of a complex "Varicard" for the HRV analysis. *The All-Russia symposium of HRV: theoretical aspects and practical using*, Izhevsk, November 2003
- § Zhemajtite D. An opportunity of clinical application and the automatic analysis of rhythmogram.// *Dissertation.of doctor of med.sciences*.-Kaunas, 1972.