

KARDIOVASKULÁRNÍ REGULACE

TYPY REGULACÍ

z obecného pohledu

Rozdíl mezi pojmy: řízení x regulace

2 základní typy:

- ✓ nervová regulace
- ✓ humorální

REGULACE V KARDIOVASKULÁRNÍM SYSTÉMU

Úkolem těchto regulací – jak srdeční, tak cévní soustavy - je v souladu s měnícími se metabolickými požadavky organismu:

- udržovat relativně konstantní arteriální tlak
- zabezpečit dostatečné prokrvení tkání

Regulace cévního tonu

- Cévní tonus = základní klidové napětí hladké svaloviny cév
- Vazomotorika = možnost cév se v případě potřeby stahovat či roztahovat
- Regulace - lokální (místní) autoregulace
 - systémová regulace

Autoregulace

Autoregulace = céva ovlivňuje sama sebe

- **Myogenní** – Baylissův fenomén (hladká svalovina cév odpovídá na roztažení kontrakcí)
 - Při větší náplni cév se zvyšuje tlak uvnitř cévy (intravaskulární) - napíná se cévní stěna, s ní i buňky hladké svaloviny - jejich membrána se depolarizuje, což vyvolá vazokonstrikci (tímto se udrží relativně stálý průtok krve i při změnách tlaku krve – uplatňuje se hlavně v ledvinách)

Autoregulace

- **Metabolická** – průměr cév (platí hlavně pro arterioly, metarterioly, malé arterie) se mění podle požadavků tkání
- Je zprostředkovávána různými látkami:
 - Metabolity – konečné produkty energetického metabolismu = CO_2 , kyselina mléčná, K^+
 - Hypoxie (systémová cirkulace: vazodilatace x plicní oběh: vazokonstrikce)
 - Adenosin – koronární řečiště: vazodilatace

Autoregulace

- **Humorální – působení látek** (podobných hormonům)

vznikajících

- v endotelu
- ve tkáních orgánů
- nebo produkovaných krvinkami

na stěnu cév

ENDOTEL

Vazodilatační působky:

Oxid dusnatý (NO)

Prostaglandiny (PGE₂, PGD₂)

Vazokonstrikční působky:

Endoteliny (peptidy – 21AK)

endotelin 1, 2 , 3

Působky produkované jinými tkáněmi

Histamin – přírodní endogenní látka s výskytem v buňkách plic, kůže, GIT, bazofilních granulocytech. Uvolňuje se při poškození, zánětu či alergické reakci v podstatě ze všech tkání.

Celkový efekt histaminu na krevní oběh: dilatace arteriol a kapilár, pokles systémového cévního odporu a tlaku krve, zvýšení propustnosti kapilár

Bradykinin – zástupce plazmatických kininů (lyzylbradykinin=kalidin). Tvorba z kininogenů prostřednictvím proteáz=kalikreinů (plazmatický + tkáňový). Působení: ve tkáních, které při zvýšené aktivitě uvolňují kalikrein=slinné a potní žlázy - při intenzivním pocení vyvolá lokální vazodilataci.

10x silnější než histamin

Účinky v poškozených tkáních: relaxace hladkého svalstva, snížení tlaku krve, zvýšení propustnosti kapilár

Serotonin – výskyt: chromafinní buňky GIT, CNS, trombocyty

Vazba: serotonin + 5 HT receptory – po navázání na receptor dojde ke kontrakci hladkého svalstva cév, bronchů i střeva

Účinek na cirkulaci je závislý na specifických vlastnostech cévního řečiště v jednotlivých orgánech: vazodilatace cév – kosterní svaly, kůže

: vazokonstrikce cév – ledviny, mozek, plíce, splanchnické řečiště

(serotonin – jako neurotransmitter – ovlivní procesy spánku a bdění, chování, příjem potravy, termoregulaci)

Systemová regulace

HORMONÁLNÍ – působením hormonů ovlivňujících tonus hladkého svalstva cév:

- Katecholaminy (ze dřeně nadledvin, zástupci: adrenalin, noradrenalin, dopamin; účinky podobné jako při stimulaci sympatikem, s delší dobou trvání)
- Systém renin – angiotenzin (uplatňuje se hlavně při stresu)
- Antidiuretický hormon (mimo účinek na ledvinné tubuly vyvolává generalizovaně vazokonstrikci, nejvýrazněji v GIT a kožním řečišti)
- Atriální natriuretický peptid (syntéza v srdečních síních jako odpověď na roztažení – působí přímo na hladké svalstvo arteriálního a venózního řečiště vazodilatačně (sníží tlak krve))

Systemová regulace

NERVOVÁ – přes autonomní nervový systém

Sympatikus: vazokonstrikce

Většina hladké svaloviny cév – arterioly a vény,
aktivace sympatiku zprostředkovává klidový cévní tonus
(postgangliová vlákna – uvolnění noradrenalinu – působení
na alfa1 adrenergní receptory

Parasympatikus: vazodilatace

Pouze sakrální parasympatická cholinergní vlákna (Ach)
inervující arterioly vnějších pohlavních orgánů

INTEGRACE REGULACÍ V KARDIOVASKULÁRNÍM SYSTÉMU

Centrum kardiomotorické (pro regulaci srdeční činnosti)

– Rami cardiaci n. vagi x nn. cardiaci

Kardioinhibiční centrum: prodloužená mícha (ncl.dorsalis, ncl. ambiguus) – parasympatická vlákna X.hlavového nervu

: je stále aktivní – tzv. vagový tonus

Účinky: „negativní“ – snížení frekvence srdce, snížení kontraktility

INTEGRACE REGULACÍ V KARDIOVASKULÁRNÍM SYSTÉMU

Centrum kardiomotorické (pro regulaci srdeční činnosti)

– Rami cardiaci n. vagi x nn. cardiaci

Kardioexcitační centrum: není přesná lokalizace, předpoklad: retikulární formace laterální části prodloužené míchy – spinální centra sympatiku v segmentech Th1-Th3; nn.cardiaci

Účinky: „pozitivní“ – zvýšení frekvence srdce, zvýšení kontraktility

INTEGRACE REGULACÍ V KARDIOVASKULÁRNÍM SYSTÉMU

Centrum vazomotorické (pro regulaci činnosti cév)

Rozprostřeno v oblastech prodloužené míchy

- ✓ *Presorická* oblast (aktivace rostrální a laterální části – vazokonstrikce, zvýšení tlaku krve; stále aktivní, zodpovědné za cévní tonus)
- ✓ *Depresorická* oblast (aktivace mediokaudální oblasti – vazodilatace, pokles tlaku krve)

INTEGRACE REGULACÍ V KARDIOVASKULÁRNÍM SYSTÉMU

- Kardiovaskulární centra jsou ovlivněna informacemi z periferie a jiných oblastí CNS:
 - z retikulární formace mostu, mezencefala a diencefala
 - z hypothalamu (zadní hypothalamus má vztah k sympatickému NS)
 - z mozkové kůry – motorická oblast - regulace průtoku kosterními svaly; v souvislosti s emocemi

Krevní tlak – tlak krve na stěnu cévy

(laterální tlak krevního sloupce na tepennou stěnu)

- systolický - diastolický - střední - pulzový
- TK je určen náplní krevního řečiště, která je závislá na srdečním výdeji (SV) a periferním odporu (PO)

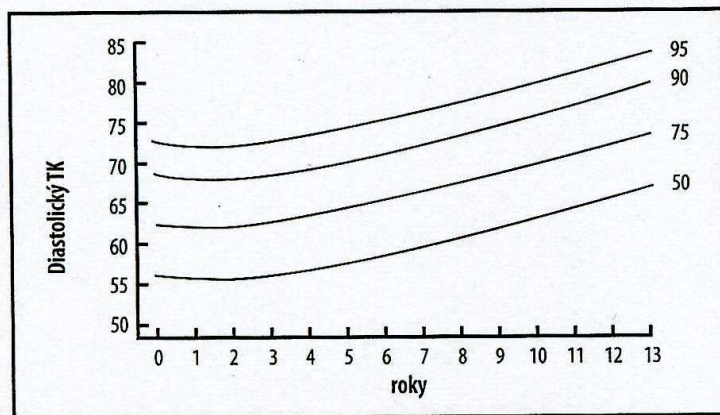
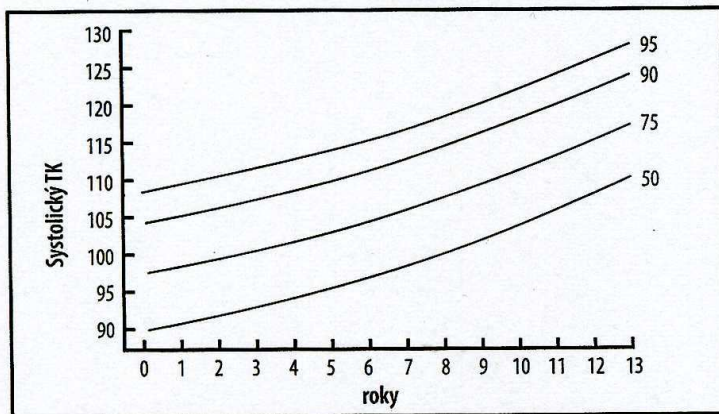
$$TK = SV \times PO$$

SV= systolický objem x tepová frekvence

Klasifikace hodnot Tk

kategorie	Systolický tlak (mmHg)	Diastolický tlak (mmHg)
optimální	< 120	< 80
normální	120 – 129	80 – 84
vysoký normální tlak	130 – 139	85 – 89
hypertenze 1. stupně	140 – 159	90 – 99
hypertenze 2. stupně	160 – 179	100 – 109
hypertenze 3. stupně	≥ 180	≥ 110
izolovaná systolická	≥ 140	< 90

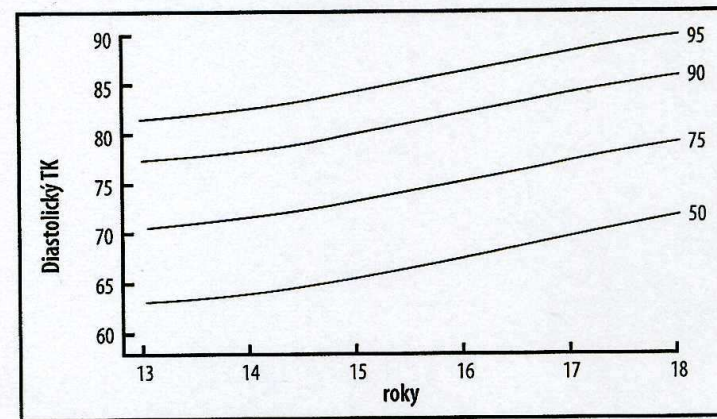
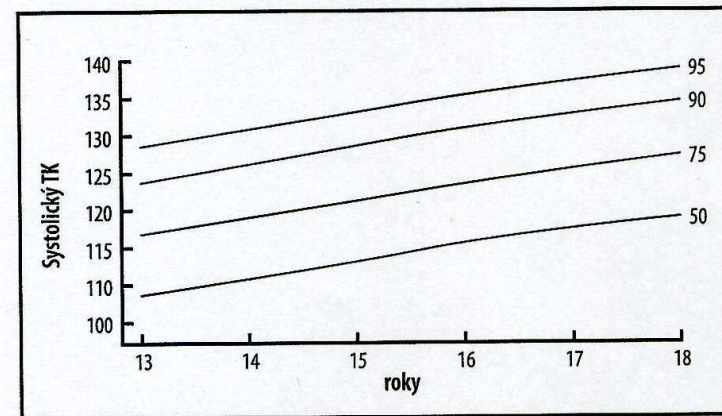
Percentilové grafy krevního tlaku u chlapců od 1 roku do 13 let



90. percentil

Systolický TK	105	106	107	108	109	111	112	114	115	117	119	121	124
Diastolický TK	69	68	68	69	69	70	71	73	74	75	76	77	79
Výška v cm	80	91	100	108	115	122	129	135	141	147	153	159	165
Váha v kg	11	14	16	18	22	25	29	34	39	44	50	55	62

Percentilové grafy krevního tlaku u chlapců od 13 do 18 let



90. percentil

Systolický TK	124	126	129	131	134	136
Diastolický TK	77	78	79	81	83	84
Výška v cm	165	172	178	182	184	184
Váha v kg	62	68	74	80	84	86

Krevní tlak

- bezprostředně po narození je vysoký:
 - poporodní stres – vyplavení katecholaminů a kortizolu
- po 1.dnu se ustálí 70/50 mmHg:
 - otevření pulmonálního a intestinálního řečiště
- další mírný vzestup až k hodnotám pro dospělé v období puberty:
 - postupné dozrávání regulačních mechanismů
 - stimulace z vnějšího prostředí

Regulační mechanismy krevního tlaku

System **krátkodobé** regulace

- baroreflex

System **střednědobé** regulace

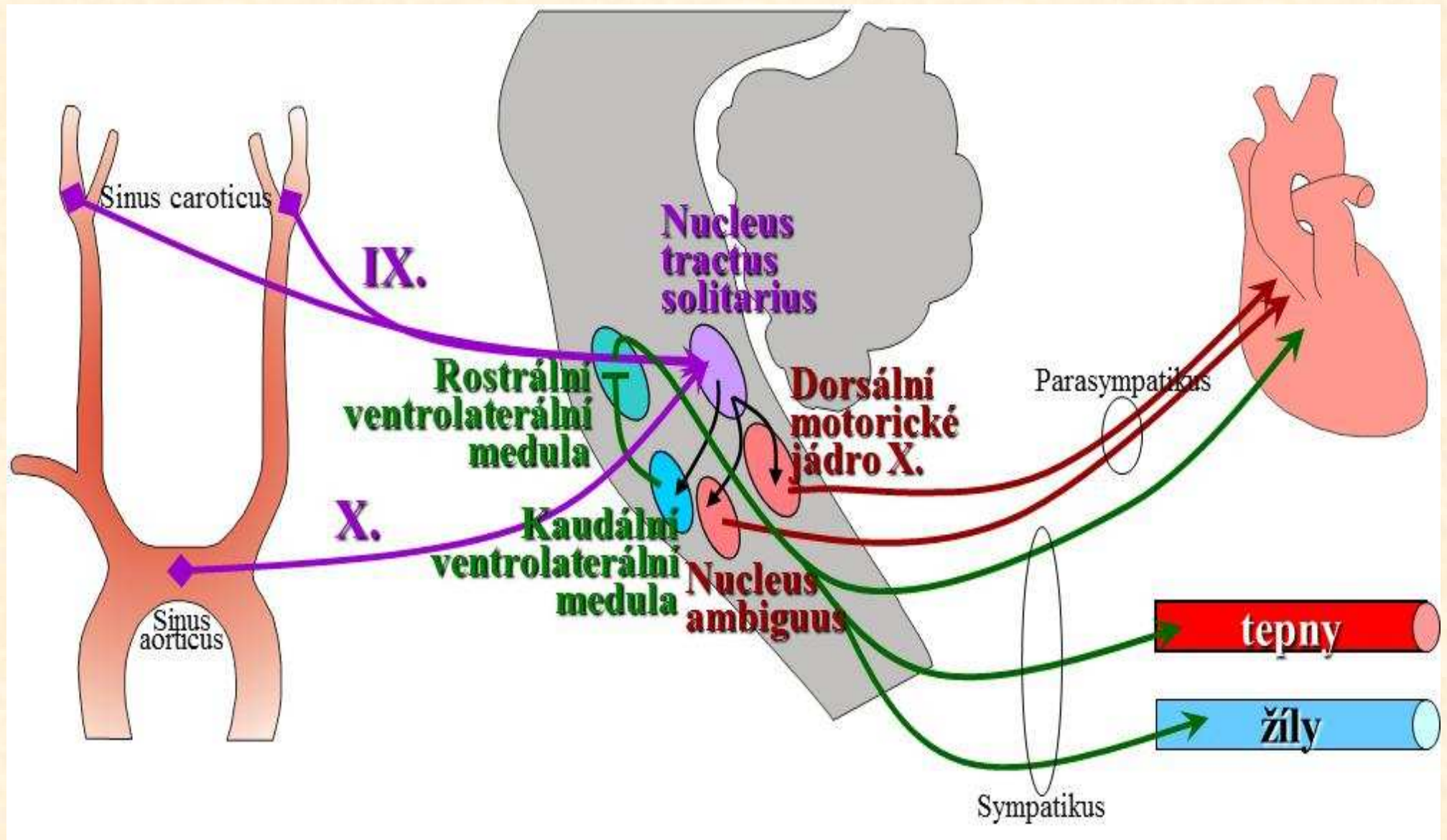
- humorální regulace
- sympatikem zprostředkovaný vliv katecholaminů
- systém renin-angiotenzin-aldosteron
- působení antidiuretického hormonu

System **dlouhodobé** regulace

- regulační systém ledviny

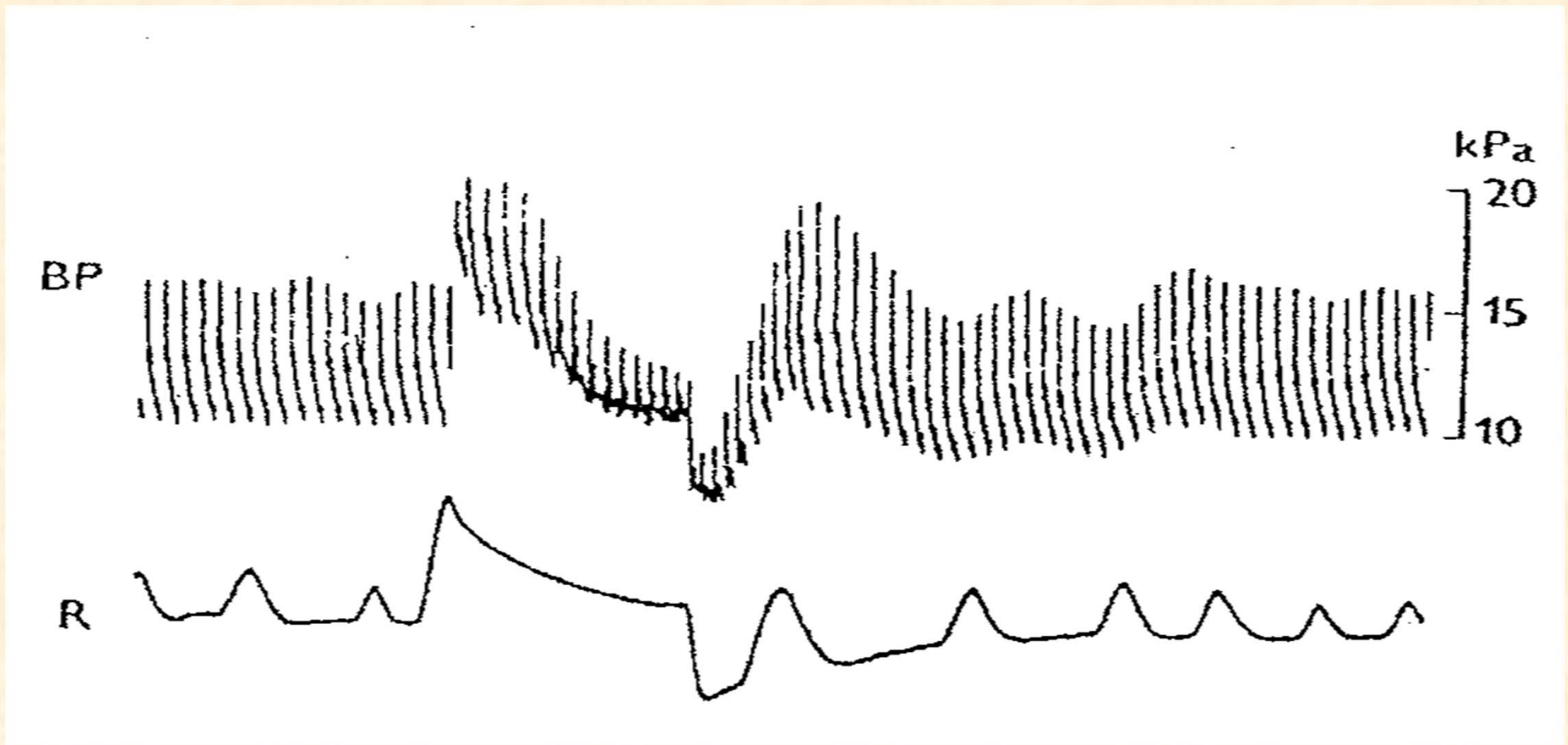
Krátkodobá regulace krevního tlaku

BAROREFLEX

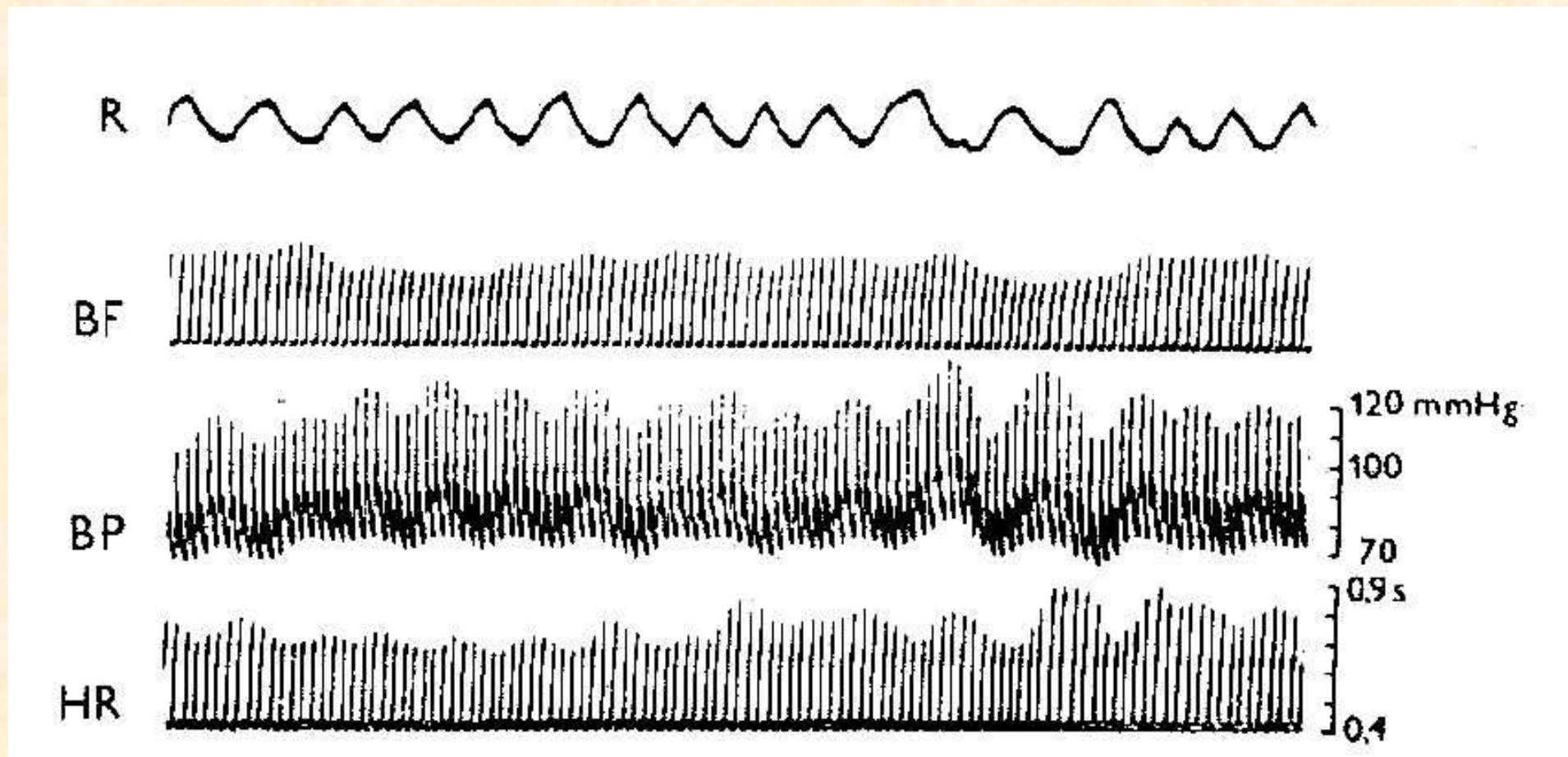


Stanovení citlivosti baroreflexu

Valsalvův manévr

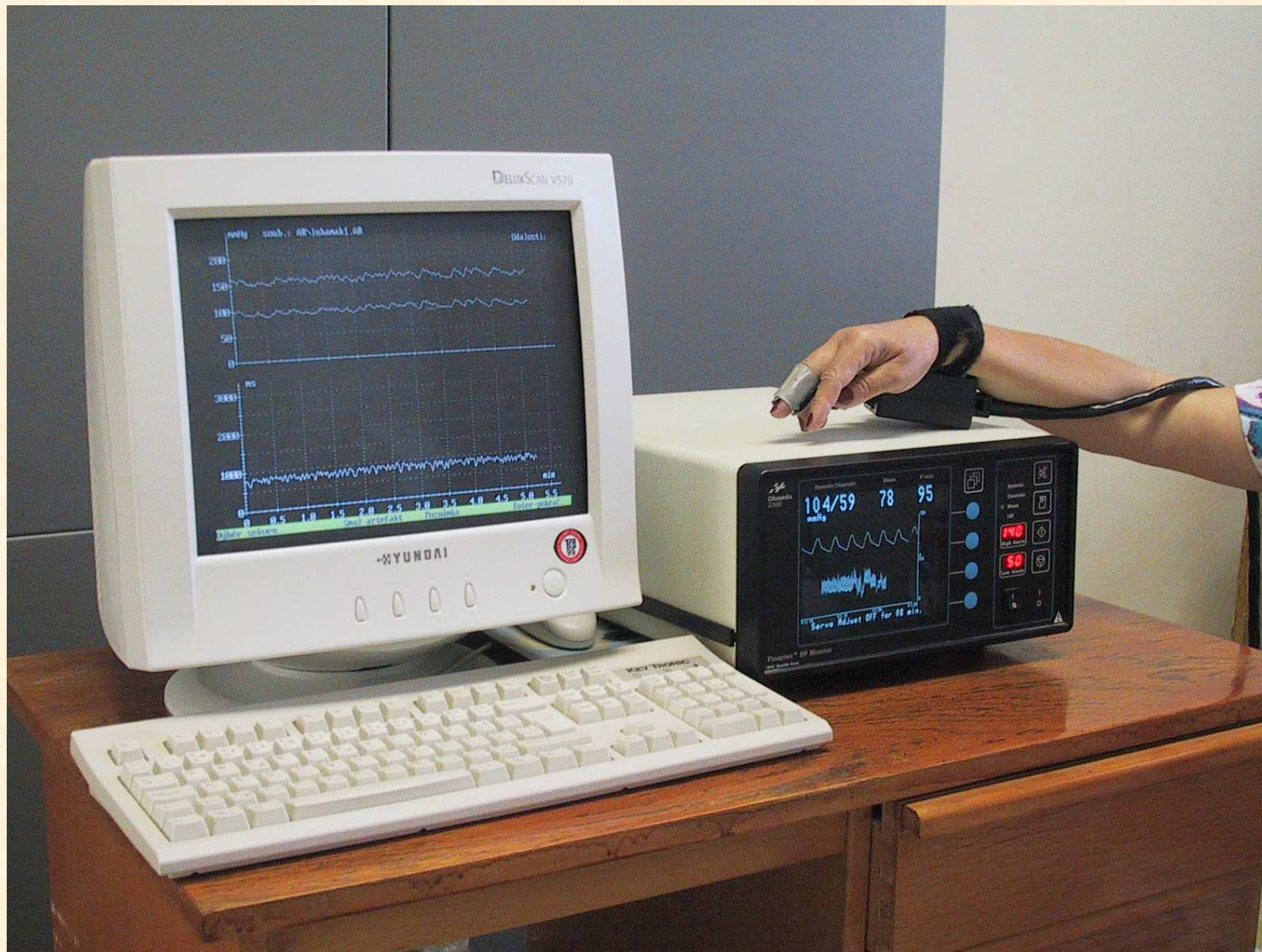


Záznam dýchání a vln v oběhových parametrech (Peňázův plethysmomanometr)





Finapres (Ohmeda, USA)



Finometr (FMS, Nizozemí)

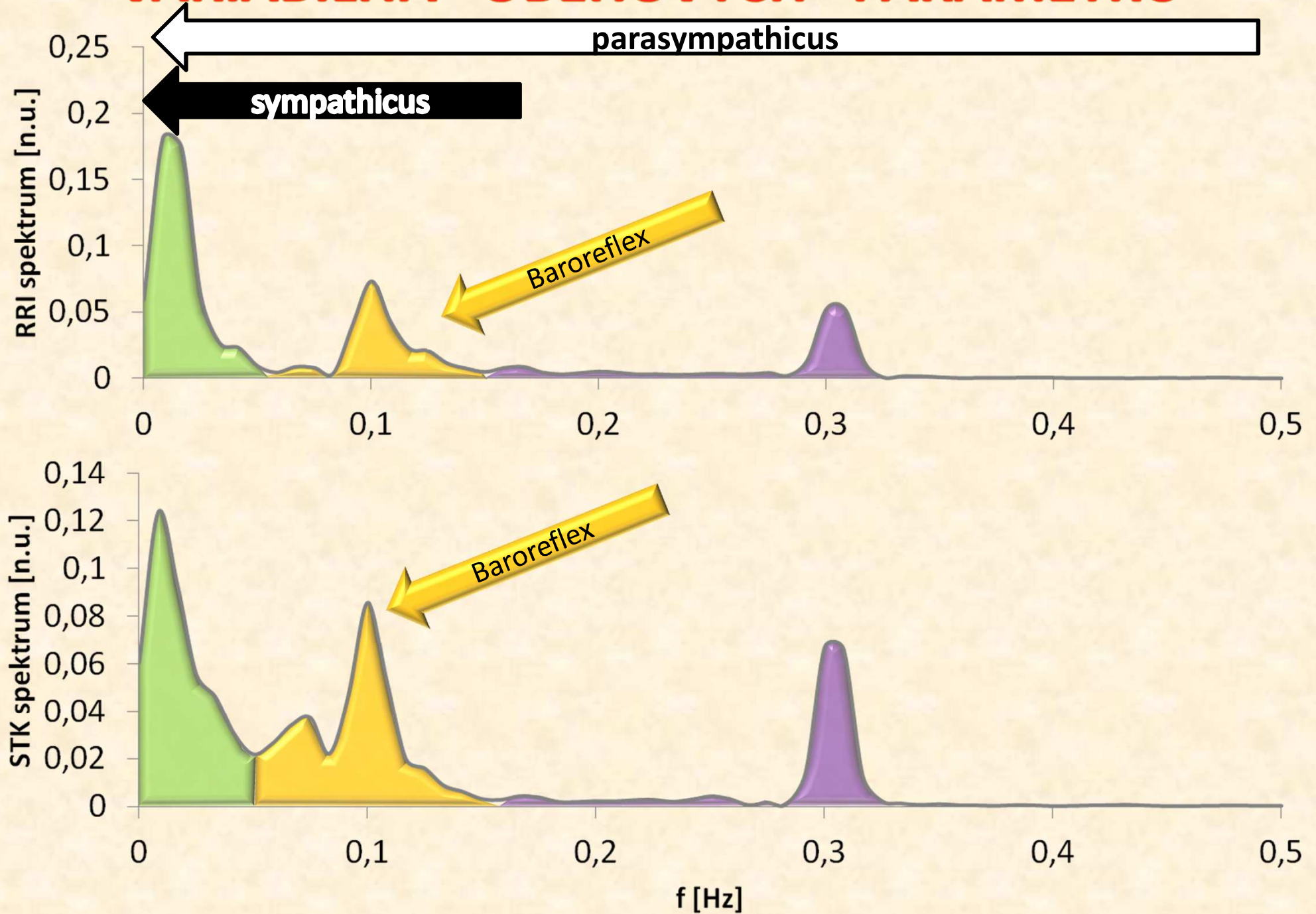


- Snažíme se o to, aby tlak v manžetě sledoval tlak krve v prstové arterii
- **Fotoelektrický pletysmogram**
- **Transmurální tlak** (Tt)-tlak napříč stěnou cévy
Tk-krevní tlak; Tm-tlak v manžetě
Když nastavíme $T_k = T_m$ $T_t = 0$ fotopletysmograf zaznamená **největší výchylky**
- **skokové nastavení** přítlaku po 5 mmHg, při nejvyšší amplitudě **se uzavře rychlá zpětná vazba** s úkolem udržet konstantní objem cévy-tlak sleduje tlak v manžetě uvnitř cévy

Peňázův patent

- Použil signál z fotobuňky k regulaci přítlaku zevní manžety tak, aby se objem prstu neměnil. Tím dosáhl, že tlak v manžetě sleduje tlak krve v tepně.

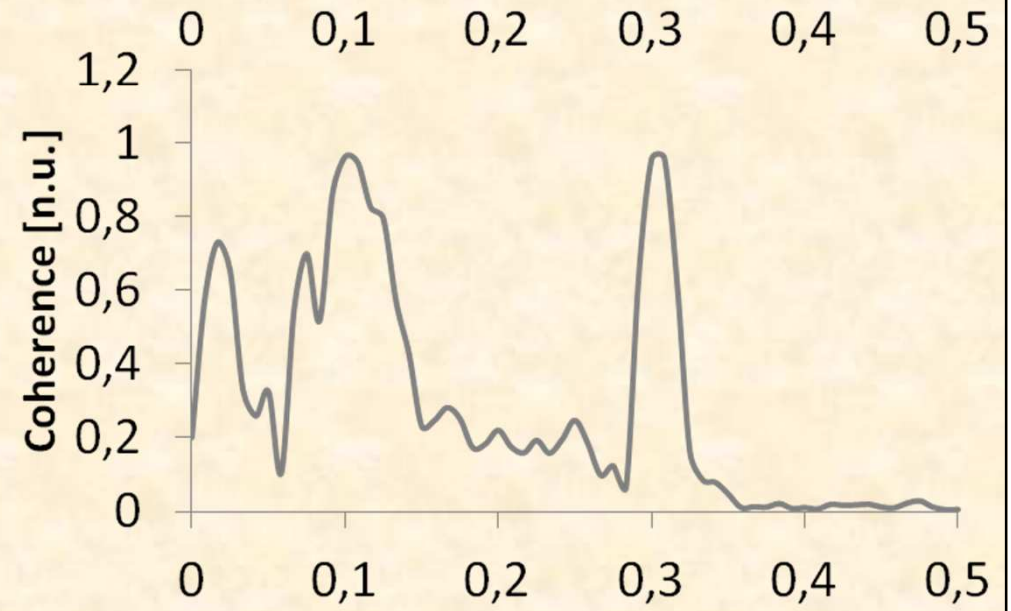
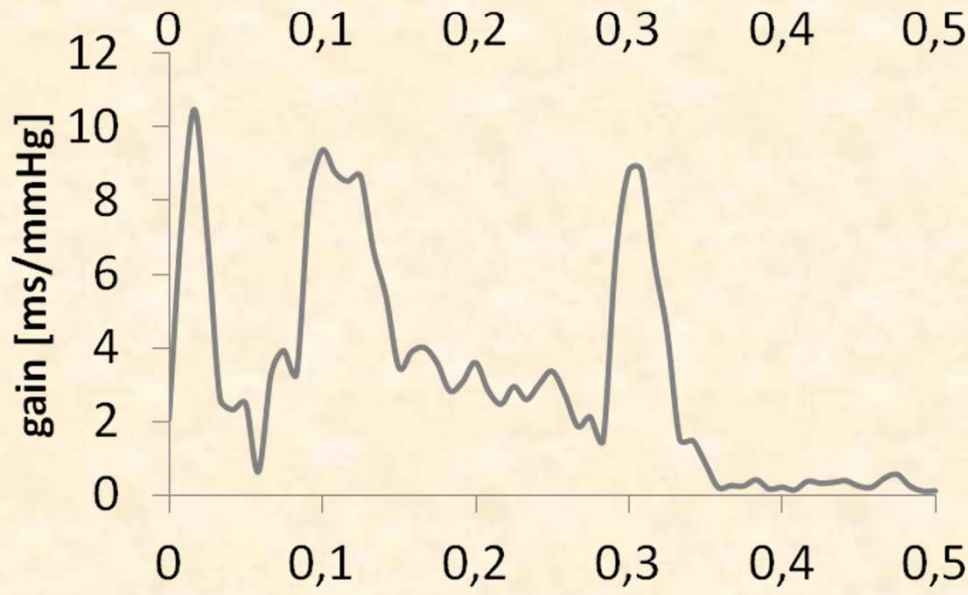
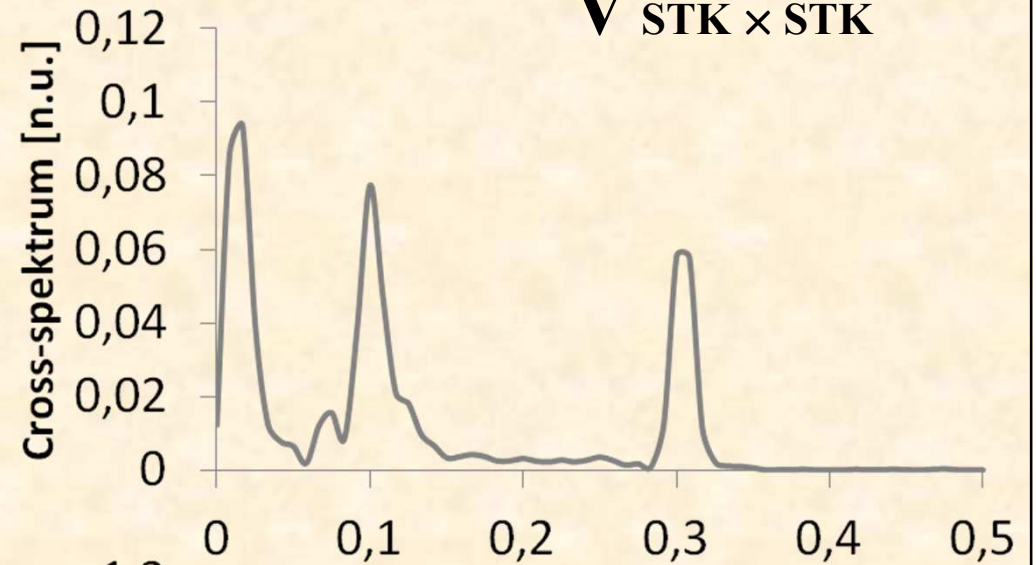
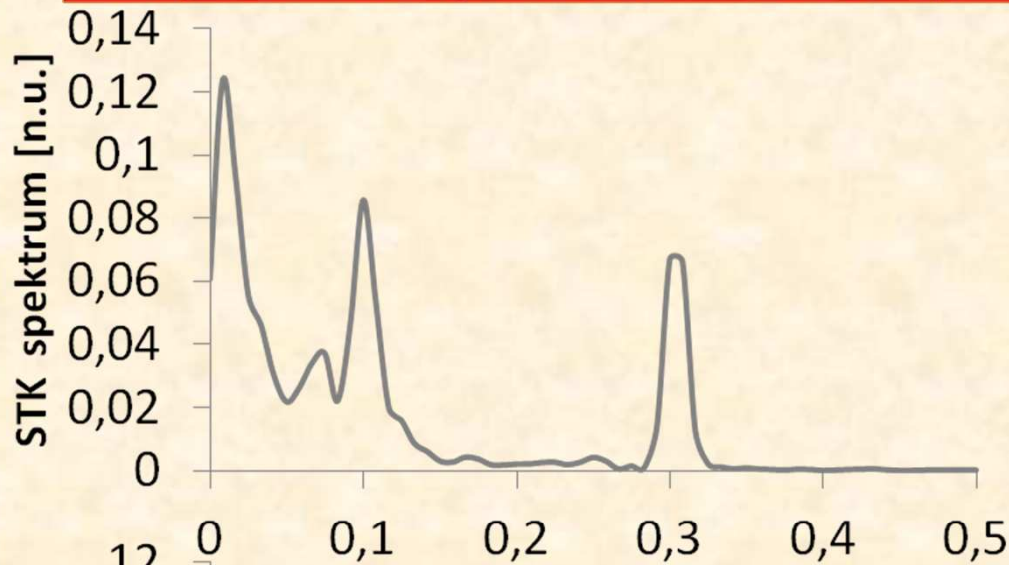
VARIABILITA OBĚHOVÝCH PARAMETRŮ



CITLIVOST BAROREFLEXU

- Vzájemná spektrální analýza

$$BRS = \frac{V_{STK \times SI}}{V_{STK \times STK}}$$



Citlivost baroreflexu

změna délky tepového intervalu vyvolaná

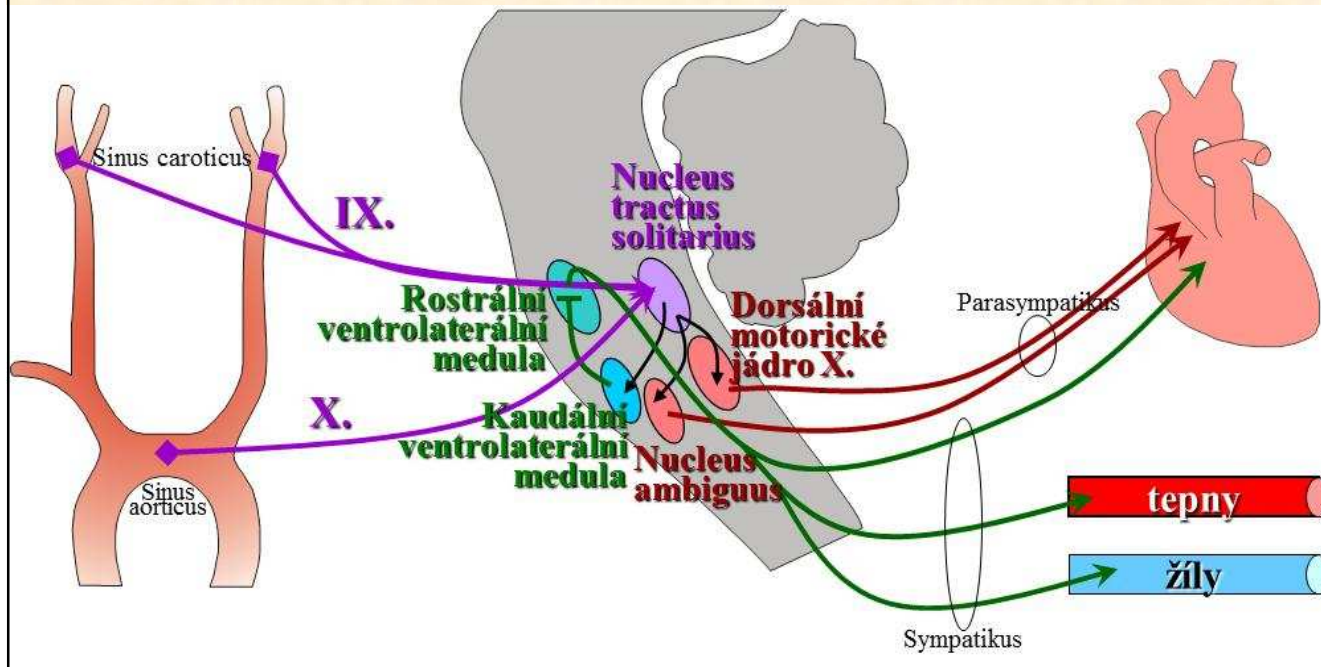
změnou krevního tlaku o 1 mmHg

fyziologické rozmezí hodnot:

6 – 16 ms/mmHg







Stanovení citlivosti baroreflexu

Invazivní metoda

Bolus injections of vasoactive drugs

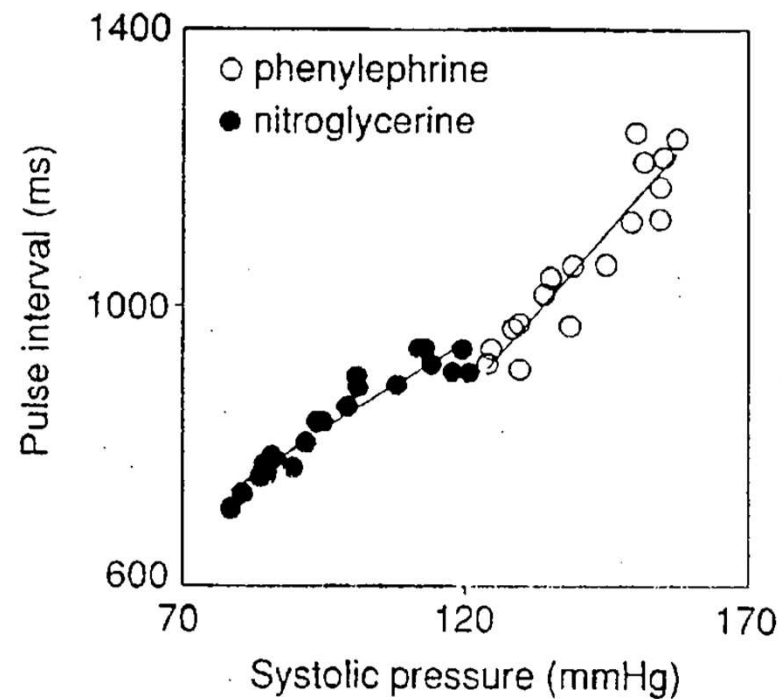
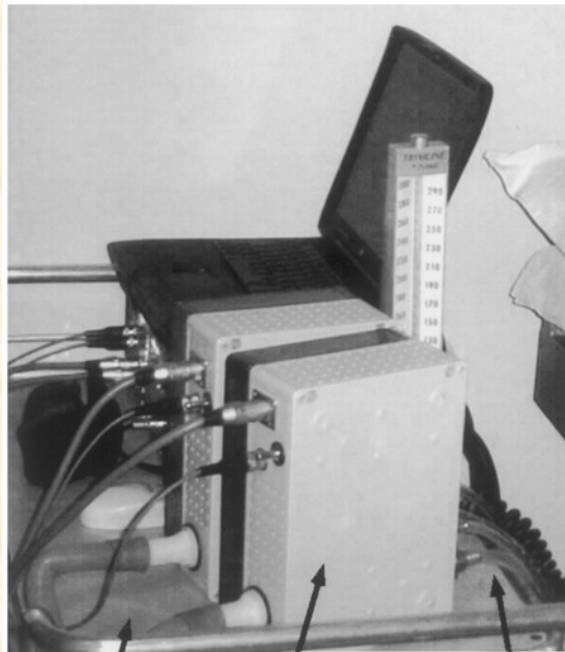
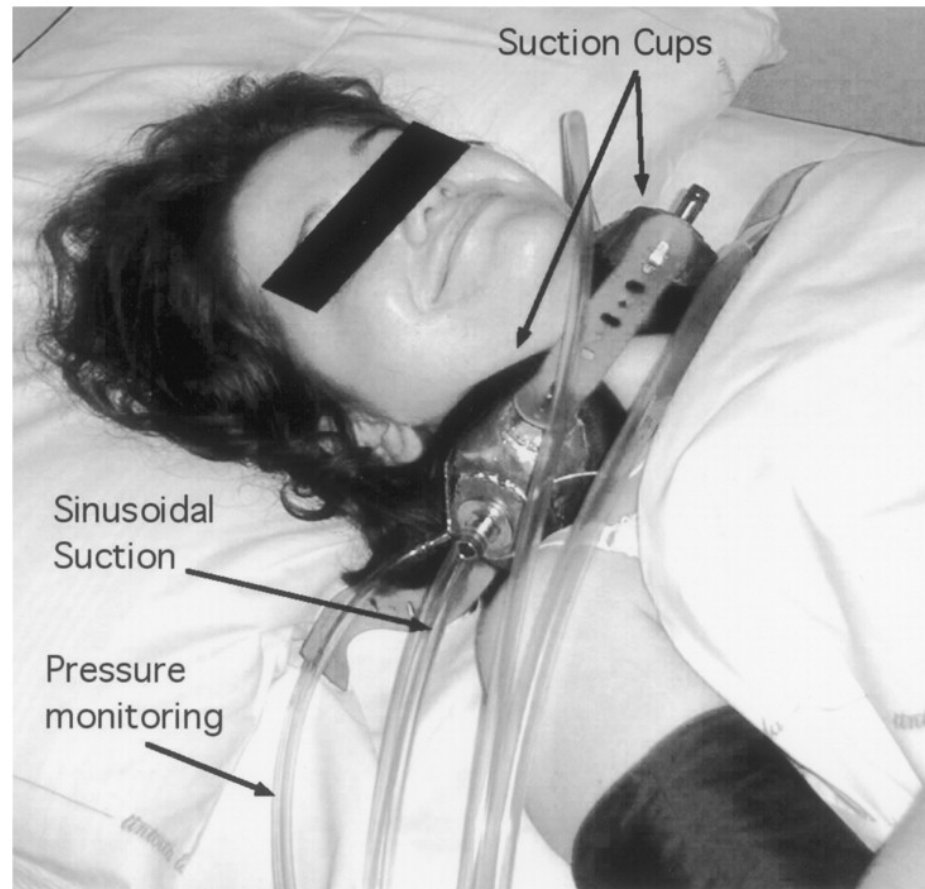


FIG. 5.4. Comparison of R-R interval responses of one subject to intravenous bolus injections of phenylephrine and nitroglycerine. Adapted with permission from Pickering *et al.* 1972c).

Stanovení citlivosti baroreflexu neinvazivně – neck suction



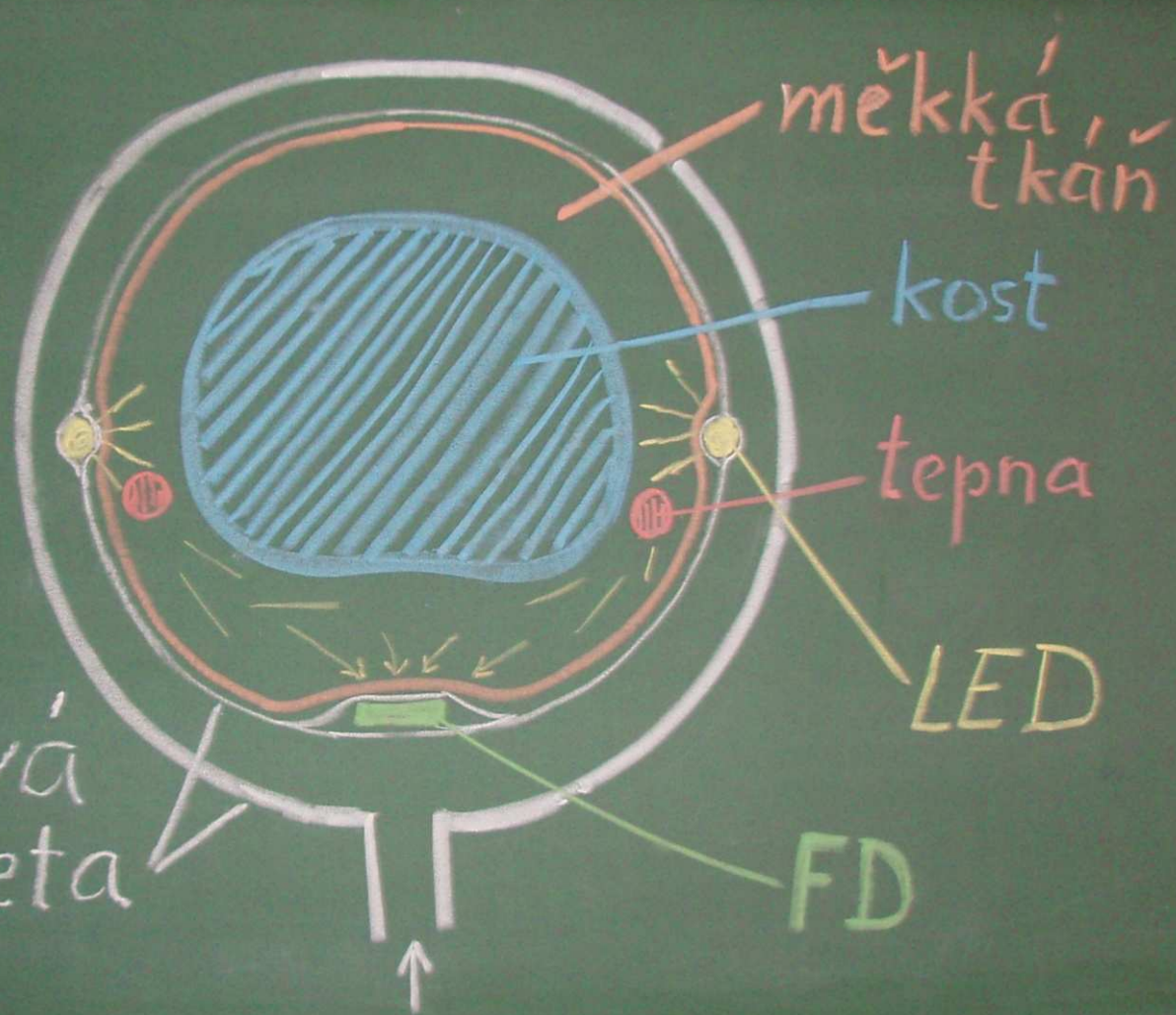
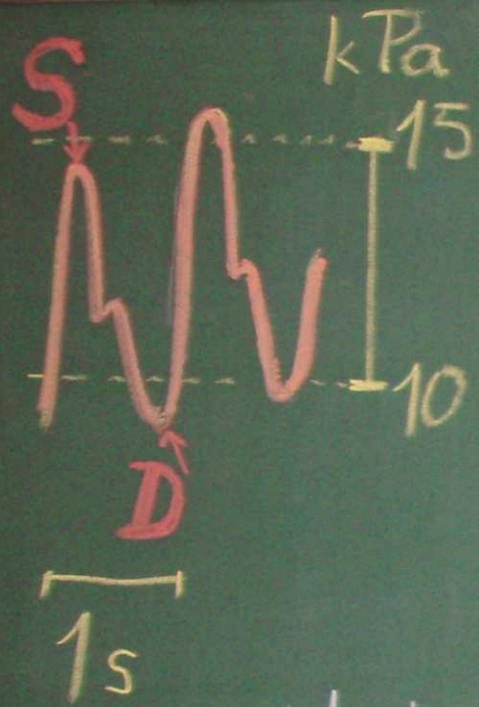
Constant suction Mechanical valves Sinus.suction (to the patient)



Furlan R et al. Circulation 2003;108:717-723

Kontinuální neinvazivní měření tep po tepu - Peňázova metoda

- Profesor MUDr. Jan Peňáz, CSc.
- Fyziologický ústav LF MU
- Čs. patent z roku 1969



První spektrální analýza krevního tlaku u člověka

Vol. 27 (1978)

PHYSIOLOGIA BOHEMOSLOVACA

Fasc. 4

SPECTRAL ANALYSIS OF RESTING VARIABILITY OF SOME CIRCULATORY PARAMETERS IN MAN

J. PEŇÁZ, N. HONZÍKOVÁ, B. FIŠER

Department of Physiology, Faculty of Medicine, J. E. Purkyně University, Brno

Received June 16, 1976

Summary

PEŇÁZ, J., N. HONZÍKOVÁ, B. FIŠER (Dept. Physiol., Fac. Med. J. E. Purkyně Univ., Brno). *Spectral Analysis of Resting Variability of Some Circulatory Parameters in Man*. *Physiol. bohemoslov.*, 27(4): 349—357, 1978.

The blood pressure and finger blood flow were recorded by indirect photoelectric methods, together with the heart rate and respiration, in 13 experimental subjects. The systolic pressure (SP), diastolic pressure (DP) and pulse pressure (PP), the heart rate (HR), the acral (finger) blood flow (BF) and the respirogram (R) were read from 5- and 20-min segments at one-second intervals. Autocorrelation functions were calculated from these values and from these in turn the power spectral densities, cross correlation functions, cross-spectral densities and coherence of the individual pairs of parameters studied.

ACKNOWLEDGEMENTS. The authors wish to thank the staff of the Computer Department of the Faculty of Electrical Engineering, Technical University, Brno, for working out the programmes and carrying out the computations.

Variabilita v krevním oběhu a BRS – ukazatelé rizika srdeční smrti po infarktu myokardu

Physiol. Res. 49: 643-650, 2000

Baroreflex Sensitivity Determined by Spectral Method and Heart Rate Variability, and Two-Years Mortality in Patients After Myocardial Infarction

N. HONZÍKOVÁ¹, B. SEMRÁD², B. FIŠER¹, R. LÁBROVÁ²

¹*Department of Physiology, Faculty of Medicine and* ²*First Department of Medicine, Faculty of
Medicine, Masaryk University, Brno, Czech Republic*

PACE, Vol. 23

November 2000, Part II

1965

Critical Value of Baroreflex Sensitivity Determined by Spectral Analysis in Risk Stratification After Myocardial Infarction

NATASA HONZIKOVA, BOHUMIL FISER, and BORIVOJ SEMRAD*

From the Department of Physiology, Faculty of Medicine, Masaryk University, and the

**1st Department of Medicine, Faculty of Medicine, Masaryk University, Brno, Czech Republic*

- zavedení stanovení BRS u **hypertenzních** pacientů (BRS nižší než 5 ms/mmHg)
- využití pro studium časných či pozdních změn účinků léčby kardiotoxicky a neurotoxicky působícími **antracykliny** u **onkologicky** nemocných
- předurčení rizika změn autonomního nervstva s dopadem na hladiny krevního tlaku u nemocných **s diabetes mellitus**



Děkujeme za pozornost

