

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

Bc. Tomáš Libosvářský

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**Dvě varianty chladového testu obličeje jako modelové
situace pro hodnocení kardiovaskulární autonomní
reaktivity**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Tomáš Libosvářský

Vedoucí práce: prof. MUDr. Jaroslav Opavský, CSc.

Olomouc 2013

Jméno a příjmení autora: Bc. Tomáš Libosvářský

Název diplomové práce: Dvě varianty chladového testu obličeje jako modelové situace pro hodnocení kardiovaskulární autonomní reaktivity

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Vedoucí diplomové práce: prof. MUDr. Jaroslav Opavský, CSc.

Rok obhajoby diplomové práce: 2013

Abstrakt: Cílem této práce bylo zhodnotit reakce autonomního nervového systému při působení chladu na obličej člověka. K tomuto účelu jsme provedli chladový test obličeje (ang. Cold Face Test – CFT), který slouží k vyvolání tzv. diving reflexu, ve dvou variantách. V první variantě jsme obličej ponořili do vody o teplotě 6°C, při druhé variantě jsme na obličej přiložili chladicí gelové sáčky, rovněž o teplotě 6°C. Reaktivitu autonomního kardiovaskulárního systému jsme hodnotili pomocí spektrální analýzy variability srdeční frekvence diagnostickým systémem DiANS PF8, hodnoty systolického, diastolického krevního tlaku a srdeční frekvence jsme registrovali pomocí přístroje Finometer. Studie se zúčastnilo 11 zdravých mužů ve věku 24,02 let (SD 1,6). Každý proband podstoupil obě varianty, minimální délka působení chladu byla 5 min. Při CFT s ponořením jsme pozorovali signifikantní změny ukazatelů Total power, MSSD a Power HF, z čehož usuzujeme na zvýšení aktivity vagu. Také vzájemné porovnání obou variant chladového testu obličeje prokazovalo statisticky významné rozdíly mezi nimi.

Klíčová slova: autonomní nervový systém, spektrální analýza, variabilita srdeční frekvence, chladový test obličeje, diving reflex

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Tomáš Libosvářský

Title of the master thesis: Two Variants of the Cold Face Test as Model Situations for Evaluation of Cardiovascular Autonomic Reactivity

Department: Department of Physiotherapy

Supervisor: prof. MUDr. Jaroslav Opavský, CSc.

The year of presentation: 2013

Abstract: The aim of this thesis was to evaluate the reaction of autonomic nervous system to the application of cold on human face. To examine the effect, we carried out a Cold Face Test (CFT), which is used to induce so-called diving reflex, in two variants. In the first variant, we immersed the face in water of the temperature of 6°C. In the second variant, we placed cold gel packs, of the same temperature of 6°C on the face. We evaluated the reactivity of the autonomic cardiovascular system using the diagnostic system DiANS PF8 of the spectral analysis of heart rate variability. We registered the data of systolic and diastolic blood pressure and heart rate with the Finometer apparatus. 11 healthy men aged 24,02 (SD 1,6) participated in the study. Each proband underwent both variants of the test, the minimal length of the cold exposure was 5 minutes. During the CTF consisting in immersion, we observed significant changes in Total Power, MSSD and Power HF indicators which led us to the assumption that the vagus nerve activity increased. Also, the mutual comparison of the two CFT variants demonstrated statistically significant differences between them.

Keywords: autonomic nervous system, spectral analysis, heart rate variability, cold face test, diving reflex

I give my consent with the thesis being lent within the Library Service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením prof. MUDr. Jaroslava Opavského, CSc., že jsem uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Ostravě dne 26. června 2013

.....

Děkuji vedoucímu práce prof. MUDr. Jaroslavovi Opavskému, CSc. za pomoc, trpělivost a cenné rady při zpracování této práce. Velký dík patří také Mgr. Amru Zaatarovi, Ph.D., paní Haně Opavské, kteří mi pomáhali s měřením, RNDr. Milanovi Elfmarkovi za statistické zpracování a všem probandům, kteří se zúčastnili tohoto experimentu.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Přehled poznatků	12
2.1	Autonomní nervový systém (ANS)	12
2.1.1	Centrální část ANS.....	12
2.1.2	Periferní část ANS.....	13
2.2	Vliv ANS na činnost srdce	15
2.2.1	Aktivita sympatiku	15
2.2.2	Aktivita parasympatiku	16
2.2.3	Funkce baroreceptorů	16
2.2.4	Respirační sinusová arytmie.....	17
2.3	Vyšetřování ANS.....	17
2.3.1	Ortostatický test.....	18
2.3.2	Test hlubokého dýchání	18
2.3.3	Valsavův manévr.....	18
2.3.4	Srovnání tradičních metod testování ANS a vyšetření variability srdeční frekvence	18
2.4	Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení	19
2.4.1	Historie hodnocení variability srdeční frekvence.....	19
2.4.2	Faktory ovlivňující variabilitu srdeční frekvence	20
2.4.3	Časová analýza variability srdeční frekvence	23
2.4.4	Frekvenční (spektrální) analýza variability srdeční frekvence.....	24
2.5	Variabilita srdeční frekvence a krevní tlak.....	29
2.6	Potápěcí reflex a chladový test obličeje	30
2.6.1	Potápěcí reflex.....	30

2.6.2	Chladový test obličeje	31
3	Cíle a hypotézy	33
4	Metodika.....	34
4.1	Charakteristika souboru	34
4.2	Metodika výzkumu	35
4.2.1	Vybavení	36
4.2.2	Metody měření	38
5	Metody statistického hodnocení	41
6	Výsledky.....	42
6.1	Dotazník na autonomní funkce	42
6.2	Změna teploty kůže na os frontale a os zygomaticum.....	42
6.3	Subjektivní hodnocení chladového testu obličeje	44
6.4	Výsledky spektrální analýzy variability srdeční frekvence	45
6.4.1	Změny vybraných ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence při chladovém testu s ponořením obličeje	46
6.4.2	Změny vybraných ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence při chladovém testu s přiložením chladicích sáčků na obličej.....	47
6.4.3	Porovnání hodnot ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej	
	48	
6.5	Výsledky měření krevního tlaku a srdeční frekvence	49
6.5.1	Změny hodnot systolického, diastolického krevního tlaku a srdeční frekvence při chladovém testu s ponořením obličeje.....	50
6.5.2	Změny hodnot systolického, diastolického krevního tlaku a srdeční frekvence při chladovém testu s přiložením chladicích sáčků na obličej	50
6.5.3	Srovnání hodnot systolického, diastolického krevního tlaku a srdeční frekvence mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej	

6.6	Vyjádření k hypotézám.....	52
6.6.1	Vyjádření k hypotéze H_01	53
6.6.2	Vyjádření k hypotéze H_02	54
6.7	Vyjádření k výzkumným otázkám.....	55
7	Diskuze.....	59
8	Závěr.....	68
9	Souhrn	69
10	Summary	70
11	Referenční seznam	71
12	Přílohy	81

Seznam vybraných zkratk

ANS	autonomní nervový systém
CFT	Cold Face Test (chladový test obličeje)
CGSA	Course Graining Spectral Analysis
CNS	centrální nervový systém
DAF	Dotazník na autonomní funkce
DTK	diastolický tlak krve
EKG	elektrokardiograf
FFT	fast Fourier transformation
FTK	Fakulta tělesné kultury
HRV	heart rate variability (variabilita srdeční frekvence)
n.	nervus
nc.	nucleus
nn.	nervi
RSA	respirační sinusová arytmie
rr.	rami
SA	spektrální analýza
SA uzel	sinoatriální uzel
SF	srdeční frekvence
STK	systolický tlak krve
TK	tlak krve
UP	Univerzita Palackého

1 ÚVOD

Působením chladu na organismus člověka dochází k mnoha změnám, mimo jiné i ke změnám autonomního nervového systému (ANS). ANS je jednou z rozhodujících složek regulujících kardiovaskulární systém. Člověk reaguje jinak při celkovém nebo jen parciálním působení chladu (Campbell, Gooden & Horowitz, 1968). Při aplikaci chladu na obličej a apnoe dochází ke specifické reakci, která je popisována jako tzv. diving reflex, a je charakterizována bradykardií, periferní vazokonstrikcí a zvýšením tlaku krve (Andersson, Biasoletto-Tjellström & Schagatay, 2007). Khurana, Watabiki, Hebel, Toro & Nelson (1980) zjistili, že stejné reakce je možné vyvolat aplikací chladu na obličej. V praxi se tento způsob vybavení diving reflexu popisuje jako tzv. chladový test obličeje (ang. Cold Face Test – CFT).

V předkládané diplomové práci jsme se rozhodli tento test provést ve dvou nejběžněji užívaných variantách. Výsledky jednotlivých variant pak porovnat s výsledky jiných studií a také porovnat tyto dvě varianty mezi sebou. Jako chladicí médium jsme při první variantě použili vodu a při druhé variantě chladicí gelové sáčky (dále jen chladicí sáčky). K hodnocení kardiovaskulárních reakcí při CFT jsme využili metodu spektrální analýzy variability srdeční frekvence pomocí přístroje DiANS PF8 a Finometer pro záznam změn systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence. Výzkum probíhal v laboratoři Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci (FTK UP), účastnili se ho pouze zdraví muži ve věku 20 – 26 let. Projekt byl schválen Etickou komisí FTK UP.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Autonomní nervový systém (ANS)

Autonomní nervový systém je hlavním regulačním mechanismem zodpovědným za udržení dynamické rovnováhy základních životních funkcí a pomáhá udržet integritu organismu. Jde o otevřený a vysoce koordinovaný systém, který reaguje na informace z prostředí vnitřního i vnějšího (Kolisko, Jandová & Salinger, 2004; Králíček, 2004; Stauss, 2003).

Ve srovnání se somatomotorickým systémem je ANS relativně neovladatelný vůlí. Do jisté míry je však modulován limbickým systémem a mozkovou kůrou. Lze jej tedy také vědomě ovlivňovat a trénovat (jóga, otužování atd.). ANS ovládá činnost hladké svaloviny, myokardu, exogenních a endogenních žláz. Tím řídí respirační a kardiovaskulární funkci, hormonální regulaci, termoregulaci, metabolismus a také psychické funkce a biorytmy (Jandová, 2009; Králíček, 2004).

ANS je možno rozdělit na centrální a periferní část. Periferní pak ještě na aferentní a eferentní. Eferentní část má složku sympatickou, parasympatickou a enterickou. Eferentní oddíl ANS je dvouneuronový. Pregangliové buňky jsou uloženy v mozkovém kmeni nebo míše. S postgangliovými buňkami se setkávají v autonomních gangliích nebo stěnách orgánů. Aferentní oddíl pracuje na principu reflexního oblouku. Jednotlivé reflexy mohou probíhat na úrovni orgánů. Komplexnější mechanismy, které mají za úkol pravděpodobně integrovat somatickou a vegetativní složku, podléhají nadřazeným autonomním centrům v centrálním nervovém systému (CNS) (Tonhajzerová et al., 2012; Ambler, 2006; Silbernagl & Despopoulos, 1993).

2.1.1 Centrální část ANS

Centrální část ANS je hierarchicky uspořádána stejně jako somatický systém. Jednoduché autonomní reflexy mají své centra na spinální úrovni (např. vyprazdňovací reflex při naplnění recta). Životně důležitá respirační a kardiovaskulární centra, spolu s reflexy pro příjem potravy, jsou uložena v oblasti retikulární formace. Důležitou roli, pro koordinaci funkce autonomního, endokrinního a somatického systému, hraje hypotalamus, který komunikuje s retikulární formací a mozkovou kůrou (Králíček, 2004; Stauss, 2003; Silbernagl & Despopoulos, 1993).

2.1.2 Periferní část ANS

Periferní část ANS dělíme na aferentní a eferentní. Aferentní nemyelinizovaná vlákna začínají jako volná nervová zakončení ve stěnách orgánů, kde fungují jako mechanoreceptory a chemoreceptory. Aferentní viscerosenzitivní dráha je jednoneuronová. Buněčná těla se nacházejí ve spinálních gangliích nebo gangliích hlavových nervů (Tonhajzerová et al., 2012; Králíček, 2004; Čihák, 2000).

Eferentní oddíl je dvouneuronový, tvořen visceromotorickými neurony. První neuron je označován jako pregangliový, jeho buněčné tělo je uloženo uvnitř CNS v příslušných visceromotorických jádrech (laterální šed' viscerálního sloupce spinální míchy a příslušná jádra hlavových nervů). Axony pregangliových neuronů jsou myelinizovaná vlákna typu B. Druhý neuron je označován jako postgangliový. Těla postgangliových neuronů jsou umístěna mimo CNS, v autonomních gangliích. Jejich axony jsou nemyelinizované, typu C, které směřují do cílového orgánu či tkáně, kde se větví na terminální autonomní pleteně (Jandová, 2009; Irmiš, 2007; Ganong, 2005).

Podle Čiháka (2000) eferentní oddíl ANS dělíme na enterický střevní systém, sympatikus a parasympatikus. Enterický systém je vysoce integrovaný a relativně nezávislý. Tvoří nervové pleteně, které regulují funkce orgánů gastrointestinálního traktu.

2.1.2.1 Sympatikus

Pregangliová těla neuronů jsou uložena v zona intermedia hrudní a bederní míchy. Jejich axony vystupují předními kořeny segmentů C8 – L3 jako rami (dále jen rr.) communicantes albi (proto někdy označujeme sympatikus jako cervikothorakolumbální systém). Následně vstupují do homolaterálního paravertebrálního sympatického gangliového kmene (truncus sympathicus), kde většina komunikuje s postgangliovými neurony. Axony postgangliových neuronů dále pak vstupují do útrob sympatickými nervy nebo se jako rr communicantes grisei vracejí do míšních nervů a společně s nimi směřují k autonomním efektorům. Tím vytvářejí reflexní okruh, který je modulován zpětnou vazbou (Tonhajzerová et al., 2012; Irmiš, 2007; Ganong, 2005; Králíček, 2004).

Sympatický systém je převážně adrenergní. Mediátory postgangliových receptorů jsou adrenalin a noradrenalin. Rovněž existují dva typy receptorů – α a β , které se dále rozdělují.

Receptory α a β působí protichůdně. Zpravidla stimulace jednoho vede k inhibici druhého (McCorry, 2007; Ambler, 2006; Nevšimalová, Růžicka & Tichý, 2002; Veselský, 2001).

Hlavní účinek sympatiku je na krevní oběh. Působí pozitivně chronotropně, dromotropně a inotropně na srdce, zužuje cévy ve větší části velkého krevního oběhu pomocí vazokonstrikčních nervových vláken. Naopak pomocí vazodilatačních vláken rozšiřuje arterie v kosterním svalstvu. Dále způsobuje rozšíření bronchů, rozšíření zornice, kontrakci pilomotorických svalů, zvyšuje sekreci potu a tonus svěračů. Motilitu žaludku a tenkého střeva sympatikus tlumí (Irmiš, 2007; Sztajzel, 2004; Nevšimalová, Růžicka & Tichý, 2002).

2.1.2.2 Parasympatikus

Parasympatikus se nazývá též kraniosakrální systém. Dělí se podle uložení pregangliových jader na dvě části. Pars cranialis – jádra jsou uložena v mozkovém kmeni a pars sacralis, kdy jsou jádra uložena v nc. intermediolaterales postranních rohů míšních segmentů S2 – S4. Axony pregangliových neuronů jsou poměrně dlouhé, k přepojení na postgangliový neuron dochází v blízkosti cílového orgánu. Parasympatikus je systémem cholinergním, mediátorem je acetylcholin (Irmiš, 2007; Ganong, 2005; Králíček, 2004; Sztajzel, 2004).

Hlavním parasympatickým nervem je X. hlavový nerv, nervus (dále jen n.) vagus. Ten působí na srdce negativně chronotropně, dromotropně, inotropně a bathmotropně. Dále způsobuje n. vagus bronchokonstrikci průdušek, zvyšuje sekreci trávicích šťáv žaludku a slinivky, zvyšuje motilitu trávicího systému a vyvolává relaxaci sfinkterů. Sakrální část parasympatiku inervuje pánevní orgány a ovlivňuje sexuální funkce, podílí se na vyprazdňování močového měchýře a defekaci (Tonhajzerová et al., 2012; Irmiš, 2007; Ganong, 2005; Trojan et al., 2003).

2.1.2.3 Interakce sympatiku a parasympatiku

Sympatikus a parasympatikus inervují společně téměř všechny orgány v těle. Ve většině případů je jejich účinek na cílový orgán opačný. Parasympatikus spíše udržuje v těle rovnovážný stav, zatímco činnost sympatiku mobilizuje zdroje a energetické zásoby organismu k akci. Proto při spánku, trávení a zotavování převládá tonus parasympatiku, kdežto při stresu, svalové práci nebo nemoci převažuje tonus sympatiku (Barrett, Barman,

Boitano, & Brooks, 2010; Trojan et al., 2003; Čihák, 2000). Podle Opavského (2002) nedochází v organismu za různých situací ke stejnoměrné aktivaci sympatiku a parasympatiku, proto nemůžeme mluvit o jednotné autonomní aktivaci. Stejskal (2003) uvádí, že předpoklady pro zvládání psychické i fyzické zátěže, závisí také na míře a vyrovnanosti aktivity obou oddílů. Při vyšší vyrovnanosti jsou jedinci schopni podávat optimálnější výkony, např. ve sportu. Dlouhodobě působící negativní vlivy na organismus mají za následek pokles aktivity parasympatiku a druhotně převahu sympatiku.

2.2 Vliv ANS na činnost srdce

Srdeční činnost je řízena ANS, hormonálním systémem a periferními vstupy z receptorů (baroreceptory atd.). K udržení optimální srdeční aktivity při neustále se měnících vnitřních a vnějších podmínkách přispívá největší měrou ANS. Základem je tzv. sympato-vagová rovnováha. Neustálá interakce mezi sympatikem a parasympatikem vyniká svou variabilitou a je odrazem komplexních regulačních mechanismů. Výsledkem je změna srdeční frekvence, srdečního objemu, krevního tlaku (TK), periferního odporu, srdeční perfúze atd. (Čalkovská & Javorka, 2008; Javorka, 2008; Tonhajzerová et al., 2007).

2.2.1 Aktivita sympatiku

Eferentní oddíl sympatického řízení srdeční činnosti nazýváme nervi (dále jen nn.) cardiaci, vycházející ze segmentů C8 – Th4 sympatického truncu. Pravostranný sympatikus inervuje především sinoatriální uzel (SA uzel), levostranný více atrioventrikulární uzel. Podle Trojana et al. (2003) jsou komory výhradně pod vlivem sympatiku. Spolu s vagovými vlákny tvoří sympatikus plexus cardiacus, který inervuje vodivé i kontraktilní části srdce (Tillinger & Mravec, 2006; Trojan et al., 2003).

Sympatikus má pozitivně inotropní, chronotropní, bathmotropní a dromotropní působení. Dále zhoršuje perfúzi myokardu, způsobuje vazokonstrikci koronárního řečiště a činí práci myokardu energeticky náročnější (Stauss, 2003; Trojan et al., 2003; Kantor, 2003).

Efekt sympatiku na chronotropii a inotropii se projevuje se zpožděním 1 – 3 sekund. Rovnovážného stavu dosáhne přibližně za 30 sekund. Návrat na původní hodnoty je

v porovnání s nástupem mnohem pomalejší, což je pravděpodobně způsobeno pomalejším metabolismem noradrenalinu (Čalkovská & Javorka, 2008).

2.2.2 Aktivita parasympatiku

Jádra n. vagus, který inervuje srdce, jsou uložena v nucleus (dále jen nc.) dorsalis nn. vagi a nc. ambiguus. Prostřednictvím svých vláken (rr. cardiaci) inervují sinoatriální i atrioventrikulární uzly a svalovinu síní, částečně i komor. Pravostranná vlákna n. vagus vedou především do pravé předsíně a do oblasti sinoatriálního uzlu, mají negativně chronotropní účinek, levostranná vlákna vedou hlavně k uzlu atrioventrikulárnímu a mají negativně dromotropní účinek. Tillinger & Mravec (2006) uvádějí, že parasympatikus inervuje spíše síně, méně komory. Parasympatikus působí na srdce také negativně inotropně a bathmotropně (Ganong, 2005; Sztajzel, 2004; Králíček, 2004).

Parasympatikus působí v srdci prostřednictvím acetylcholinu na muskarinové receptory M_2 . Rychlá tvorba i rozklad acetylcholinu (acetylcholinesterázou) umožňují okamžitou regulaci srdeční frekvence. Efekt parasympatiku se projevuje už v průběhu jediného úderu a odezní během 1,5 – 2 sekund, což odpovídá přenosu rytmických impulzů při frekvenci 0,5 – 0,7 Hz (Čalkovská & Javorka, 2008; Javorka, 2008).

Za fyziologické situace vznikají srdeční stahy o frekvenci 100 tepů za minutu v sinoatriálním uzlu. Činnost sinoatriálního uzlu je však inhibována parasympatikem a stimulována sympatikem. Aktuální srdeční frekvence je výsledkem kombinace vlivu parasympatiku, sympatiku a vlastní aktivity sinoatriálního uzlu. Při klidových podmínkách se uvažuje o převaze parasympatiku, naopak při zvýšené fyzické nebo psychické zátěži o převaze sympatiku. Pokud je tepová frekvence vyšší než 85 až 90 tepů za minutu, mluvíme o tachykardii. Fyziologicky se vyskytuje u zdravých osob při fyzické nebo psychické zátěži. Tepová frekvence nižší než 60 tepů za minutu znamená bradykardii. Vzniká jako následek adaptace na fyzickou zátěž. Může být způsobena vzestupem aktivity parasympatiku nebo útlumem aktivity sympatiku (Barrett et al., 2010; Špinar & Vítovec, 2009; Králíček, 2004; Trojan et al., 2003).

2.2.3 Funkce baroreceptorů

Činnost srdce je ovlivňována i funkcí baroreceptorů. Jedná se o mechanoreceptory umístěné především v oblouku aorty, koronárních artériích, plicním oběhu a sinus caroticus. Tyto

receptory reagují na napětí a deformaci cévních stěn. Při zvýšení TK dochází ke stimulaci baroreceptorů, které prostřednictvím aferentních vláken n. glossopharyngeus a n. vagus aktivují vazomotorická centra v prodloužené míše. Odpovědí je snížení aktivity sympatiku a zvýšení aktivity parasympatiku. Výsledkem je snížení srdeční frekvence a snížení periferního odporu, které vede k snížení TK. Při nadměrném snížení TK dochází k opačné reakci (Barrett et al., 2010; Jíra, 2009; Guyton & Hall, 2006; Honzíková, 2004).

2.2.4 Respirační sinusová arytmie

Existuje vztah mezi dýcháním a srdeční frekvencí. Při inspiriu dochází ke zkracování intervalů mezi jednotlivými údery srdce a srdeční frekvence roste. Naopak při expiriu dochází k prodlužování intervalů a snižování srdeční frekvence. Největší vliv na srdeční frekvenci během různých fází dechového cyklu má parasympatikus a jeho zvýšená aktivace při expiriu. Proto bývá respirační sinusová arytmie (dále jen RSA) označována jako index excitability parasympatiku. RSA ovlivňuje nejvíce frekvence a pravidelnost dechového cyklu, méně hloubka dýchání. Při nízké frekvenci dechového cyklu dochází k prodloužení působení parasympatiku v expiriu, kompletnějšímu rozložení acetylcholinu a prodloužení tachykardické reakce při inspiriu. To vede ke zvýšení amplitudy RSA. RSA je řízena z dechového centra uloženého v oblasti kmenových struktur. Dále se uplatňují plicní reflexy, kdy je při inspiriu zvýšením tlaku a objemu v plicích a dýchacích cestách inhibováno kardioinhibiční a inspirační centrum v prodloužené míše. To způsobí zvýšení srdeční frekvence. Taktéž změna pH a parciálních tlaků plynů O_2 a CO_2 se podílí na RSA. Chemoreceptory představují především karotická tělíska, která reagují na střední hodnoty parciálního tlaku CO_2 a na rychlost a velikost změn parciálního tlaku CO_2 (Jíra, 2009; Javorka, 2008; Trojan et al., 2003; Opavský, 2002).

2.3 Vyšetřování ANS

V klinické praxi se využívají k hodnocení ANS tzv. kardiovaskulární testy. Tyto testy reflektují stav ANS na základě komplexních kardiovaskulárních odpovědí, které se projevují změnami srdeční frekvence (SF) a TK. V 80. letech vytvořil Ewing baterii testů, která umožňovala včasnou diagnostiku diabetické autonomní neuropatie a dnes je považována za standard diagnostiky ANS (Hosová, Jirkovská & Bouček, 2001). V testech se hodnotí

proměnlivost srdeční frekvence při ortostáze, reakci systolického krevního tlaku na aktivní ortostázu, hlubokém dýchání, Valsalvově manévru a izometrickém handgripu, který se využívá minimálně.

2.3.1 Ortostatický test

Pomocí pasivního (head-up tilt test) nebo aktivního postavení se je možno hodnotit reaktivitu ANS. Ve vertikální poloze se hromadí krev v kapacitních cévách dolních končetin, pánevní a gluteální oblasti. To způsobí pokles koncového diastolického objemu levé komory, který podráždí baroreceptory v sinus caroticus a oblouku aorty. To vede k aktivaci sympatiku a zvýšení SF, diastolického TK a mírnému snížení systolického TK (Javorka, 2008).

2.3.2 Test hlubokého dýchání

Při tomto testu vyšetřovaná osoba sedí a hluboce dýchá po dobu jedné minuty, přičemž nádech nosem a trvá 5 s a výdech ústy rovněž 5 s. Hloubka nádechu a výdechu musí přesáhnout polovinu vitální kapacity plic (Guilleminault, Poyares, Rosa & Huang, 2005).

2.3.3 Valsavův manévr

Při výdechu proti odporu dochází činností výdechového svalstva ke zvýšení nitrohruďního tlaku a omezení žilního návratu. To rezultuje ve změnu srdeční frekvence, tlaku krve a periferního cévního odporu. Tento jev pozorujeme i za fyziologických podmínek při defekaci, zvedání břemen atd. (Javorka, 2008; Khurana & Wu, 2006)

2.3.4 Srovnání tradičních metod testování ANS a vyšetření variability srdeční frekvence

Podle Opavského (2004) byly indexy navržené Ewingem opakovaně kritizovány pro svou nízkou validitu. Na rozdíl od TK, který významně podléhá humorálním změnám, jsou změny srdeční frekvence mnohem přesnějším ukazatelem aktivity ANS. Vlčková, Bednařík, Buršová, Šajgalíková a Mlčáková (2010) udávají, že tradiční metody vyšetření aktivity ANS neumožňují detailněji odlišit parasympatickou a sympatickou složku. Při užití spektrální

analýzy variability srdeční frekvence se hodnotí aktivita parasympatiku, ale je možno nepřímo usuzovat na aktivitu sympatiku z vybraných poměrů mezi jednotlivými komponentami (Botek, Stejskal, Jakubec & Kalina, 2004).

2.4 Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení

Variabilita srdeční frekvence (ang. Heart Rate Variability – HRV) vyjadřuje nepravidelný, neustále se měnící srdeční rytmus (jeho variabilitu). Tato změna je patrná na délce intervalů mezi po sobě následujícími srdečními stahy. Je dána neustálou vzájemně provázanou interakcí sympatiku a vagu na SA uzel za účelem zachování dynamické stability (Khan, Hussain & Bin Aleem, 2010; Čalkovská & Javorka, 2008; Stejskal & Salinger, 1996).

Spektrální analýza variability srdeční frekvence (SA HRV) je neinvazivní metoda popisující aktivitu ANS prostřednictvím jeho působení na činnost srdce. K hodnocení využívá změření vzdálenosti mezi jednotlivými R kmity (tzv. R-R intervaly) na EKG záznamu. Délky R-R intervalů jsou zpracovány metodou časové nebo frekvenční (spektrální) analýzy, dále pak grafickými metodami nebo nověji metodami nelineární dynamiky. Metody časové a frekvenční analýzy HRV vycházejí z EKG záznamu. Při dlouhodobých sledováních se zpravidla jedná o 24hodinové záznamy. V případě krátkých časových úseků o 5minutové záznamy. (Bai, Li, Zhou & Li, 2009; Javorka, 2008; Kautzner & Malik, 1998; Task Force, 1996).

2.4.1 Historie hodnocení variability srdeční frekvence

Roku 1733 konstatoval Stephen Hales periodické změny tlaku krve v souvislosti s dýcháním. Detailnější zkoumání této souvislosti umožnil až vynález elektrokardiogramu Einthovenem na počátku dvacátého století. První zmínka o využití HRV pochází od Hona a Leea, kteří v roce 1965 zjistili u plodu, kterému hrozilo poškození, změny HRV ještě dříve, než došlo ke změnám srdeční frekvence (Stejskal & Salinger, 1996). Koncem 70. let byla u lidí po infarktu myokardu poprvé pozorována pozitivní korelace mezi snížením HRV a zvýšením mortality a výskytu arytmií. S rozvojem moderních matematických postupů a výpočetní techniky se pro hodnocení HRV začala využívat metoda časové analýzy a přesnější metoda frekvenční analýzy. Od té doby se využívalo hodnocení HRV v mnoha medicínských oborech

(Fráša, Souček, Řiháček, Bartošíková a Frášová, 2005; Javorka, 2008). Značná nejednotnost výsledků studií vedla v roce 1996 Evropskou kardiologickou společnost (The European Society of Cardiology) a Severoamerickou elektrofyzilogickou společnost (The North American Society of Pacing and Electrophysiology) k založení skupiny Task Force, která vydala soubor doporučení pro standardizaci terminologie, metodiky měření a pro stanovení fyziologických a patofyziologických korelátů (Kantor, 2003).

2.4.2 Faktory ovlivňující variabilitu srdeční frekvence

Věk

Věk je jedním z hlavních determinantů HRV. Od jednoho měsíce po narození stoupá, maxima dosahuje v období puberty, adolescence a mladšího dospělého věku. S přibývajícím věkem pak hodnota celkového spektrálního výkonu klesá (Kantor & Javorka, 2004; Migliaro et al., 2001; Tonhajzerová & Javorka, 2000).

Pohlaví

Není popsán statisticky významný rozdíl mezi absolutními hodnotami celkového spektrálního výkonu. Avšak u mužů byly prokázány značně vyšší hodnoty parametru LF/HF, vyšší podíl Power LF a nižší podíl Power HF na celkovém spektrálním výkonu ve srovnání s ženami (Vlčková, Bednařík, Buršová, Šajgalíková & Mlčáková, 2010; Agelink et al., 2001).

Zdravotní stav

ANS nehraje významnou roli pouze za fyziologických podmínek, ale může být ovlivněn v řadě patologických situací. U některých diagnóz lze prokázat snížení hodnot HRV (Sztajzel, 2004). Jako příklad uvádí Javorka (2008) diabetes mellitus, ischemickou chorobu srdeční, esenciální hypertenzi, infarkt myokardu a další kardiovaskulární onemocnění. Změny byly také pozorovány u syndromu spánkové apnoe (Guilleminault, Poyares, Rosa & Huang, 2005) nebo při chronickém onemocnění ledvin (Mylonopoulou et al., 2010).

Psychický stav

Emoce, duševní námaha nebo psychické vypětí značně ovlivňují rovnováhu ANS. Dochází ke zvýšení aktivity sympatiku a poklesu aktivity parasympatiku. To spolu s humorálními a hormonálními změnami způsobuje hypertenzní reakci. Můžeme pozorovat snížení HF a nárůst LF komponenty SA HRV. Zároveň dochází ke snížení celkového spektrálního výkonu (Appelhans & Luecken, 2006; Šlachta & Kocmáková, 2003; Tonhajzerová & Javorka, 2000).

Mezi nejčastější duševní onemocnění, u nichž byla prokázána dysfunkce autonomní srdeční reaktivity, patří deprese, úzkost nebo schizofrenie. Při těchto poruchách dochází k posunu sympatovagové balance na stranu sympatiku. Tento posun zároveň zvyšuje podle některých autorů riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění (Tonhajzerová et al., 2012; Kemp et al., 2012; Royster et. al., 2012; Yang, Hong & Tsai, 2010).

Cirkadiánní rytmy

K největším změnám dochází u komplexních ukazatelů HRV, které jsou spíše odrazem vlivu jiných externích nebo interních podnětů, jejichž vliv nejspíš výrazně přesahuje vliv pravidelného denního kolísání hodnot HRV (Botek et al., 2007). Svého maxima dosahuje HRV v ranních hodinách (Vandewalle et al., 2007).

Změna polohy těla

Při stoji dochází vlivem hromadění krve ve venózním řečišti pod úrovní srdce ke snížení systémového tlaku krve, venózního návratu a plnění srdce. Pro zachování perfúze a středního systémového tlaku se vlivem baroreflexů zvyšuje aktivita sympatiku a zároveň snižuje aktivita příslušných částí parasympatiku. Při postavení proto dochází ke zvýšení SF s maximem kolem 10. sekundy. V této fázi pozorujeme pokles celkového spektrálního výkonu, pokles HF komponenty, nárůst LF komponenty a zvýšení poměru LF/HF (Javorka, 2008; Stejskal & Salinger, 1996).

Po následném lehu se razantně aktivuje parasympatická složka přesně opačným způsobem, než je popsáno výše a dochází k tzv. přestřelení vagové odpovědi. Ta způsobí nárůst komponenty HF, a to i v případě, že v předešlém lehu komponenta HF nebyla přítomna.

Tohoto „přestřelení“ se využívá při standardizované zkoušce Leh-Stoj-Leh (L-S-L) (Javorka, 2008; Opavský, 2002).

Fyzická zátěž

Vysoký rovnovážný stupeň aktivace sympatiku a parasympatiku svědčí o značné adaptabilitě organismu. S narůstající zátěží se zvyšuje SF. Při nízké intenzitě je to způsobeno především inhibicí vagu. Vyšší intenzity zátěže způsobují aktivaci sympatiku a jsou spojeny se zvýšenou produkcí katecholaminů. Čím je vyšší intenzita zátěže, tím delší je interval návratu k původním hodnotám. Hypomobilní způsob života snižuje celkový spektrální výkon. Naopak pravidelnou fyzickou aktivitou lze celkový spektrální výkon zvýšit (Javorka, 2008; Stejskal, 2008; Salinger & Stejskal, 1996).

Řízené a spontánní dýchání

Člověk disponuje vedle autonomní také částečně volní regulací dýchání. Toto podvojně řízení umožňuje zasáhnout prostřednictvím dýchání do mimovolního aktuálního svalového tonu a do činnosti vnitřních orgánů (Kolisko et al., 2001; Opavský et al., 1999).

HRV je vázána na RSA, která je do značné míry ovlivňována pravidelností dechových cyklů, frekvencí a hloubkou dýchání, mírou aktivace dechových svalů atd. Proto můžeme hovořit o propojení HRV s dýcháním. Změny délky R-R intervalů způsobené RSA jsou využívány k posouzení stavu kardiovaskulárního systému, viz kap. 2.2.4 Respirační sinusová arytmie (Van de Louw, Médigue, Papelier & Cottin, 2008; Javorka, 2008; Opavský, 2002).

Při rytmizaci dechové frekvence a stabilizaci dechového vzoru můžeme pozorovat při SA HRV pravidelnou RSA, která významně ovlivňuje ukazatele HRV (Kolisko, Jandová & Salinger, 2004). To potvrdila studie Koliska et al. (2001), kdy byl u zdravých jedinců prokázán významný rozdíl funkční aktivity ANS. Při rytmizovaném dýchání o frekvenci 12 dechů za minutu došlo k signifikantnímu nárůstu hodnot ukazatele HF charakterizujícího aktivitu vagu a snížení ukazatelů LF a VLF. Naopak při spontánním dýchání byl zaznamenán pokles hodnot ukazatele HF a nárůst ukazatelů LF a VLF. Celkový spektrální výkon byl tedy signifikantně zvýšen při rytmizovaném dýchání.

Ke stejnému zjištění dospěli i Driscoll & Diccico (2000), kteří na základě své studie uvádějí, že rytmizované dýchání zvyšuje aktivitu vagu.

Při spontánním dýchání o frekvenci 9 dechů za minutu dochází k posunu respiračně vázané frekvence do oblasti LF pásma a stává se zde dominantní. V těchto případech nelze výsledky SA HRV bez sledování dechové frekvence interpretovat správně. Při dechové frekvenci 12 dechů za minutu je respiračně vázaná frekvence v pásmu 0,2 Hz (Kolisko, Jandová & Salinger, 2004; Kolisko et al., 2001; Hayashi, Ishihara, Tanaka, Osumi & Yoshida, 1997).

Tepelné působení

Kardiovaskulární parametry jsou ovlivňovány změnami teploty kůže i změnami centrální tělesné teploty. Vzestup tělesné teploty o 1°C způsobí zvýšení srdeční frekvence přibližně o 12 – 20 tepů za minutu, vazodilataci cév v kůži, vazokonstrikci v oblasti splachniku a pokles celkového spektrálního výkonu HRV. Zvýšení tělesné teploty tedy způsobuje snížení aktivity parasymptiku a nárůst aktivity sympatiku. Mírná hypotermie zvyšuje srdeční frekvenci. Pokles tělesné teploty pod 33,3°C je spojen se snižováním srdeční frekvence. Nepravidelná akce srdce spolu s výskytem arytmií se objevuje při poklesu teploty pod 32°C (Javorka, 2008).

Aby došlo ke změnám kardiovaskulárních parametrů, nemusí dojít ke změně teploty těla. Aplikací chladu na kůži předloktí vyvoláme inhibici parasymptické aktivity a zvýšení β -adrenergní sympatické aktivity, která způsobí nárůst srdeční frekvence (Manhas, Gupta & Kalsotra, 2011; Andersson, Schagatay, Gislen & Holm, 2000). Aplikací chladu na obličej dochází naopak ke snížení tepové frekvence a zvýšení TK. Za tento jev odpovídá tzv. potápěcí reflex savců.

2.4.3 Časová analýza variability srdeční frekvence

Tzv. time-domain hodnocení HRV je jednoduchá metoda založena na sledování změn délek R-R intervalů v kontinuálním EKG záznamu (někdy také označované jako N-N intervaly – normal to normal). Minimální délka záznamu je 5 minut, nicméně Javorka (2008) doporučuje časovou analýzu pro hodnocení dlouhodobých záznamů o délce minimálně 18 hodin hodnotitelného záznamu zahrnujícího celou noc a ranní hodiny (Javorka, K. & Javorka, M., 2008; Kautzner & Malik, 1998; Kleiger, Stein, Bosner, & Rottman, 1995).

Při zpracování výsledků jsou použity různé statistické postupy, které popisují variabilitu naměřeného úseku nebo rozdíly sousedních parametrů (Kautzner & Malik, 1998). Podle Cowana (1995) postihuje časová analýza pouze bilanci ANS a nikoliv jednotlivé subsystémy (sympatikus a parasympatikus). A protože je většina fluktuací R-R intervalů řízena prostřednictvím vagu, vypovídají ukazatele časové domény hlavně o aktivitě parasympatiku (Eckberg, 2000).

V této práci jsou z časových parametrů použity průměrná délka R-R intervalů a průměrná hodnota druhé mocniny rozdílu po sobě následujících R-R intervalů (MSSD).

2.4.4 Frekvenční (spektrální) analýza variability srdeční frekvence

Frekvenční (tzv. frequency-domain) metoda analyzuje kmitající složky srdeční frekvence, které jsou charakterizovány svojí frekvencí a intenzitou (amplitudou). Převedením časových údajů o rozdílech po sobě jdoucích R-R intervalů do frekvenčních hodnot získáme výkonové spektrum. Využitím neparametrických metod (především rychlé Fourierovy transformace – fast Fourier transformation – FFT) toto spektrum můžeme rozdělit do několika pásem. U krátkodobých záznamů dělíme výkonové spektrum do tří základních spektrálních komponent: VLF (very low frequency, v rozsahu 0,02 – 0,05 Hz), LF (low frequency, v rozsahu 0,05 – 0,15 Hz) a HF (high frequency, v rozsahu 0,15 – 0,5 Hz). Podkladem pro zpracování vstupních údajů HRV mohou být jen stahy sinusového původu, proto je nutné provést odstranění artefaktů – stahů narušujících sinusový průběh (Tonhajzerová et al., 2012; Sztajzel, 2004; Stejskal & Salinger, 1996).

2.4.4.1 Frekvenční pásma HRV

HF

High Frequency komponenta je ovlivňována především RSA, kdy frekvence kolísá v závislosti na fázi dechového cyklu. Tomuto frekvenčnímu rozsahu odpovídá dechová frekvence v rozmezí 9-24 dechů za minutu. Pokud dechová frekvence poklesne pod 9 dechů za minutu, přechází respiračně vázaná aktivita parasympatiku do frekvenčního pásma LF (Javorka, K. & Javorka, M., 2008; Salinger & Gwozdziewicz, 2008; Opavský, 2002; Kolisko et al., 2001). Opavský (2002) proto doporučuje dodržovat dechovou frekvenci v rozmezí

12 – 15 dechů za minutu. Pro splnění této podmínky jsme využili řízené dýchání o frekvenci 12 dechů za minutu. Fyziologicky je možné vyvolat zvýšení aktivity v pásmu HF manévry stimulujícími aktivitu parasympatiku – např. podáním atropinu nebo chladovou stimulací tváře (Javorka, 2008).

LF

LF komponenta je ovlivňována především aktivitou baroreceptorů a také vazomotorickou aktivitou (tzv. Mayerovy tlakové vlny – pomalé změny tlaku krve). Výsledný spektrální výkon je pak odrazem aktivity sympatiku i vagu (Šiška, Kudláček, Štěrbová & Stejskal, 2009; Šiška & Opavský, 2005).

VLF

Původ aktivity v tomto pásmu není zatím zcela znám. Předpokládá se, že vliv mohou mít některé hormonální systémy ovlivňující vazomotoriku (např. systém renin – angiotenzin – aldosteron) nebo cirkulující katecholaminy (Fráňa, Souček, Řiháček, Bartošíková & Fráňová, 2005; Šiška & Opavský, 2005).

Podle K. Javorky a M. Javorky (2008) komponenta VLF neodráží pouze sympatickou aktivitu, ale závisí i na parasympatické aktivitě.

ULF

Pásmo s ultra nízkou frekvencí (Ultra Low Frequency) v rozsahu 0 – 0,0033 Hz, tj. přibližně 1 cyklus za 24 hodin odráží kolísání tonu ANS v rámci cirkadiánního rytmu. Bývá hodnoceno z dlouhodobých záznamů a je ovlivněno fyzickou aktivitou i zdravotním stavem. Mechanizmy podílející se na vytváření této části spektra jsou zatím neznámé. Nejvíce se uvažuje o vlivech hormonálních a termoregulačních (Javorka, 2008; Opavský, 2002; Stejskal & Salinger, 1996).

Podle Javorky, K. & Javorky, M. (2008) se při vyhodnocování dlouhodobých záznamů HRV podílejí frekvenční pásma HF a LF jen asi 10 % z celkového spektrálního výkonu a zbylých 90 % připadá na pásma VLF a ULF.

2.4.4.2 Ukazatele spektrální analýzy variability srdeční frekvence

Již během měření R-R intervalů dochází k orientačním výpočtům a grafickému znázornění výsledků SA HRV. Přesný výpočet však probíhá až po jeho ukončení a následné filtraci artefaktů. FFT s upravenými procedurami CGSA (Course Graining Spectral Analysis) získáme hodnoty maximální amplitudy – spektrální výkonové hustoty (Power Spectral Density – PSD) pro komponenty VLF, LF a HF [ms^2/Hz].

Výslednou PSD lze určit vypočtením rozdílu výkonové spektrální hustoty S_{xx} datového souboru $x(t)$ a absolutní hodnoty vzájemné výkonové spektrální hustoty S_{xy} souborů $x(t)$ a $y(t)$ (Salinger et al., 1994) podle vztahu:

$$\text{PSD} = S_{xx} - S_{xy} = F[x(t)] \cdot F^*[x(t)] - F[x(t)] \cdot F^*[y(t)].$$

- $X(t)$ – soubor hodnot R-R intervalů analyzovaného úseku
- $Y(t)$ – pomocný soubor vytvořený zdvojením souboru $x(t)$ pro výpočet dle algoritmu CGSA
- $F[x(t)]$ – Fourierova transformace funkce $x(t)$
- $F^*[x(t)]$ – komplexně sdružená Fourierova transformace funkce $x(t)$
- $F^*[y(t)]$ – komplexně sdružená Fourierova transformace funkce $y(t)$

Na základě příslušných rovnic jsou z hodnoty PSD vypočítány další ukazatele HRV:

Spektrální výkon jednotlivých frekvenčních komponent (P_{VLF} , P_{LF} , P_{HF}) [ms^2]

Hodnota spektrálního výkonu (integrální plocha pod křivkou) jednotlivých komponent.

$$P_{\text{VLF}} = \int_{0,01}^{0,05} \text{PSD} df \qquad P_{\text{LF}} = \int_{0,05}^{0,15} \text{PSD} df \qquad P_{\text{HF}} = \int_{0,15}^{0,5} \text{PSD} df$$

Celkový spektrální výkon P_T [ms²]

Součet spektrálních výkonů všech tří frekvenčních komponent.

$$P_T = P_{VLF} + P_{LF} + P_{HF}$$

Poměry spektrálních výkonů jednotlivých frekvenčních pásem

$$VLF/HF = \frac{P_{VLF}}{P_{HF}}$$

$$LF/HF = \frac{P_{LF}}{P_{HF}}$$

$$VLF/LF = \frac{P_{VLF}}{P_{LF}}$$

Relativní spektrální výkon VLF, LF, HF [%]

Procentuální zastoupení dané komponenty v celkovém spektrálním výkonu.

$$\%VLF = \frac{P_{VLF}}{P_T} \cdot 100$$

$$\%LF = \frac{P_{LF}}{P_T} \cdot 100$$

[%]

$$\%HF = \frac{P_F}{P_T} \cdot 100$$

[%]

Koeficienty variace CcvVLF, CcvLF, CcvHF [%]

Koeficienty variace odstraňují negativní vliv zvýšení srdeční frekvence na HRV (Hayano et al., 1991).

$$CcvVLF = \frac{\sqrt{P_{VLF}}}{R - R} \cdot 100$$

$$CcvLF = \frac{\sqrt{P_{LF}}}{R - R} \cdot 100$$

$$CcvHF = \frac{\sqrt{P_{HF}}}{R - R} \cdot 100$$

R-R interval [s]

Průměrná hodnota všech R-R intervalů v měřeném úseku na základě časové domény.

$$R - R = \frac{1}{n} \sum RR_i$$

MSSD (mean squared successive differences) [ms²]

Průměrná hodnota druhé mocniny rozdílu po sobě následujících R-R intervalů.

$$MSSD = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (RR_i - RR_{i-1})^2$$

Komplexní věkově standardizované ukazatele HRV

Těmito ukazateli jsme se v naší práci nezabývali, proto pro bližší seznámení odkazují na práci Stejskala, Šlachty, Elfmarka, Salinger a Gaul-Aláčové (2002) a dalších.

2.5 Variabilita srdeční frekvence a krevní tlak

Tlak krve je veličina odrážející stav vnitřního prostředí organismu. Má kolísavý charakter, který je závislý na působení vnitřních i vnějších vlivů, denní době nebo fyzické i psychické zátěži. TK je síla působící na stěnu cév. Síla působení krevního sloupce na stěnu cévy je dána srdečním výdejem a poloměrem cévy, který určuje periferní odpor. Vlivem stahu a relaxace srdce dochází ve velkých tepnách k charakteristickému pulzovému kolísání tlaku (Němcová, 2007; Ezatti, Lopez, Rodgers & Murray, 2004; Philipp, 2003).

Podle European Society of Hypertension/European Society of Cardiology je normální systolický TK menší než 129 mm Hg a diastolický TK menší než 84 mm Hg. Za hypertenzi je považován TK s hodnotami $>140/>90$ (Piskáčková & Forejt, 2011).

U arteriálního TK dochází ke kolísání v závislosti na denní době. Během dne můžeme pozorovat dva vrcholy. První je nejčastěji kolem 9. hodiny ranní. Po obědě se na přibližně dvě hodiny snižuje. Druhého vrcholu dosahuje mezi 16. – 19. hodinou. Poté postupně klesá k nejnižším hodnotám, kterých dosahuje mezi půlnocí a 3. hodinou ranní. Hodnoty TK se mění v závislosti na fázi spánku. Během REM fáze (rapid eye movement) se zvyšuje, během NREM (non-rapid eye movement) fáze dochází k poklesu hodnot TK. Za kolísání TK je s největší pravděpodobností zodpovědný ANS (Homolka et al., 2010; Ošťádal, 2005).

V období od puberty do 40. roku je patrný velmi mírný nárůst TK. S přibývajícím věkem dochází k dalšímu vzestupu TK, který je podle Špinara, Vítovce et al. (2007) přímo úměrný snížení elasticity cév.

Kontinuální sledování TK a HRV odhalilo změnu hodnot i v intervalech menších než jedna minuta. Tyto oscilace jsou způsobeny respirační aktivitou. Modulace srdeční aktivity prostřednictvím sympatiku a vagu mění i hodnoty TK. Také působení obou větví ANS na periferii významně ovlivňuje hodnoty TK. Sympatikem způsobená periferní vazokonstrikce zvyšuje hodnoty TK (Khurana & Wu, 2006; Parati, Saul, Di Rienzo & Mancia, 1995). Při fyzické námaze dochází k vzestupu aktivity sympatiku (viz výše). Zároveň můžeme pozorovat, v závislosti na intenzitě fyzické aktivity, zvýšení TK na hodnoty přesahující 200 mm Hg pro systolický a 100 mm Hg pro diastolický TK. U zdravých jedinců však dojde po skončení aktivity k brzkému návratu k normálním hodnotám (Javorka, 2008; Placheta et al., 2001).

2.6 Potápěcí reflex a chladový test obličeje

2.6.1 Potápěcí reflex

V roce 1870 Bert ve své práci *Physiologie de la respiration* poprvé popisuje skutečnost, že u kachen při ponoření hlavy do vody dochází k poklesu srdeční frekvence. Toto zjištění bylo později potvrzeno výzkumem jiných potápějících se ptáků, plazů i savců. U těchto živočichů docházelo při ponoření k výrazným kardiovaskulárním změnám. Bradykardie a periferní vazokonstrikce slouží k úspoře kyslíkové rezervy během ponoření a zároveň dochází k udržení normální perfúze životně důležitých orgánů – mozku a srdce. Poprvé byl diving reflex u člověka zmíněn v práci Irvinga et al. v roce 1941. (Caspers, Cleveland & Schipke, 2011; Campbell, Gooden & Horowitz, 1968).

Většina autorů se shoduje, že diving reflex (někdy také diving response) je charakterizován bradykardií způsobenou zvýšenou parasympatickou aktivitou, periferní vazokonstrikcí, způsobenou zvýšením aktivity sympatiku, snížením srdečního výdeje, a zvýšením TK (Andersson, Biasoletto-Tjellström & Schagatay, 2007). Foster & Sheel (2005) navíc považují i zvýšenou sekreci suprarenálních katecholaminů a aktivní kontrakci sleziny, a tím zvýšení počtu erytrocytů, za součást diving reflexu.

Ačkoli nese tento reflex název potápěcí, panuje v odborné literatuře jistá neshoda ve způsobu, jakým jej vybavit. Podle některých autorů nestačí k jeho vybavení pouze zadržení dechu (apnoe), ale je zároveň potřeba chladová stimulace receptorů v oblasti obličeje (Foster & Sheel, 2005). Jiní autoři (např. Hayashi et al., 1997) poukazují na fakt, že vyvolání diving reflexu je možné pouhou stimulací chladových receptorů obličeje. Andersson, Liner, Fredsted & Schagatay (2004) uvádějí, že kombinace stimulace chladových receptorů a zadržení dechu způsobuje větší stupeň bradykardie, redukce průtoku krve periferií a zvýšení TK oproti pouze zadržení dechu. Dále také poukazují na fakt, že diving reflex je silnější u jedinců, kteří mají zkušenosti s apnoe, např. nádechoví potápěči.

Diving reflex je tedy komplexní reakce organismu při přerušení ventilace, která slouží k zachování funkcí životně důležitých orgánů. Tato reakce je silnější pokud dojde k současné stimulaci chladových receptorů v oblasti obličeje. Dochází při ní k zachování distribuce krve především do mozku a srdce, zatímco prokrvení periferie je působením sympatiku sníženo. Zvýšeným působením parasympatiku na srdce dochází ke snížení tepové frekvence. K této

reakci se přidává i zvýšení počtu erytrocytů aktivní kontrakcí sleziny. (Andersson, Biasoletto-Tjellström & Schagatay, 2007; Foster & Sheel, 2005; Hayashi et al., 1997).

Pretorius, Gagnon & Giesbrecht (2010) považují zvýšení periferní vazokonstrikce působením chladu na obličej za součást chladové reakce, jejímž cílem je snížit povrch tepelných ztrát z končetin a trupu a tím zabránit snižování teploty tělesného jádra.

2.6.2 Chladový test obličej

Chladový test obličej (ang. Cold Face Test – CFT) je jednoduchá zkouška působení sympatického a parasympatického nervového systému zároveň. Najde svůj význam u pacientů, kteří by měli potíže s vykonáním jiných autonomních funkčních testů (např. izometrická kontrakce ruky u pacientů s revmatoidní artritidou) (Reyners et al., 2000). Další výhodou tohoto testu je, že nevyžaduje aktivní spolupráci pacienta. Stemper, Hilz, Rauhut & Neundörfer (2002) navrhuji jeho využití jako součást běžnějších testů – Valsavova manévru nebo dýchání podle metronomu.

CFT se tedy jeví jako jednoduchý způsob vyvolání diving reflexu, jak jej popisují Hayashi et al. (1997). Ke stimulaci chladových receptorů se nejčastěji využívá ponoření obličej do studené vody (ang. Face immersion) nebo přiložení chladicích sáčků na obličej (Manhas, Gupta & Kalsotra, 2011; Khurana & Wu, 2006; Stemper et al., 2002). Aplikací chladu na obličej dochází ke stimulaci chladových receptorů, které prostřednictvím n. trigeminus podráždí vazomotorická centra a srdeční vagové motoneurony. Stimulace chladových receptorů v obličejí vodou o teplotě 10 – 15°C je větší než vodou o teplotě nad 15°C (Foster & Sheel, 2005). Schagatay & Holm (1996) ve své práci poukazují i na vliv okolní teploty, kdy dochází k aktivaci diving reflexu při teplotě vzduchu v místnosti 30°C a teplotě vody při CFT 20°C.

Navzdory faktu, že zvýšení vagové aktivity je možné pouhou stimulací chladových receptorů v obličejí (Khurana & Wu, 2006; Hayashi et al., 1997), většina autorů doporučuje kombinaci CFT s apnoe, kdy je autonomní odpověď organismu největší (Mejía-Rodríguez, Gaitán-González, Carrasco-Sosa & Guillén-Mandujano, 2009; Andersson et al., 2007; Foster & Sheel, 2005; Reyners et al., 2000).

V naší práci jsme zvolili CFT s řízenou dechovou frekvencí 12 dechů/min. z důvodu trvání aplikace CFT 5 minut a déle. Tato řízená dechová frekvence při CFT nebyla zatím v námi

nalezené literatuře popsána. Podle Stemper et al. (2002) není rozdíl v bradykardii vyvolané CFT při dechové frekvenci 6 a 12 cyklů za minutu.

3 CÍLE A HYPOTÉZY

Cíl práce

Cílem této práce je ověřit skutečnost, že působení chladu na obličej ovlivňuje kardiální autonomní reaktivitu. Užitím dvou variant chladového testu obličeje budou sledovány změny vybraných ukazatelů kardiální autonomní regulace pomocí metody SA HRV a sledování hodnot TK. Dílčím cílem bude porovnání vlivů těchto dvou variant testu mezi sebou.

Hypotézy

H₀₁ – Chladový test s ponořením obličeje nemění hodnotu žádného ze sledovaných spektrálních ukazatelů variability srdeční frekvence a žádného z dalších vybraných ukazatelů kardiální autonomní regulace.

H₀₂ – Chladový test s přiložením chladicích sáčků na obličej nemění hodnotu žádného ze sledovaných spektrálních ukazatelů variability srdeční frekvence a žádného z dalších vybraných ukazatelů kardiální autonomní regulace.

Komentář k hypotézám: Za ukazatele spektrální analýzy variability srdeční frekvence jsme zvolili – POWER HF, POWER LF, POWER VLF, LF/HF, VLF/HF, Rel. HF, Rel. LF, Rel. VLF, TOTAL POWER. Dalšími hodnocenými vybranými ukazateli kardiální autonomní regulace byly v naší studii – MSSD, R-R INTERVALY, resp. hodnoty SF, hodnoty systolického a diastolického krevního tlaku.

Výzkumné otázky

1. Ovlivňuje chladový test s ponořením obličeje kardiální autonomní reaktivitu?
2. Ovlivňuje chladový test s přiložením chladicích sáčků na obličej kardiální autonomní reaktivitu?
3. Dochází u chladového testu s ponořením obličeje k významnému zvýšení hodnoty HF při spektrální analýze variability srdeční frekvence?
4. Dochází u chladového testu s přiložením chladicích sáčků na obličej k významnému zvýšení hodnoty HF při spektrální analýze variability srdeční frekvence?
5. Jaké jsou rozdíly v autonomních odpovědích při chladovém testu mezi ponořením obličeje a přiložením chladicích sáčků na obličej?

4 METODIKA

Aplikací chladu na obličej člověka dochází ke změnám aktivity ANS, a to jak sympatiku, tak i vagu. Tzv. chladový test obličeje bývá někdy využíván k hodnocení tzv. diving reflexu. Reflexní odpovědí zde bývá snížení tepové frekvence prostřednictvím aktivace vagu a zvýšení periferního odporu, který vyvolá zvýšení TK. My jsme se pokusili tento jev ověřit ve dvou situacích. V jedné jsme k chlazení obličeje použili ponoření obličeje do vody a ve druhé jsme chlazení obličeje provedli přiložením chladicích sáčků. V obou případech byla teplota chladicího média 6°C. K hodnocení srdeční autonomní reaktivity jsme využili SA HRV. Tato metoda je na FTK UP hojně využívána a je proto k dispozici veškeré přístrojové vybavení. Výhodou výše zmíněné metody je možnost kontinuálního záznamu v průběhu celého pokusu. K zaznamenání hodnot systolického a diastolického TK jsme využili přístroj Finometer, který rovněž umožňuje kontinuální monitorování těchto hodnot.

4.1 Charakteristika souboru

Studie se zúčastnilo 11 mužů, studentů UP v Olomouci, ve věku 20 až 26 let, Všichni probandi byli zdraví, neužívali žádnou medikaci, drogy ani jiné návykové látky. Žádný z účastníků nebyl pravidelným konzumentem alkoholu. Všichni probandi byli subjektivně bez somatických a psychických potíží, pravidelně vykonávající pohybové aktivity (sportovní aktivita minimálně 3x týdně, střední intenzity).

Tabulka 1. Přehled základních údajů o probandech

Číslo probanda	Věk	Hmotnost [kg]	Výška [cm]	BMI [kg/m ²]
1	25,08	90	180	27,78
2	25,25	80	181,5	24,28
3	23,83	93	190	25,76
4	24,25	68	180	20,99
5	25,00	79	178	24,93
6	20,50	80	182	24,15
7	22,25	82	184	24,22
8	22,83	72	183	21,5
9	24,42	79	176	25,5
10	24,42	73	172	24,68
11	26,33	72	170	24,91
M	24,02	78,91	179,68	24,43
SD	1,621393	7,634848	5,604787	1,877302

Vysvětlivky:

BMI – body mass index

SD – směrodatná odchylka

M – aritmetický průměr

4.2 Metodika výzkumu

Výzkum probíhal v laboratoři FTK UPOL v období únor až duben 2012 v dopoledních hodinách. Vždy byli přítomni dva zdravotničtí pracovníci vykonávající měření. Teplota v místnosti se pohybovala v rozmezí 21 až 22°C a vždy byla zaznamenána do Protokolu o měření, viz Příloha 1. Probandi byli předem seznámeni se speciálním režimem, který je třeba dodržovat a v případě jeho porušení bylo měření přeloženo. Probandi nesměli 24 hodin před měřením absolvovat větší fyzickou zátěž a požití alkohol, 8 hodin před měřením nesměli pít černý čaj nebo kávu. Dovolena byla lehká snídaneť maximálně 3 hodiny před měřením. Dále měli probandi dodržovat spánkový režim, být vzhůru minimálně dvě hodiny před měřením a vyhnout se psychickému stresu. Všichni probandi byli předem seznámeni s průběhem měření a podepsali Informovaný souhlas (Příloha 2). Po skončení měření byli probandi vyzváni ke krátkému hodnocení měření a jeho průběhu (Příloha 3). Projekt diplomové práce byl schválen Etickou komisí FTK UP (Příloha 4).

Chladový test obličeje byl proveden ve dvou variantách. V jedné byla použita jako chladicí médium voda, která byla vždy nejméně 20 hodin uschována ve dvou PET lahvích o objemu 2 litry v chladničce. Teplota v chladničce byla konstantně 6°C. Tomu odpovídala i teplota vody těsně před aplikací. Při druhé variantě byly použity jako chladicí médium dva chladicí gelové sáčky značky Cryoflex o rozměrech 12x22 cm, na které proband položil obličej. Chladicí sáčky byly rovněž minimálně 20 hodin uloženy v chladničce, aby jejich teplota odpovídala těsně před aplikací 6°C. Sáčky byly přikládány na obličej v originálním látkovém obalu, který byl součástí balení Cryoflex. Pořadí variant bylo náhodné a pokusy od sebe dělil nejméně jeden den.

4.2.1 Vybavení

Měření probíhalo v laboratoři vybavené lehátkem s úpravou pro možnost lehu na břiše s připevněným snímačem pro záznam SA HRV na hrudi, nádobou upravenou pro opření čela při ponoření, dvěma počítači – jedním pro online přenos a záznam SA HRV a jedním pro zpracování hodnot TK, chladničkou, kde byla uschována chladicí média. Mezi přístrojové vybavení patřil DiANS PF8 s příslušným softwarem pro záznam SA HRV, bezkontaktní digitální infračervený teploměr CEM DT-8810, přístroj pro kontinuální neinvazivní sledování TK a SF – Finometer. K dalším pomůckám patřily dva lihové teploměry, noseclip proti vniknutí vody do nosní dutiny, dýchací trubice s náustkem o objemu 44 ml.

DiANS PF8

Systém DiANS PF8 je inovovaná verze předcházejících systémů VariaPulse TF3, VariaCardio TF4, VarCor PF6 a VarCor PF7. Umožňuje pomocí UHF vysílače a UHF přijímače telemetrický přenos EKG signálu do počítače. Navíc umožňuje i kabelový přenos z elektricky izolovaného výstupu systému DiANS PF8 do počítače prostřednictvím USB portu. Pro telemetrický přenos je využita technologie Bluetooth (BT) pracující na frekvenci 2,4 GHz při vysílacím výkonu 2mW, čemuž odpovídá dosah 10 metrů. Zesílený digitalizovaný EKG signál je společně s údaji o stavu baterie typu AA kódován a pomocí BT přenášen do PC. EKG signál je snímán pomocí elektrodových pásů typu Polar nebo Suunto PF8 s gumovými elektrodami na ventrální straně hrudníku (Salinger, Štěpaník, Krejčí & Stejskal, 2006; Štěpaník, Salinger, Novotný, Stejskal & Krejčí, 2005).

Data v počítači byla zpracována softwarem Medical DiANS PC. Zpracování dat zahrnuje automatickou i manuální filtraci artefaktů a výpočet parametrů HRV metodou FFT s částečně upraveným algoritmem CGSA.

Bezkontaktní infračervený teploměr CEM DT-8810

Pro okamžité změření teploty kůže probanda na os frontale a os zygomaticum byl využit bezkontaktní teploměr DT-8810. Tento ruční teploměr stačí pomocí laserového paprsku namířit na požadované místo a po stisknutí příslušného tlačítka se zobrazuje aktuální teplota na LCD displeji. Pro zvýšení přesnosti byly provedeny vždy dvě měření ihned po sobě a průměrná hodnota byla zaznamenána do Protokolu o měření.

Výrobce deklarované technické údaje: Šířka spektra: 6 – 14 μm , rozsah měření – 20 až 270°C, přesnost $\pm 2^\circ\text{C}$, rozlišení 0,2°C.

Finometer

K monitorování krevního tlaku v průběhu celého měření byl využit přístroj Finometer Model 1 společnosti Finapres Medical Systems. Jedná se o samostatné zařízení určené k neinvazivnímu sledování a zaznamenávání hodnot TK při každém srdečním stahu. Hodnoty jsou získávány z prstu ruky. K redukci nepřesností je využita ještě jedna manžeta v oblasti paže. Tento patentovaný způsob vykazuje odchylku ± 5 až 8 mmHg oproti invazivnímu způsobu měření. Finometer umožňuje získání celkem 15 hemodynamických hodnot (viz Tabulka 2. Seznam parametrů měřených přístrojem Finometer) (Wesseling, de Wit, van der Hoeven, van Goudoever & Settels, 1995; Wesseling 1995)

Tabulka 2. Seznam parametrů měřených přístrojem Finometer

1	Systolický tlak krve – Blood Pressure SYS
2	Diastolický tlak krve – Blood Pressure DIA
3	Střední tlak krve – Blood Pressure MEAN
4	Srdeční frekvence – Heart rate
5	Tepový interval – Inter beat interval
6	Srdeční výdej – Cardiac output
7	Tepový objem – Stroke volume
8	Variabilita frekvence pulzu – Pulse rate variability
9	Baroreflexní senzitivita – Baroreflex sensitivity
10	Celkový periferní odpor – Total peripheral resistance
11	Celková arteriální poddajnost – Total arterial compliance
12	Maximální strmost tlakové křivky – Max. steepness of current upstroke
13	Impedance vzestupné části aorty při DIA – Ascending aortic impedance at DIA
14	Trvání ejekční frakce levé komory – Left ventricular ejection time
15	Součin srdeční frekvence a systolického tlaku krve – Rate pressure product

Pro účely této práce byly použity pouze hodnoty systolického tlaku krve, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence

Manžeta na prst a paži byla připevněna vždy na probandovu levou horní končetinu. Po připevnění manžet následovala kalibrace přístroje a zaznamenání klidových hodnot TK v poloze vsedě. Poté byl už proband připraven k pokusu.

Pro bližší seznámení se s tematikou měření TK z prstu ruky odkazují především na práci Wesselinga (1995).

Dýchací trubice

Pro zajištění kontinuálního dýchání při CFT byla využita dýchací trubice vyrobená upravením šnorchlu. Úpravy spočívaly ve zkrácení šíře náustku pro snadnější vložení do úst a v maximálním zkrácení délky trubice. Výsledný objem dýchací trubice byl 44 ml a její šířka 18 mm. Všichni probandi před měřením potvrdili zkušenost s dýcháním přes šnorchl a nepozorovali subjektivně nutnost zvýšeného úsilí při inspiriu nebo expiriu přes námi použitou dýchací trubici.

4.2.2 Metody měření

Po příchodu do laboratoře proband vyplnil Dotazník na autonomní funkce (Opavský, 2002), viz Příloha 5 a Protokol o měření, se zaznamenáním aktuálního psychického rozpoložení.

Dalším krokem bylo nasazení manžet pro kontinuální monitorování TK (viz kapitola 4.2.1 Finometer) a hrudního pásu s elektrodami pro snímání EKG záznamu. Pro lepší kontakt byly elektrody v místě styku s kůží navlhčeny. Poté si proband cvičně vyzkoušel pohyb na vyšetřovacím lehátku, zejména přetočení na břicho tak, aby střední část hrudního pásu zapadala do mezery v podložce a také posunutí se vleže na břicho k připravené nádobě s vodou, popřípadě chladicím sáčkům. Už během cvičného pohybu byla nahlas puštěna nahrávka upravující dechovou frekvenci, které se měl každý proband přizpůsobit. Ženský hlas opakoval „nádech – dva, výdech – dva, tři.“ Délka cyklu byla 5s v ideálním poměru 2:3 ve prospěch výdechu a frekvenci 12 dechů za minutu. Tato nahrávka běžela po celou dobu měření. Zároveň si také proband vyzkoušel dýchání přes dýchací trubici v pronační poloze. Tato příprava trvala minimálně 15 minut, a proto jsme předpokládali plnou adaptaci na prostředí místnosti. Během celého měření byli probandi do půl pasu svlečení, s povolenými kalhotami a v ponožkách kvůli komfortu.

Vlastní měření začínalo zaznamenáním TK vsedě, viz Příloha 6. Poté byla provedena ortoklinostatická zkouška (Leh – Stoj – Leh), výsledky viz Příloha 7. Během třetího intervalu (druhý leh na zádech) byla zaznamenána bezkontaktním digitálním teploměrem (viz kapitola 4.2.1 Bezkontaktní infračervený teploměr CEM DT-8810) teplota v oblasti středu os frontale

a os zygomaticum vpravo. Hodnoty byly zaznamenány do Protokolu o měření. V pořadí čtvrtou polohou byl leh na břiše. Po uplynutí intervalu následovalo nasazení noseclipu a ponoření obličeje do nádoby s vodou nebo položení do předem připravených chladicích sáčků. Dýchání v tomto intervalu probíhalo přes dýchací trubici, kterou si každý proband svou pravou rukou přidržoval. Nastavením podložky čela v nádobě s vodou se určovala ponořená plocha obličeje. Zevní zvukovod ponořen nebyl a probandi měli při pokusu zavřené oči. Snažili jsme se, aby chlazené oblasti byly při obou variantách přibližně stejné. Po uplynutí intervalu proband hlavu vynořil, vytáhl si z úst dýchací trubici, sundal noseclip, osušil se a zůstal v poloze na břiše s hlavou na stranu. Opět byla změřena a zaznamenána teplota kůže na os frontale a os zygomaticum vpravo. Šestým intervalem byl tedy leh na břiše. Posledním, sedmým intervalem, byl leh na zádech, kde byla opět po přibližně 10 minutách od skončení chladového testu obličeje změřena teplota kůže. Pauza mezi jednotlivými intervaly byla maximálně jedna minuta, avšak při zvládnutí zaujetí polohy byla zkrácena. Začátek měření intervalu byl odpočítán pro synchronizaci měření SA HRV s kontinuálním měřením TK pomocí přístroje Finometer.

Těsně před zahájením chladového testu obličeje (pátý interval) byla změřena teplota chladicího média, které se nacházelo vždy minimálně 20 hodin v chladničce. Okamžitě po skončení CFT byla teplota média opět přeměřena a údaje zaznamenány.

4.2.2.1 Dotazník na autonomní funkce

Dotazník na autonomní funkce (DAF) nám pomůže posoudit případný převládající vliv sympatiku nebo parasympatiku nebo z něj můžeme usuzovat na sympatovagovou rovnováhu. Dotazník obsahuje celkem 16 otázek, které mohou zachytit z anamnestických údajů nesnadno registrovatelné charakteristiky a to z hlediska fyziologického nebo farmakologického. Na jednotlivé otázky je možno odpovědět A nebo B, případně někde variantou C. Odpověď A naznačuje absolutní či relativní převahu sympatického nervového systému, odpověď B naopak parasympatického nervového systému. Varianta C představuje jinou možnost odpovědi. Poměr počtu odpovědí A:B pak slouží k orientačnímu určení vegetativní rovnováhy nebo na převahu sympatiku (počet odpovědí A je osm a více) nebo převahu projevů parasympatického oddílu ANS (počet odpovědí B je osm a více) (Opavský, 2002).

4.2.2.2 Subjektivní hodnocení chladového testu obličeje

Po skončení měření byl proband vyzván k ohodnocení míry příjemnosti nebo nepříjemnosti varianty CFT, které bylo součástí Protokolu o měření. Hodnocení bylo zaznamenáno pomocí vizuální analogové škály. Jako 0 bylo stanoveno hodnocení „nevadí mi“, 10 pak znamenalo „maximálně nepříjemné“.

5 METODY STATISTICKÉHO HODNOCENÍ

Hodnoty jednotlivých parametrů získaných SA HRV byly převedeny k dalšímu zpracování do programu MS Excel 2007. Ke statistickému zpracování jsme použili program STATISTICA 8.0. Statisticky byli zpracováni tyto ukazatelé: POWER HF, POWER LF, POWER VLF, LF/HF, VLF/HF, Rel. HF, Rel. LF, Rel. VLF, TOTAL POWER, MSSD a R-R intervaly.

Data z přístroje Finometer byla převedena do programu MS Excel 2007. Hodnoty parametrů jednotlivých intervalů (1 – 7) byly získány jako průměr hodnot kontinuálního snímání vždy od prvního záznamu po označení intervalu do posledního záznamu před ukončením intervalu. Statisticky byly následně v programu STATISTICA 8.0 zpracovány tyto hodnoty: systolický a diastolický TK a srdeční frekvence.

Protože převážná většina dat nesplňuje podmínky normální distribuce, a s ohledem na nízký počet probandů, jsme se rozhodli pro použití neparametrické statistické metody – Wilcoxonova párového testu.

.

6 VÝSLEDKY

Data jsou prezentována ve formě aritmetických průměrů a směrodatných odchylek. V některých případech je použito pro větší názornost grafického znázornění.

6.1 Dotazník na autonomní funkce

Tabulka 3. Odpovědi dotazníku na autonomní funkce

	Odpověď A	Odpověď B	Odpověď C
M	6,363636	6,818182	2,818182
SD	1,747726	1,250454	1,537412
Max.	10	9	5
Min.	4	5	1
Medián	6	7	2

Vysvětlivky:

SD – směrodatná odchylka

M – aritmetický průměr

Max. – maximum

Min. – minimum

Odpověď A – značí převahu sympatiku

Odpověď B – značí převahu parasympatiku

Odpověď C – jiná možnost

6.2 Změna teploty kůže na os frontale a os zygomaticum

Po provedení CFT s ponořením byla zaznamenána významná změna teploty kůže na obličeji. Více viz Tabulka 4. Změna teploty kůže při chladovém testu s ponořením obličeje. Významně se také změnila hodnoty teploty kůže při CFT s přiložením chladicích sáčků, viz Tabulka 5. Změna teploty kůže při chladovém testu s přiložením chladicích sáčků na obličeji. Při porovnání teplot kůže v obou variantách nacházíme signifikantní rozdíl mezi teplotami naměřenými bezprostředně po CFT a mezi teplotami naměřenými v době 10 minut po provedení CFT, viz Tabulka 6. Porovnání teploty kůže mezi chladovým testem s ponořením obličeje a chladovým testem s přiložením chladicích sáčků na obličeji.

Tabulka 4. Změna teploty kůže při chladovém testu s ponořením obličeje

		1	2	3	změna teploty 1 vs 2 [C°]
os frontale	M [C°]	34,6364	23,7273	32,5455	10,9091*
	SD	0,50452	2,61116	0,9342	
os zygomaticum	M [C°]	33,3636	20,9091	30,4545	12,4545*
	SD	0,92442	1,70027	1,63485	

Vysvětlivky:

SD – směrodatná odchylka

M – aritmetický průměr

1 – teplota kůže před chladovým testem obličeje

2 – teplota kůže bezprostředně po chladovém testu obličeje

3 – teplota kůže po 10 minutách od chladového testu obličeje

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$*

Tabulka 5. Změna teploty kůže při chladovém testu s přiložením chladicích sáčků na obličej

		1	2	3	změna teploty 1 vs 2 [C°]
os frontale	M [C°]	34,3636	29,5455	33,5455	4,8181*
	SD	0,50452	2,11488	0,52223	
os zygomaticum	M [C°]	33,3636	26,2727	31,5455	7,0909*
	SD	1,20605	3,03615	1,29334	

Vysvětlivky:

SD – směrodatná odchylka

M – aritmetický průměr

1 – teplota kůže před chladovým testem obličeje

2 – teplota kůže bezprostředně po chladovém testu obličeje

3 – teplota kůže po 10 minutách od chladového testu obličeje

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$*

Tabulka 6. Porovnání teploty kůže mezi chladovým testem s ponořením obličeje a chladovým testem s přiložením chladicích sáčků na obličej

	1P vs 1S	2P vs 2S	3P vs 3S
	p	p	p
os frontale	0,10881	0,003346 *	0,017961 *
os zygomaticum	0,715001	0,003346 *	0,029975 *

Vysvětlivky:

1 – teplota kůže před chladovým testem obličeje

2 – teplota kůže bezprostředně po chladovém testu obličeje

3 – teplota kůže po 10 minutách od chladového testu obličeje

P – test s ponořením

S – test s přiložením chladicích sáčků

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$ Teplota kůže je vždy nižší při variantě s ponořením obličeje*

6.3 Subjektivní hodnocení chladového testu obličeje

Tabulka 7. Výsledky subjektivního hodnocení dvou variant chladového testu obličeje (n=11)

	S ponořením	S přiložením chladicích sáčků
M	5	1,409091
SD	2,109502	1,594023
Max.	8	4,5
Min.	2,5	0
Medián	6	1

Vysvětlivky:

SD – směrodatná odchylka

M – aritmetický průměr

Max. – maximum

Min. – minimum

Hodnocení: 0 – „nevadí mi“

10 – „maximálně nepříjemné“

6.4 Výsledky spektrální analýzy variability srdeční frekvence

Pomocí Wilcoxonova párového testu byli porovnáváni námi sledovaní ukazatelé kardiální autonomní reaktivity (POWER HF, POWER LF, POWER VLF, LF/HF, VLF/HF, Rel. HF, Rel. LF, Rel. VLF, TOTAL POWER, MSSD a R-R intervaly). Předmětem našeho zájmu byly hodnoty z intervalu 4 (leh na břiše před CFT), intervalu 5 (CFT) a intervalu 6 (leh na břiše po CFT), viz Tabulka 8. Hodnoty jednotlivých ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence. Statistická významnost leží na hladině $p \leq 0,05$.

Tabulka 8. Hodnoty jednotlivých ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence (n=11)

Ukazatel		Voda			Chladicí sáčky		
		Interval 4	Interval 5	Interval 6	Interval 4	Interval 5	Interval 6
Power HF [ms ²]	M	3738,3	5268,45	3321,98	4341,76	4780,46	3630,91
	SD	3121,5	3950,22	4276,12	4747,06	5463,36	4498,56
Power LF [ms ²]	M	864,43	1367,38	567,04	598,8	592,86	956,67
	SD	719,73	1255,01	615,47	542,74	451,56	1203,73
Power VLF [ms ²]	M	390,35	893,01	423,13	234,39	311,64	329,54
	SD	390,89	852,76	513,64	170,34	269,13	405,69
LF/HF	M	0,3	0,45	0,34	0,22	0,18	0,3
	SD	0,2	0,65	0,36	0,22	0,12	0,27
VLF/HF	M	0,15	0,24	0,16	0,12	0,1	0,12
	SD	0,17	0,22	0,12	0,16	0,09	0,13
Rel. HF [%]	M	71,89	67,01	69,61	78,42	79,63	74,2
	SD	14,1	20,74	14,56	16,47	11,43	16,34
Rel. LF [%]	M	19,03	19,77	19,77	14,31	13,06	18,54
	SD	8,67	17,85	14,38	11,71	7,21	12,13
Rel. VLF [%]	M	8,24	13,01	10,14	8,11	7,51	7,75
	SD	7,37	10,85	7,16	7,8	5,05	5,52
Total power [ms ²]	M	4993,07	7528,84	4312,16	5174,96	5684,95	4917,12
	SD	3999,6	4874,79	5228,27	5015,57	5738,26	5825,65
MSSD [ms ²]	M	10361,71	16943,18	9903,43	11590,39	13632,09	9872,69
	SD	10622,66	14352,32	13294,55	14945,21	17447,56	13169,2
R-R [s]	M	1,01	1,07	1	0,99	0,98	0,98
	SD	0,14	0,16	0,14	0,1	0,11	0,1

Vysvětlivky:

SD – směrodatná odchylka

M – aritmetický průměr

Interval 4 – leh na břiše před chladovým testem obličej

Interval 5 – chladový test obličej

Interval 6 – leh na břiše po chladovém testu obličej

6.4.1 Změny vybraných ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence při chladovém testu s ponořením obličeje

Při variantě CFT s ponořením došlo k signifikantnímu nárůstu hodnot ukazatelů Power HF, Total power a MSSD v intervalu 5 oproti intervalu 4. V intervalu 6 došlo k významnému snížení hodnot Power HF, Total power a MSSD oproti intervalu 5. K nárůstu došlo také u hodnot R-R intervalů v intervalu 5 oproti intervalu 4, avšak tento nárůst není signifikantní. Viz Tabulka 9. Srovnání jednotlivých ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence mezi intervaly 4, 5 a 6 pro variantu s ponořením obličeje.

Tabulka 9. Srovnání jednotlivých ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence mezi intervaly 4, 5 a 6 pro variantu s ponořením obličeje (n=11)

Ukazatel	Int. 4 vs 5 p	Int. 4 vs 6 p.	Int. 5 vs 6 p.
Power HF	0,032855 *	0,423597	0,016369 *
Power LF	0,373945	0,130666	0,109512
Power VLF	0,109512	0,722108	0,130666
LF/HF	0,929153	0,858863	0,533695
VLF/HF	0,109512	0,423597	0,213224
Rel. HF	0,656642	0,154861	0,593712
Rel. LF	0,929153	0,858863	0,929153
Rel. VLF	0,061885	0,373945	0,286004
Total power	0,007646 *	0,476907	0,007646 *
MSSD	0,005847 *	0,656642	0,040861 *
R-R	0,061885	0,593712	0,213224

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břiše před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

Int. 6 – leh na břiše po chladovém testu obličeje

* – $p \leq 0,05$ *Power HF: Int. 5 > Int. 4; Int. 5 > Int. 6*

Total power: Int. 5 > Int. 4; Int. 5 > Int. 6

MSSD: Int. 5 > Int. 4; Int. 5 > Int. 6

6.4.2 Změny vybraných ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence při chladovém testu s přiložením chladicích sáčků na obličej

Při variantě CFT s přiložením chladicích sáčků, došlo k významnému poklesu hodnoty MSSD v intervalu 6 oproti intervalu 4. Viz Tabulka 10. Srovnání jednotlivých ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence mezi intervaly 4, 5 a 6 pro variantu s přiložením chladicích sáčků na obličej.

Tabulka 10. Srovnání jednotlivých ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence mezi intervaly 4, 5 a 6 pro variantu s přiložením chladicích sáčků na obličej (n=11)

Ukazatel	Int. 4 vs 5 p	Int. 4 vs 6 p	Int. 5 vs 6 p
Power HF	0,476907	0,075369	0,050461
Power LF	0,858863	0,476907	0,858863
Power VLF	0,182315	0,722108	0,656642
LF/HF	0,722108	0,075369	0,328066
VLF/HF	0,328066	0,533695	0,789675
Rel. HF	0,858863	0,061885	0,476907
Rel. LF	0,533695	0,091162	0,213224
Rel. VLF	0,593712	0,929153	0,656642
Total power	0,423597	0,247747	0,130666
MSSD	0,182315	0,040861 *	0,061885
R-R	0,656642	0,213224	0,755658

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břicho před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

Int. 6 – leh na břicho po chladovém testu obličeje

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$ MSSD: Int.4 > Int. 6*

6.4.3 Porovnání hodnot ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej

Při variantě CFT s ponořením byly signifikantně vyšší hodnoty Power VLF v intervalu 5 a hodnoty Rel. LF v intervalu 4 oproti stejným intervalům při variantě CFT s přiložením chladicích sáčků. Hodnota Rel. HF v intervalu 4 byla naopak vyšší při CFT s přiložením chladicích sáčků. Hodnoty R-R intervalů byly nesignifikantně vyšší v intervalu 5 u CFT s ponořením. Viz Tabulka 11. Srovnání jednotlivých ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence pro intervaly 4, 5 a 6 mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej.

Tabulka 11. Srovnání jednotlivých ukazatelů spektrální analýzy variability srdeční frekvence pro intervaly 4, 5 a 6 mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej (n=11)

Ukazatel	Int. 4P vs 4S	Int. 5P vs 5S	Int. 6P vs 6S
	p	p	p
Power HF	0,929153	0,476907	0,858863
Power LF	0,061885	0,061885	0,423597
Power VLF	0,075369	0,040861 *	0,328066
LF/HF	0,061885	0,154861	1
VLF/HF	0,091162	0,075369	0,154861
Rel. HF	0,040861 *	0,154861	0,286004
Rel. LF	0,040861 *	0,247747	0,929153
Rel. VLF	0,789675	0,109512	0,328066
Total power	0,929153	0,182315	1
MSSD	0,656642	0,373945	0,929153
R-R	0,858863	0,050461	0,533695

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břicho před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

Int. 6 – leh na břicho po chladovém testu obličeje

P – test s ponořením

S – test s přiložením chladicích sáčků

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$ Power VLF a Rel. LF je vyšší při variantě s ponořením*

Rel. HF je vyšší při variantě s přiložením chladicích sáčků

6.5 Výsledky měření krevního tlaku a srdeční frekvence

Pomocí Wilcoxonova párového testu byly porovnány hodnoty systolického (STK), diastolického (DTK) krevního tlaku a srdeční frekvence (SF), získané souběžným měřením pomocí přístroje Finometer. Předmětem našeho zájmu byly hodnoty z intervalu 4 (leh na břiše před CFT), intervalu 5 (CFT) a intervalu 6 (leh na břiše po CFT) viz Tabulka 12. Přehled hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence. Statistická významnost leží na hladině $p \leq 0,05$.

Tabulka 12. Přehled hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence (n=11)

Parametr		Voda			Chladicí sáčky		
		Interval 4	Interval 5	Interval 6	Interval 4	Interval 5	Interval 6
STK	M	120,0135	138,2836	128,6267	120,9285	129,3944	125,6128
[mm Hg]	SD	8,58382	12,9324	14,25586	9,23938	9,7032	11,17666
DTK	M	70,5682	79,2005	73,5824	67,4536	73,3904	70,0335
[mm Hg]	SD	8,02655	6,72643	7,97732	6,44566	9,59658	6,99182
SF	M	61,3039	58,4217	61,1903	61,379	61,6372	61,3921
[úderů/min]	SD	8,8456	7,39277	7,84148	6,59669	6,82429	6,4408

Vysvětlivky:

SD – směrodatná odchylka

M – aritmetický průměr

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

SF – srdeční frekvence

6.5.1 Změny hodnot systolického, diastolického krevního tlaku a srdeční frekvence při chladovém testu s ponořením obličeje

Při CFT s ponořením došlo k signifikantnímu nárůstu hodnot STK a DTK v intervalu 5 oproti intervalu 4. Naopak k signifikantnímu poklesu hodnot STK a DTK došlo v intervalu 6 oproti intervalu 5. STK byl také signifikantně nižší v intervalu 4 oproti intervalu 6. Viz Tabulka 13. Srovnání hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence mezi intervaly 4, 5 a 6 pro variantu s ponořením obličeje.

Tabulka 13. Srovnání hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence mezi intervaly 4, 5 a 6 pro variantu s ponořením obličeje (n=11)

Parametr	Int. 4 vs 5 p	Int. 4 vs 6 p	Int. 5 vs 6 p
STK	0,003346 *	0,020796 *	0,004439 *
DTK	0,032855 *	0,182315	0,004439 *
SF	0,091162	0,476907	0,328066

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břicho před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

Int. 6 – leh na břicho po chladovém testu obličeje

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

SF – srdeční frekvence

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$ STK: Int. 5 > Int. 4; Int. 5 > Int. 6; Int. 6 > Int. 4*

DTK: Int. 5 > Int. 4; Int. 5 > Int. 6

6.5.2 Změny hodnot systolického, diastolického krevního tlaku a srdeční frekvence při chladovém testu s přiložením chladicích sáčků na obličej

Při CFT s přiložením chladicích sáčků došlo k signifikantnímu nárůstu hodnot STK a DTK v intervalu 5 oproti intervalu 4. Naopak k signifikantnímu poklesu hodnot STK došlo v intervalu 6 oproti intervalu 5. Hodnoty DTK byly signifikantně vyšší v intervalu 6 oproti

intervalu 4. Viz Tabulka 14. Srovnání hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence mezi intervaly 4, 5 a 6 pro variantu s přiložením chladicích sáčků.

Tabulka 14. Srovnání hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence mezi intervaly 4, 5 a 6 pro variantu s přiložením chladicích sáčků (n=11)

Parametr	Int. 4 vs 5 p	Int. 4 vs 6 p	Int. 5 vs 6 p
STK	0,004439 *	0,050461	0,020796 *
DTK	0,007646 *	0,016369 *	0,247747
SF	0,423597	0,929153	1

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břicho před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

Int. 6 – leh na břicho po chladovém testu obličeje

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

SF – srdeční frekvence

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$ STK: Int. 5 > Int. 4; Int. 5 > Int. 6*

DTK: Int. 5 > Int. 4; Int. 6 > Int. 4

6.5.3 Srovnání hodnot systolického, diastolického krevního tlaku a srdeční frekvence mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej

Při vzájemném porovnání hodnot STK, DTK a SF pro shodné intervaly jsme neshledali signifikantní rozdíly mezi variantou CFT s ponořením a variantou CFT s přiložením chladicích sáčků. Největší rozdíl jsme pozorovali v intervalu 5, kdy byly naměřeny vyšší hodnoty při CFT s ponořením. Viz Tabulka 15. Srovnání hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence pro intervaly 4, 5 a 6 mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej.

Tabulka 15. Srovnání hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence pro intervaly 4, 5 a 6 mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej (n=11)

	Int. 4P vs 4S	Int. 5P vs 5S	Int. 6P vs 6S
Parametr	p	p	p
STK	0,656642	0,050461	0,476907
DTK	0,130666	0,075369	0,213224
SF	0,929153	0,075369	0,593712

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břiše před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

Int. 6 – leh na břiše po chladovém testu obličeje

P – test s ponořením

S – test s přiložením chladicích sáčků

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

SF – srdeční frekvence

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$*

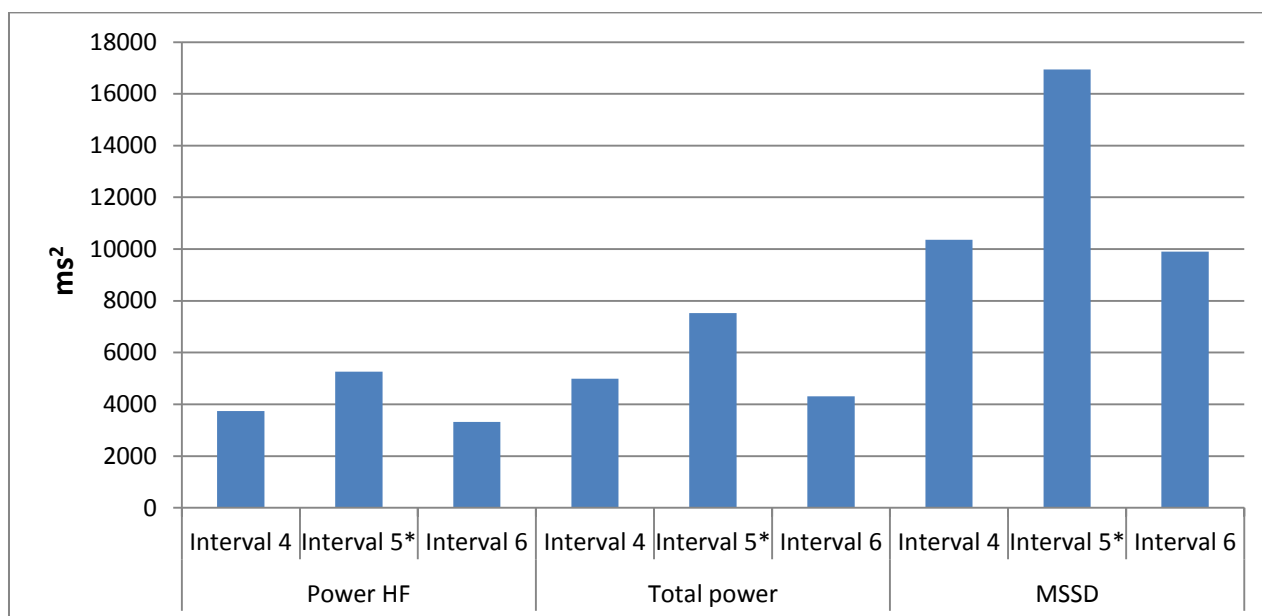
6.6 Vyjádření k hypotézám

Pro potvrzení či zamítnutí nulových hypotéz byly pomocí Wilcoxonova párového testu porovnávány hodnoty námi sledovaných ukazatelů (POWER HF, POWER LF, POWER VLF, LF/HF, VLF/HF, Rel. HF, Rel. LF, Rel. VLF, TOTAL POWER, MSSD, R-R intervaly, STK, DTK a SF) mezi intervaly 4 a 5, 5 a 6 a 4 a 6 pro variantu CFT s ponořením i variantu CFT s přiložením chladicích sáčků. Dále jsme porovnávali navzájem hodnoty jednotlivých ukazatelů pro intervaly 4, 5 a 6 mezi variantou s ponořením obličeje a variantou s přiložením chladicích sáčků na obličej. Hypotéza byla zamítnuta při změně kteréhokoliv ze sledovaných ukazatelů. Hladina statistické významnosti byla stanovena na $p \leq 0,05$.

6.6.1 Vyjádření k hypotéze H₀₁

Hypotéza H₀₁ – Chladový test s ponořením obličeje nemění hodnotu žádného ze sledovaných spektrálních ukazatelů variability srdeční frekvence a žádného z dalších vybraných ukazatelů kardiální autonomní regulace.

Závěr H₀₁ – hypotézu zamítáme. Chladový test s ponořením obličeje signifikantně mění hodnotu těchto spektrálních ukazatelů variability srdeční frekvence a dalších vybraných ukazatelů kardiální autonomní regulace: Power HF, Total power, MSSD, STK a DTK. Viz Obrázek 1. Změny vybraných ukazatelů variability srdeční frekvence při chladovém testu obličeje s ponořením a Obrázek 2. Změny hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence při chladovém testu obličeje s ponořením.

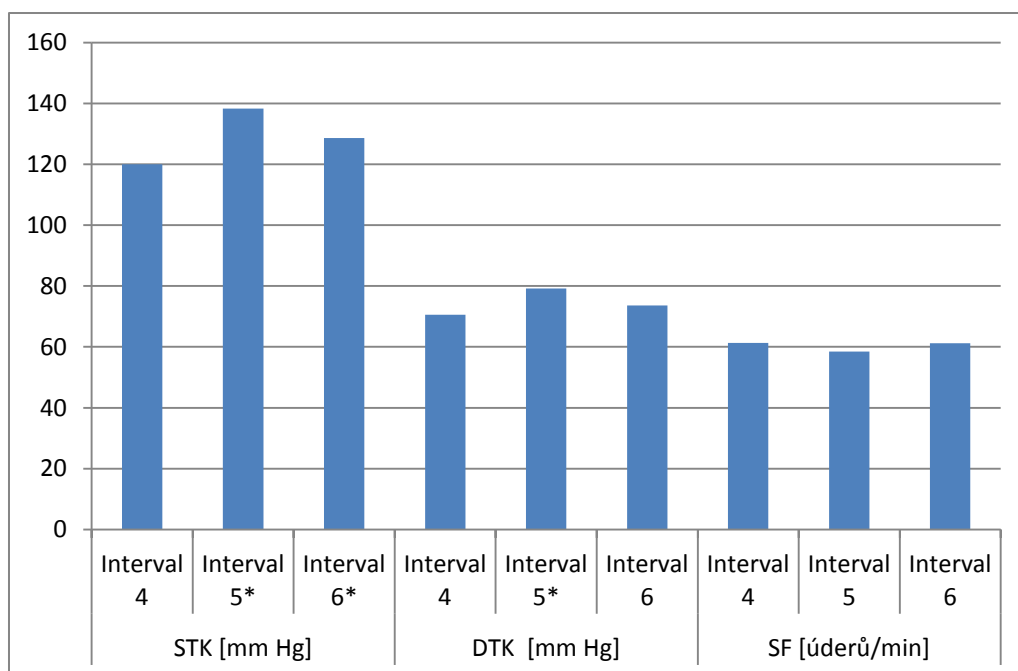


* – $p \leq 0,05$ Power HF: Interval 5 > Interval 4; Interval 5 > Interval 6

Total power: Interval 5 > Interval 4; Interval 5 > Interval 6

MSSD: Interval 5 > Interval 4; Interval 5 > Interval 6

Obrázek 1. Změny vybraných ukazatelů variability srdeční frekvence při chladovém testu obličeje s ponořením



Vysvětlivky:

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

SF – srdeční frekvence

* – $p \leq 0,05$ STK: Interval 5 > Interval 4; Interval 5 > Interval 6; Interval 6 > Interval 4

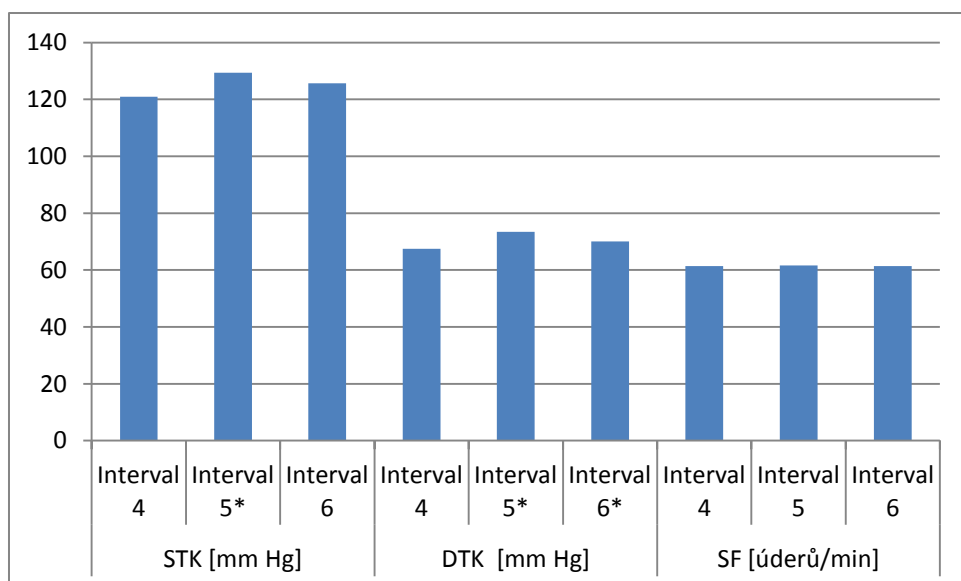
DTK: Interval 5 > Interval 4; Interval 5 > Interval 6

Obrázek 2. Změny hodnot systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence při chladovém testu obličeje s ponořením

6.6.2 Vyjádření k hypotéze H₀₂

Hypotéza H₀₂ – Chladový test s přiložením chladicích sáčků na obličej nemění hodnotu žádného ze sledovaných spektrálních ukazatelů variability srdeční frekvence a žádného z dalších vybraných ukazatelů kardiální autonomní regulace.

Závěr H₀₂ – hypotézu zamítáme. Chladový test s přiložením chladicích sáčků na obličej signifikantně mění hodnoty těchto vybraných spektrálních ukazatelů kardiální autonomní regulace: STK a DTK. Viz Obrázek 3. Změny systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence při chladovém testu obličeje s přiložením chladicích sáčků.



* Vysvětlivky:

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

SF – srdeční frekvence

* – $p \leq 0,05$ STK: Interval 5 > Interval 4; Interval 5 > Interval 6

DTK: Interval 5 > Interval 4; Interval 6 > Interval 4

Obrázek 3. Změny systolického, diastolického tlaku krve a srdeční frekvence při chladovém testu obličeje s přiložením chladicích sáčků

6.7 Vyjádření k výzkumným otázkám

1. Ovlivňuje chladový test s ponořením obličeje kardiální autonomní reaktivitu?

Ano. Chladový test s ponořením obličeje ovlivňuje kardiální autonomní reaktivitu. Při CFT s ponořením došlo k signifikantnímu nárůstu hodnot Power HF, Total power, MSSD, STK a DTK. Viz Tabulka 16. Změna vybraných ukazatelů kardiální autonomní reaktivity při chladovém testu obličeje s ponořením.

Tabulka 16. Změna vybraných ukazatelů kardiální autonomní reaktivity při chladovém testu obličeje s ponořením

	Int. 4	Int. 5	Rozdíl
Power HF [ms ²]	3738,3	5268,45	1530,15*
Total power [ms ²]	4993,07	7528,84	2535,77*
MSSD [ms ²]	10361,71	16943,18	6581,47*
STK [mm Hg]	120,0135	138,2836	18,2701*
DTK [mm Hg]	70,5682	79,2005	8,6323*

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břicho před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

** – $p \leq 0,05$*

2. Ovlivňuje chladový test s přiložením chladicích sáčků na obličej kardiální autonomní reaktivitu?

Ano. Chladový test s přiložením chladicích sáčků na obličej ovlivňuje kardiální autonomní reaktivitu. Při CFT s přiložením chladicích sáčků došlo k signifikantnímu nárůstu hodnot STK a DTK. Viz Tabulka 17. Změna systolického a diastolického tlaku krve při chladovém testu obličeje s přiložením chladicích sáčků.

Tabulka 17. Změna systolického a diastolického tlaku krve při chladovém testu obličeje s přiložením chladicích sáčků

	Int. 4	Int. 5	Rozdíl
STK [mm Hg]	120,9285	129,3944	8,4659*
DTK [mm Hg]	67,4536	73,3904	5,9368*

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břiše před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

** – $p \leq 0,05$*

3. Dochází u chladového testu s ponořením obličeje k významnému zvýšení hodnoty HF při spektrální analýze variability srdeční frekvence?

Ano. Při chladovém testu s ponořením obličeje dochází k signifikantnímu zvýšení hodnoty HF z $3738,3 \text{ ms}^2$ v intervalu 4 na $5268,45 \text{ ms}^2$ v intervalu 5 ($p=0,032855$). Z tohoto nárůstu usuzujeme na zvýšenou aktivitu vagu při CFT.

4. Dochází u chladového testu s přiložením chladicích sáčků na obličej k významnému zvýšení hodnoty HF při spektrální analýze variability srdeční frekvence?

Ne. Při chladovém testu s přiložením chladicích sáčků na obličej nedochází k významnému zvýšení hodnoty HF. Ukazatel HF má ve 4. intervalu hodnotu $4341,76 \text{ ms}^2$ a v 5. intervalu hodnotu $4780,46 \text{ ms}^2$ ($p=0,476907$).

5. Jaké jsou rozdíly v autonomních odpovědích při chladovém testu mezi ponořením obličeje a přiložením chladicích sáčků na obličej?

Při chladovém testu s ponořením obličeje dochází k signifikantnímu nárůstu hodnot Power HF, Total power, MSSD, STK a DTK. Zatímco při chladovém testu s přiložením chladicích

sáčků na obličej dochází k signifikantnímu nárůstu hodnot pouze u STK a DTK. Viz Tabulka 18. Signifikantní změny hodnot ukazatelů kardiální autonomní reaktivity při dvou variantách chladového testu obličeje

Tabulka 18. Signifikantní změny hodnot ukazatelů kardiální autonomní reaktivity při dvou variantách chladového testu obličeje

Parametr	Voda			Chladicí sáčky		
	Int. 4	Int. 5	Rozdíl	Int. 4	Int. 5	Rozdíl
Power HF [ms ²]	3738,3	5268,45	1530,15 *	4341,76	4780,46	438,7
Total power [ms ²]	4993,07	7528,84	2535,77 *	5174,96	5684,95	509,99
MSSD [ms ²]	10361,71	16943,18	6581,47 *	11590,39	13632,09	2041,7
STK [mm Hg]	120,0135	138,2836	18,2701 *	120,9285	129,3944	8,4659 *
DTK [mm Hg]	70,5682	79,2005	8,6323 *	67,4536	73,3904	5,9368 *

Vysvětlivky:

Int. 4 – leh na břicho před chladovým testem obličeje

Int. 5 – chladový test obličeje

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$*

7 DISKUZE

Na lidské tělo neustále působí vnitřní i vnější vlivy. Tělo se musí s těmito vlivy vypořádat, aby udrželo relativní stálost vnitřního prostředí. Homeostáza, jak je tato stálost nazývána, je dynamický proces, na kterém se významně podílí autonomní nervový systém (ANS) (Opavský, 2002). ANS řídí funkce vnitřních orgánů a přizpůsobuje je aktuálním potřebám k zachování homeostázy (Silbernagl & Despopoulos, 1993). Opavský (2002) uvádí, že název autonomní pochází z později překonaných představ, že funguje samostatně, bez závislosti na řízení vyšších oddílů centrální nervové soustavy.

ANS má rozhodující význam na řízení kardiální autonomní reaktivity a podléhá vlivům vnitřního i vnějšího prostředí. Aktuální stav je vždy výsledkem působení současných i dřívějších vlivů. Mezi vnější vlivy řadíme fyzický a psychický stav jedince, denní dobu a klimatické podmínky. Mezi vnitřní vlivy patří věk, pohlaví, zdravotní stav, dechový vzor, nutrice a další (Botek, Stejskal, Jakubec a Kalina, 2004; Javorka, 2008). Všechny tyto vlivy spolu s různým autonomním laděním jedinců způsobují vysokou interindividuální variabilitu (Vlčková, Bednařík, Buršová, Šajgalíková & Mlčáková, 2010).

Působení chladu na organismus člověka představuje vnější zásah do homeostázy. To vyvolává reakce ANS. Tyto reakce se liší při celkovém nebo jen parciálním působení chladu (Campbell, Gooden & Horowitz, 1968). Působení chladu na obličej spolu s apnoe vyvolává reakci, která je popisována jako tzv. diving reflex. Tento termín byl u člověka v literatuře popsán poprvé v roce 1941 Irvingem et al. (Caspers, Cleveland & Schipke, 2011). Avšak první zmínky o tomto reflexu se objevují už v roce 1870, kdy Paul Bert pozoroval, že při ponoření hlavy dochází u kachen ke snížení srdeční frekvence. Následné experimenty potvrdily stejnou reakci u jiných potápějících se ptáků, plazů i savců (Caspers, Cleveland & Schipke, 2011; Campbell, Gooden & Horowitz, 1968). Zajímavým zjištěním je, že při působení chladu na kůži předloktí dochází k inhibici parasympatické a zvýšení sympatické aktivity, což rezultuje ve zvýšení srdeční frekvence, tedy k reakci opačné, než při diving reflexu (Manhas, Gupta & Kalsotra, 2011; Andersson, Schagatay, Gislen & Holm, 2000).

V současné literatuře se souběžně s názvem diving reflex objevuje synonymum diving response (Foster & Sheel, 2005; Andersson, Liner, Runow & Schagatay, 2002; Fagius & Sundlöf, 1985). Navzdory nejednotnému názvu se autoři shodují na projevech tohoto reflexu. Dochází při něm k poklesu srdeční frekvence, zvýšení periferního odporu

a zvýšení TK (Andersson, Biasoletto-Tjellström & Schagatay, 2007; Davis, Polasek, Watson, Fuson, Williams & Kanatous, 2004; Reyners et al., 2000 a další). Foster & Sheel (2005) navíc považují zvýšenou produkci katecholaminů a zvýšení počtu erytrocytů jako projev diving reflexu. Periferní vazokonstrikce, jak poukazují Pretorius, Gagnon & Giesbrecht (2010), může být také součástí chladové reakce organismu za účelem snížení tepelných ztrát a zachování teploty tělesného jádra. Účelem tohoto reflexu, jak se domnívá většina autorů, je zachování životně důležitých funkcí. Dochází při něm ke snížení prokrvení kosterního svalstva a zachování neměnné perfúze především mozku a srdce (Davis, Polasek, Watson, Fuson, Williams & Kanatous, 2004, Gooden, 1994).

Stále ovšem není zcela objasněno, čím je diving reflex aktivován. Khurana, Watabiki, Hebel, Toro & Nelson (1980) prokázali, že ponoření lze nahradit chladovou stimulací obličeje. Proto se v laboratorních podmínkách využívá tzv. chladového testu obličeje (ang. Cold Face Test – CFT) (Mejía-Rodríguez, Gaitán-González, Carrasco-Sosa & Guillén-Mandujano, 2009).

Reyners et al. (2000) ve své studii zkoumali vlivy, které by mohly při provádění CFT ovlivnit diving reflex. Výzkum rozdělili na tři části a pro chladovou stimulaci použili plastické sáčky naplněné vodou s ledem o teplotě 0°C. V první části se zabývali vlivem dýchání při CFT a možnou aktivací okulokardiálního reflexu. Celkem 11 probandů se podrobilo třem variantám CFT. Při první variantě probandi nedýchali a sáčky s ledovou vodou jim byly přiloženy na celý obličej. Při druhé variantě byly podmínky totožné, pouze s tím rozdílem, že měli na obličejí potápěčské brýle, aby se zabránilo tlaku a působení chladu na oči. Při třetí variantě probandi mohli volně dýchat, měli potápěčské brýle a sáčky s ledovou vodou jim pokrývaly jen čelo a tváře, nikoliv nos a ústa. Ve druhé části se zabývali, jestli hmotnost sáčku na obličejí nezvýší oční tlak a ovlivní tak diving reflex prostřednictvím okulokardiálního reflexu. Při těchto pokusech 10 probandům přikládali na celý obličej sáčky s ledovou vodou o hmotnostech 800, 1100 a 1400 g. Během těchto pokusů probandi nedýchali. Ve třetí části hodnotili reprodukovatelnost CFT. 6 probandům byl proveden CFT ve třech dnech (1., 2. a 15. den), vždy třikrát ihned po sobě s hmotností sáčku s ledovou vodou 1100 g. Při všech pokusech se zadržením dechu byli probandi instruováni, aby provedli normální nádechy. Výsledky první části jejich studie odhalily, že pokles srdeční frekvence je větší při zadrženém dechu, a že nasazené potápěčské brýle neovlivňují signifikantně změny srdeční frekvence. U všech probandů došlo při CFT ke zvýšení hodnot TK a nasazené potápěčské brýle nebo možnost dýchat signifikantně neovlivnily nárůst hodnot TK. Výsledky druhé části odhalily, že různé hmotnosti sáčků neměly významný vliv na snížení srdeční

frekvence ani nárůst TK. Proto se autoři domnívají, že přiložení sáčků neaktivuje okulokardiální reflex. Reprodukovatelnost CFT byla nejnižší při měřeních v po sobě následujících dnech a nejvyšší při druhém a třetím měření ve druhém dni. V závěru studie pak autoři doporučují provádět CFT se zadrženým dechem a působit chladovým podnětem na celý obličej. Přehled výsledků studie Reyners et al. (2000) viz Příloha 9.

Provádění CFT se zadrženým dechem, jak to doporučují např. Trouerbach, Duprez, De Buyzere, De Sutter & Clement (1994) a další, může vyvolat při hlubokém nádechu před provedením testu podrážděním arteriálních baroreceptorů situaci podobnou Valsavovu manévru, kdy dojde ke snížení tlakové amplitudy (Reyners et al., 2000). Roli baroreceptorů při CFT studovali Khurana a Wu (2006). Ve své práci hodnotili výsledky CFT u dvou pacientů s baroreflexní poruchou. Při srovnání s kontrolní skupinou došli k závěru, že účast baroreflexů nehraje významnou roli v odpovědi kardiální autonomní reaktivity při provádění CFT. Tyto závěry potvrdili ve své studii i Stemper, Hilz, Rauhut & Neundörfer (2002).

Jiní autoři popisují provádění CFT při různých dechových frekvencích. Hayashi et al. (1997) použili jako chladicí médium vodu o teplotě 8 – 10°C a zabývali se frekvencemi 5, 10, 15, 20 a 30 dechů za minutu. Při všech pokusech došlo ke zvýšení vagové aktivity oproti kontrolním měřením, avšak hodnoty SF se nezměnily signifikantně. Stemper, Hilz, Rauhut & Neundörfer (2002) použili chladicí sáčky o teplotě 0 – 1°C a hodnotili frekvence 6, 15 dechů za minutu a spontánní dýchání. Ve všech případech došlo k signifikantnímu poklesu SF, a proto nepředpokládají významný vliv dechové frekvence na kardiální autonomní reaktivitu při CFT.

V naší studii jsme se rozhodli využít k hodnocení kardiovaskulární autonomní reaktivity při CFT kontinuálního sledování TK a SF přístrojem Finometer a metodu spektrální analýzy variability srdeční frekvence (SA HRV) pomocí přístroje DiANS PF8. Tato metoda představuje jednoduchý způsob, jak neinvazivně hodnotit činnost ANS prostřednictvím jeho působení na činnost srdce (Tonhajzerová et al., 2012; Yang, Hong & Tsai, 2010). Frekvenční metoda SA HRV transformuje časové rozdíly po sobě jdoucích R-R intervalů do frekvenčních hodnot, z nichž každá frekvence připadá jiné složce ANS. Podkladem pro zpracování SA HRV mohou být jen stahy sinusového původu, proto je nutné provést filtraci a odstranit artefakty. Větší četnost ektopických stahů a záznamových artefaktů snižuje spolehlivost výsledků (Stejskal & Salinger, 1996). Metoda SA HRV je tedy vcelku jednoduchá a dostupná. Právě tyto vlastnosti umožňují její využití širokým spektrem medicínských oborů (interní lékařství, psychologie, neurologie, neonatologie tělovýchovné lékařství, rehabilitace a mnoho

dalších). SA HRV nachází své uplatnění nejen v diagnostice, ale i při sledování vývoje stavu nebo jako prostředek hodnocení efektu intervence (Javorka, 2008; Stejskal, 2003; Opavský, 2004, 2002).

Na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci je metoda SA HRV zavedená a byla využita například v oblasti sportovní přípravy (Botek, Stejskal, Jakubec & Kalina, 2004), při posuzování vlivu dynamické práce (Jakubec et al., 2004) nebo při posuzování vlivu věku a pohlaví na HRV (Botek, Stejskal, Krejci, Jakubec & Gaba, 2010).

Vliv pohlaví na výsledky SA HRV nebyl zcela jednoznačně prokázán a výsledky studií se v tomto ohledu různí. Přesto se většina autorů shoduje, že ženy mají nižší celkovou variabilitu srdeční frekvence, spektrální výkon a nižší hodnoty Power LF (Botek, Stejskal, Krejci, Jakubec & Gaba, 2010; Barantke et al., 2008). Z těchto důvodů byli do této studie zařazeni pouze zdraví muži neužívající žádnou medikaci. S narůstajícím věkem dochází ke snižování variability srdeční frekvence, spektrálního výkonu i jeho jednotlivých složek (Sloan et al., 2008; Šlachta, Stejskal, Elfmark & Salinger, 2001). Podobný trend potvrzuje i Gooden (1994), kdy se bradykardie vyvolaná diving reflexem s narůstajícím věkem snižuje. Proto jsme volili probandy ve věku 24,02 let (SD 1,6). V tomto věkovém rozpětí jsme neočekávali výraznější změny HRV v závislosti na věku. Ze studie jsme rovněž vyloučili kuřáky, abychom zabránili možnému ovlivnění výsledků, v souladu se zjištěním Poddighe, Berillo, Setzu, Chillotti & Angioy (2010) a Cagirci et al. (2009).

Jednou z podmínek zařazení probanda do studie bylo i dodržování určitých režimových opatření. Probandi nesměli 24 hodin před měřením absolvovat větší fyzickou zátěž a měli se vyvarovat konzumaci nápojů a stravy ovlivňující aktivitu sympatiku či parasympatiku (káva, čaj, alkohol a jiné stimulanty). Dovolena byla lehká snídane maximálně 3 hodiny před měřením. Dále měli probandi dodržovat svůj pravidelný spánkový režim, být vzhůru minimálně dvě hodiny před měřením a vyhnout se psychickému stresu. Pro dodržení standardních podmínek jsme všechna měření prováděli v dopoledních hodinách.

HRV je do značné míry vázána na respirační sinusovou arytmiu, kterou ovlivňuje dechová frekvence, dechový objem a pravidelnost dechového cyklu. Podle Opavského (2002) dochází při dechové frekvenci nižší než 12 – 15 dechů za minutu k prolínání složky HF do spektrálního výkonu složky LF. To významně zkresluje výsledky. Užitím metronomu je možné dosáhnout rytmizace dýchání a tím identifikovat a stabilizovat polohu respiračně

vázané frekvence. Při dechové frekvenci 12 dechů za minutu je respiračně vázána frekvence v pásmu 0,2 Hz (Kolisko et al., 2001; Hayashi et al., 1997).

Driscoll & Diccio (2000) a Kolisko et al. (2001) prokázali, že použití rytmizovaného dýchání významně mění autonomní reaktivitu. Při dechové frekvenci 12 dechů za minutu došlo k signifikantnímu zvýšení hodnot charakterizujících aktivitu parasymptiku. Celkový spektrální výkon se zvýšil.

Hayashi et al., 1997 využili ve své studii rytmizované dýchání přes dýchací trubici, které, jak prokázali, nemělo vliv na dechový objem. Jejich zjištění vylučuje možnost ovlivnění kardiální reaktivity aktivací plicních mechanoreceptorů při provádění CFT s řízenou dechovou frekvencí.

Při posuzování kardiovaskulární autonomní reaktivity metodou SA HRV jsme pomocí krátkodobého záznamu hodnotili změny vybraných parametrů. K pořízení krátkodobého záznamu je potřeba intervalu o minimální délce 5 min. nebo 300 tepů (Javorka 2008). Proto se při SF nižší než 60 tepů za minutu interval prodlužuje. Většina autorů volila intervaly v rozmezí 20 – 120 sekund. Interval kratší než 5 minut by nám nedovoloval prezentaci validních výsledků SA HRV. Proto jsme přistoupili na variantu CFT s řízenou dechovou frekvencí 12 dechů za minutu. Příliš krátké intervaly nemusí vést k plnému projevu diving reflexu. Khurana & Wu (2006) pozorovali nástup projevu bradykardie po $5,4 \pm 4,6$ s a maximum v $35,8 \pm 15,8$ s. Podobné hodnoty uvádějí i Heath & Downey (1990), podle kterých je maximální redukce SF mezi 5. a 40. s. Jay, Christensen & White (2006) pozorovali, že při kontaktu obličeje s chladovým podnětem dochází ke krátkodobému zvýšení SF. Tato reakce byla pozorována při ponoření obličeje do vody o teplotě nižší než 10°C a je pravděpodobně způsobená reakcí podobnou chladovému šoku. Signifikantně vyšších hodnot dosahovala SF v prvních 10 s oproti stejnému intervalu při ponoření obličeje do vody o 33°C. Poté následoval pokles hodnot SF na hodnoty významně nižší oproti ponoření obličeje do vody o teplotě 33°C ve stejném časovém úseku. Jiným vysvětlením zpoždění reakce může být pozdější adekvátní aktivace chladových receptorů v oblasti obličeje (Kinoshita, Nagata, Baba, Kohmoto & Iwagaki, 2006) a prolongované zpracování aferentní informace polysynaptickými centrálními okruhy (Khurana & Wu, 2006).

V této diplomové práci jsme hodnotili kardiovaskulární odpovědi na dvě nejběžněji používané varianty chladového testu obličeje – ponoření obličeje do vody a přiložení chladicích sáčků. Následně jsme tyto varianty porovnali mezi sebou. Jako ukazatele kardiální autonomní

reaktivity jsme vybrali tyto: POWER HF, POWER LF, POWER VLF, LF/HF, VLF/HF, Rel. HF, Rel. LF, Rel. VLF, TOTAL POWER, MSSD, R-R intervaly, STK, DTK a SF. Vzhledem k velikosti experimentální skupiny jsme se rozhodli pro statistické zpracování pomocí Wilcoxonova párového testu. Nulovou hypotézu jsme zamítli, protože při posuzování jednotlivých ukazatelů došlo k významné změně hodnot některých vybraných ukazatelů kardiální autonomní reaktivity.

Heath & Downey (1990) zjistili, že k nejvýraznější odpovědi dochází při aplikaci chladového podnětu o teplotě kolem 0°C. Ale při delší stimulaci docházelo k nepříjemným projevům, jako je bolest hlavy. Signifikantní změny SF a TK zaznamenali také při aplikaci podnětu o teplotě 5°C. Mezi účinkem podnětu o teplotě 0°C a 5°C nebyl signifikantní rozdíl. Proto jsme se rozhodli, s ohledem na délku působení chladu, zvolit teplotu chladicích medií 6°C.

Před začátkem našeho experimentu každý proband vyplnil Dotazník na autonomní funkce podle Opavského (2002), který poskytuje orientační informaci o vyváženosti činnosti ANS. Přestože výsledky nenaznačují nic o etiologii, považovali jsme absolutní nebo velmi výraznou převahu jednoho ze subsystému ANS za důvod pro vyřazení ze studie. Poměr odpovědí A:B byl v naší studii poměrně vyvážený.

Abychom zjistili, jak působí aplikace chladu na obličej, porovnávali jsme hodnoty námi vybraných ukazatelů kardiální autonomní reaktivity mezi intervaly 4 (lehná poloha před CFT) a 5 (CFT). Hodnoty získané z intervalu 4 představovaly quasi-klidový stav probanda ve zvolené poloze. Hodnoty získané z intervalu 5 jsme považovali za projev reakce na chladový stimul. Registrace parametrů byla zahájena ihned po ponoření obličeje nebo po přiložení chladicích sáčků. Výsledky pak prezentujeme jako průměry jednotlivých intervalů. Tímto se liší předkládaná práce od studie Hayashi et al. (1997), kteří při hodnocení CFT použili data získána v intervalu 30 s až 2 minuty, kdy variabilita sledovaných hodnot dosáhla vyváženého stavu. Reyners et al. (2000) zase porovnávali klidové hodnoty s nejnižšími získanými během CFT. Bez ohledu na délku intervalu nebo metodiku sběru dat potvrzujeme výsledky dřívějších studií, že chladový podnět aplikovaný na obličej významně ovlivňuje kardiální autonomní reaktivitu. Nepodařilo se nám nalézt podobnou práci, která by se zabývala jednotlivými komponentami výkonového spektra HRV.

Při chladovém testu obličeje s ponořením došlo k významnému nárůstu hodnot ukazatelů Power HF, Total power a MSSD ($p < 0,05$), z čehož usuzujeme na aktivaci parasympatického oddílu ANS. Neregistrovali jsme však signifikantní změnu ukazatele délky R-R intervalů.

Proto nemůžeme potvrdit bradykardii způsobenou působením chladu na obličej. To odpovídá studii Kinoshita et al. (2006), která rovněž prokázala signifikantní nárůst hodnoty Power HF při CFT s ponořením do vody o teplotě 4°C při spontánní dechové frekvenci. Působení chladu bylo však po kratší dobu – 30 s. Při tomto testu rovněž nedošlo k signifikantnímu nárůstu ukazatele R-R intervalů. Významný nárůst tohoto ukazatele pozorovali při totožném pokusu se současnou apnoe. Také Hayashi et al. (1997) nepozorovali signifikantní změny hodnot R-R intervalů při ponoření obličeje do vody o teplotě 8 – 10°C a dechové frekvenci 5, 10 a 15 dechů za minutu. Statisticky významné změny zaznamenali u směrodatné odchylky a koeficientu variace R-R intervalů, z čehož usuzovali na zvýšení vagové aktivity.

Sledování systolického a diastolického TK odhalilo signifikantní nárůst těchto hodnot při CFT s ponořením. Tento trend potvrzují např. Stemper, Hilz, Rauhut & Neundörfer (2002) i Hayashi et al. (1997). Naopak Kinoshita et al. (2006) nepozorovali významný nárůst hodnot systolického a diastolického TK, kdy registrovali pouze 30 s, protože zpoždění odezvy TK po chladovém podnětu je podle Khurana & Wu (2006) $13,8 \pm 16,6$ s s vrcholem po $38,7 \pm 22,7$ s. Proto nemusely být tlakové změny v práci Kinoshita et al. (2006) registrovány.

Při variantě CFT s přiložením chladicích sáčků jsme pozorovali signifikantní pokles hodnot MSSD v intervalu 6, který je následující po CFT oproti intervalu 4 před CFT. Dále jsme nezaznamenali významnou změnu hodnot R-R intervalů ani srdeční frekvence. Tímto zjištěním jsme nepotvrdili výsledky studie Heath & Downey (1990), kteří pozorovali významnou změnu SF při aplikaci chladicích sáčků na obličej o teplotách 0, 5, 10 a 15°C a spontánním dýchání. Na rozdíl od jiných studií ale aplikovali CFT při zvýšené okolní teplotě (nad 29°C). Při okolní teplotě v rozmezí 20 – 23°C nezaznamenali Edwards, Roy & Prasad (2008) při aplikaci chladicích sáčků o teplotě 0°C významné změny SF při spontánním dýchání. Významné zvýšení hodnot systolického a diastolického TK jsme pozorovali obdobně, jak popisují Jay, Christensen & White (2006) a Stemper, Hilz, Rauhut & Neundörfer (2002).

Při vzájemném porovnání obou variant jsme neobjevili signifikantní rozdíly mezi hodnotami jednotlivých ukazatelů charakterizující zvýšení aktivity parasympatiku. Nesignifikantně vyšší hodnoty TK pozorujeme u CFT s ponořením. Tyto vyšší hodnoty systolického a diastolického TK mohou být způsobeny intenzivnějším vnímáním chladového stimulu při variantě s ponořením obličeje. To vyplývá i ze subjektivního hodnocení, které probandi vyplnili po skončení každého z testů. Při variantě s ponořením ohodnotili tento pokus průměrným číslem

5, zatímco variantu s přiložením chladicích sáčků průměrným číslem 1,4 na vizuální analogové škále, kdy 10 znamenalo maximálně nepříjemné. Toto hodnocení odpovídá i porovnání změn teploty kůže. Při variantě s ponořením obličeje došlo k signifikantnímu snížení teploty na os frontale o 11°C a os zygomaticum o 12°C. Při variantě s přiložením chladicích sáčků na obličej došlo rovněž k signifikantnímu snížení teploty, ale rozdíl byl menší oproti CFT s ponořením. Na os frontale činila změna 5°C a na os zygomaticum 7°C. Argacha et al. (2008) ve své studii použili proudění vzduchu o teplotě 4°C proti obličejí. Při tomto proudění došlo k poklesu teploty kůže na obličejí o 11°C. Tento pokles teploty způsobil významné zvýšení systolického a diastolického TK. K signifikantnímu zvýšení R-R intervalu došlo pouze při apnoe po výdechu za hypoxických podmínek (5 min. ventilace 10% O₂, 90% N₂) a proudění chladného vzduchu na obličej. Dalším možným vysvětlením rozdílu teploty kůže po CFT je plocha obličeje, která byla vystavena působení chladu. Heath & Downey (1990) prokázali, že při působení chladu na celý obličej dochází k signifikantně větší redukci SF oproti působení chladu jen na čelo nebo jen na polovinu tváře. Fagius & Sundlöf (1985) zase prokázali méně výraznou odpověď při působení chladu jen na spodní polovinu obličeje oproti působení na celý obličej. Domníváme se, že ačkoli jsme se snažili o přibližně stejnou oblast obličeje vystavenou působení chladu, byla při ponoření obličeje plocha, na kterou voda působila, větší, než plocha obličeje, kterou pokrývaly chladicí sáčky. Fyzikální rozdíly ve vlastnostech vody a gelu mohly hrát také významnou roli na intenzitu chladového podnětu. To ale nebylo předmětem zkoumání a přesahuje rozsah této práce. Podobně je třeba brát v potaz skutečnost, že při délce působení chladu a převážně statickém kontaktu mezi obličejem a chladicím médiem, dochází k rozšíření obalové vrstvy a snížení intenzity percepce chladu.

Ze subjektivního hodnocení, které každý proband vyplnil po absolvování druhého pokusu, vyplývá, že je příjemnější varianta s přiložením chladicích sáčků, a že nečiní problém dýchání přes dechovou trubici. Většina probandů však shledává řízenou dechovou frekvenci za příliš rychlou, která neodpovídá frekvenci volního dýchání.

Provedení tohoto experimentu se liší od jiných prací především délkou vystavení subjektu chladovému stimulu. Delší interval nám umožnil zachytit jednotlivé komponenty výkonového spektra a kontinuálně registrovat vybrané ukazatele kardiální autonomní reaktivity pomocí metody SA HRV a z těch pak usuzovat na zvýšení aktivity vagu. Kontinuální záznam hodnot systolického, diastolického TK a SF pomocí přístroje Finometer nám umožnil posoudit projevy aktivity sympatiku. Spojení těchto dvou metod představuje nástroj pro registraci

celkové kardiovaskulární reaktivity při působení chladu na obličej. Z výsledků vyplývá, že chladový test s ponořením obličeje ovlivňuje výrazněji kardiovaskulární autonomní reaktivitu než varianta s přiložením chladicích sáčků. Při CFT s ponořením jsme zaznamenali signifikantní zvýšení aktivity vagu i sympatiku. Varianta CFT s přiložením chladicích sáčků nezpůsobila významný nárůst aktivity vagu, ale způsobila zvýšení aktivity sympatiku. Žádná, z námi provedených variant CFT, nevedla ke snížení hodnot SF, což se shoduje s výsledky studií Kinoshita et al. (2006) a Hayashi et al. (1997).

8 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo ověřit, zda působení chladu na obličej člověka mění kardiovaskulární autonomní reaktivitu. K tomuto účelu jsme provedli dvě varianty chladového testu obličeje. Pro hodnocení jsme sledovali tyto vybrané ukazatele kardiální autonomní reaktivity: POWER HF, POWER LF, POWER VLF, LF/HF, VLF/HF, Rel. HF, Rel. LF, Rel. VLF, TOTAL POWER, MSSD, R-R INTERVALY, hodnoty SF, hodnoty systolického a diastolického TK. Data jsme získali pomocí SA HRV a kontinuálního záznamu systolického, diastolického TK a SF. Získaná data jsme porovnávali mezi intervalem 4 (leh na břiše před CFT), intervalem 5 (CFT) a intervalem 6 (leh na břiše po CFT). Dílčím cílem bylo obě tyto varianty porovnat mezi sebou.

Z výsledků vyplývá, že chladový test obličeje s ponořením významně zvyšuje hodnoty těchto ukazatelů kardiální autonomní reaktivity: POWER HF, TOTAL POWER, MSSD, z čehož usuzujeme na zvýšenou aktivitu vagu. Dále došlo ke zvýšení hodnot systolického a diastolického TK, které odpovídá zvýšení aktivity sympatiku.

Chladový test obličeje s přiložením chladicích sáčků významně zvyšuje hodnoty těchto ukazatelů kardiální autonomní reaktivity: systolický a diastolický TK. Z tohoto usuzujeme, že došlo ke zvýšení aktivity sympatiku.

U chladového testu obličeje s ponořením dochází k významnému zvýšení hodnoty POWER VLF oproti variantě s přiložením chladicích sáčků.

Hodnoty R-R intervalů jsou nesignifikantně vyšší při variantě s ponořením obličeje.

Celkově můžeme říct, že CFT s ponořením zvyšuje aktivitu sympatické i parasympatické části ANS, zatímco CFT s přiložením chladicích sáčků zvyšuje aktivitu pouze sympatiku.

9 SOUHRN

Hlavním cílem této práce bylo posoudit vliv dvou variant chladového testu obličeje (CFT) na kardiální autonomní reaktivitu pomocí metody spektrální analýzy variability srdeční frekvence (SA HRV) přístrojem DiANS PF8 a pomocí metody kontinuálního neinvazivního sledování systolického, diastolického tlaku krve (TK) a srdeční frekvence pomocí přístroje Finometer.

Teoretická část shrnuje poznatky týkající se anatomie a fyziologie autonomního nervového systému, variability srdeční frekvence a jejího hodnocení, se zaměřením především na SA HRV. Dále pak podává informace o tzv. diving reflexu a problematice chladového testu obličeje.

Experimentu se zúčastnilo 11 zdravých mužů ve věku 24,02 let (SD 1,6). Probandi podstoupili dvě měření v náhodném pořadí a každé v jiný den. Výzkum probíhal v dopoledních hodinách v laboratoři Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Na úvod každého měření byl zařazen standardizovaný test Leh – Stoj – Leh pro zachycení autonomní reaktivity (interval 1 – 3). Při prvním měření jsme provedli CFT s ponořením do vody o teplotě 6°C. Při druhém měření jsme provedli CFT s přiložením chladicích gelových sáčků, rovněž o teplotě 6°C. Probandi po dobu CFT dýchali přes dýchací trubici o objemu 44 ml. Během celého měření běžela nahrávka upravující dechovou frekvenci na 12 dechů za minutu. Získaná data jsme porovnávali mezi intervalem 4 (leh na břiše před CFT) a intervalem 5 (CFT).

Při CFT s ponořením došlo k signifikantnímu nárůstu hodnot ukazatelů POWER HF, TOTAL POWER a MSSD, z čehož usuzujeme na zvýšení aktivity vagu. Dále došlo k významnému zvýšení hodnot systolického a diastolického TK způsobené zvýšenou aktivací sympatiku.

Při CFT s přiložením chladicích sáčků došlo k signifikantnímu nárůstu hodnot systolického a diastolického TK, z čehož usuzujeme na zvýšenou aktivaci sympatiku.

Při vzájemném porovnání obou variant nacházíme signifikantně vyšší hodnoty ukazatele POWER VLF při CFT s ponořením.

Žádná z variant neměla signifikantní vliv na srdeční frekvenci při hodnocení R-R intervalů.

10 SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the effects of two variants of the Cold Face Test (CFT) on the cardiac autonomic reactivity. We used the method of spectral analysis of heart rate variability (SA HRV) with the DiANS PF8 apparatus, and also the method of continuous non-invasive systolic and diastolic blood pressure (BP) and heart rate with the Finometer apparatus.

The theoretical part summarizes findings concerning the anatomy and physiology of the autonomic nervous system and also the variability of heart rate and its assessment that focused mainly on SA HRV. It also gives information about the so-called diving reflex and about the CFT issues.

In the study participated 11 healthy men of the age 24,02 years (SD 1,6). The probands underwent two measurements in random order and every measuring was carried out in a different day. The experiment took part during the morning in the laboratory of the Faculty of Physical Culture, Palacký University Olomouc.

Each measuring started with the standardized Supine – Stand – Supine test to capture autonomic reactivity (intervals 1-3). During the first measuring we carried out the CFT by immersion in water of the temperature of 6°C. In the second measuring, we placed cold gel packs, of the same temperature of 6°C on the face. During the CFT the probands breathed using a snorkel. The volume inside the snorkel was 44 ml. A recording that alternated a breath rate to 12 breaths per minute was running throughout the whole test. The obtained data was compared between the interval 4 (supine before CFT) and interval 5 (CFT).

During the CFT consisting in immersion, the values of POWER HF, TOTAL POWER and MSSD indicators increased significantly which concludes the increase in the vagus nerve activity. Furthermore, the values of systolic and diastolic BP caused by the enhanced sympathetic activity, also increased.

During the CFT with cold packs the values of systolic and diastolic BP also significantly increased which suggests the enhanced sympathetic activity.

When we compare both variations, we can notice much bigger values of POWER VLF indicator during the CFT with immersion.

Neither of the methods had major effect on the heart rate during the assessment of the R-R intervals.

11 REFERENČNÍ SEZNAM

- Agelink, M., W., Malessa, R., Baumann, B., Majewski, T., Akila, F., Zeit, T., & Ziegler, D. (2001). Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender and heart rate. *Clinical autonomic research*, 11, 99–108.
- Ambler, Z. (2006). *Základy neurologie*. Praha: Galén.
- Andersson, J., P., A., Biasoletto-Tjellström, G., & Schagatay, E., K., A. (2007). Pulmonary gas exchange is reduced by the cardiovascular diving response in resting humans. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 160, 320–324.
- Andersson, J., P., A., Liner, M., H., Fredsted, A., & Schagatay, E., K., A. (2004). Cardiovascular and respiratory responses to apneas with and without face immersion in exercising humans. *J Appl Physiol*, 96, 1005–1010.
- Andersson, J., P., A., Liner, M., H., Runow, E., & Schagatay, E., K., A. (2002). Diving response and arterial oxygen saturation during apnea and exercise in breath-hold divers. *J Appl Physiol*, 93, 882–886.
- Andersson, J., P., A., Schagatay, E. K., A., Gislen, A., & Holm, B. (2000). Cardiovascular responses to cold-water immersions of the forearm and face, and their relationship to apnoea. *Eur J Appl Physiol*, 83, 566–572.
- Appelhans, B., M., & Luecken, L., J. (2006). Heart Rate Variability as an Index of Regulated Emotional Responding. *Review of General Psychology*, 10(3), 229–240.
- Argacha, J., F., Xhaët, O., Gujic, M., De Boeck, G., Dreyfuss, C., Lamotte, M., Adamopoulos, D., & van de Borne, P. (2008). Facial cooling and peripheral chemoreflex mechanisms in humans. *Acta Physiol*, 194, 161–170.
- Bai, X., Li, J., Zhou, L., & Li, X. (2009). Influence of the menstrual cycle on nonlinear properties of heart rate variability in young women. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 297(2), 765–774.
- Barantke, M., Krauss, T., Ortak, J., Lieb, W., Reppel, M., Burgdorf, C., Pramstaller, P., P., Schunkert, H., & Bonnemeier, H. (2008). Effects of gender and aging on differential

autonomic responses to orthostatic maneuvers. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 19(12), 1296–1303.

Barrett, K. E., Barman, S. M., Boitano, S., & Brooks, H. L. (2010). *Ganong's review of medical physiology* (23rd ed.). Boston, Mass.: McGraw-Hill Medical.

Botek, M., Stejskal, P., Jakubec, A., & Kalina, M. (2004). Kvantifikace aktivity autonomního nervového systému v zotavení s možností monitorování procesu superkompenzace metodou spektrální analýzy variability srdeční frekvence. In J. Salinger (Eds.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 10–17). Olomouc: Univerzita Palackého.

Botek, M., Stejskal, P., Jakubec, A., Řehová, I., Cipryan, L., Cipryanová, H., & Bartáková, O. (2007). Posouzení rozdílů mezi výsledky ranních a odpoledních vyšetření aktivity autonomního nervového systému metodou spektrální analýzy variability srdeční frekvence. *Česká kinantropologie*. 4, 56–63.

Botek, M., Stejskal, P., Krejci, J., Jakubec, A., & Gaba, A. (2010). Vagal threshold determination. Effect of age and gender. *International journal of sports medicine*, 31(11), 768–772.

Cagirci, G., Cay, S., Karakurt, O., Eryasar, N., Kaya, V., Canga, A., Yesilay, A.B., Kilic, H., Topaloglu, S., Aras, D., Demir, A.D., & Akdemir, R. (2009). Influence of heavy cigarette smoking on heart rate variability and heart rate turbulence parameters. *Annals of noninvasive electrocardiology: the official journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc.*, 14(4), 327–332.

Campbell, L., B., Gooden, B., A., & Horowitz J., D. (1969). Cardiovascular responses to partial and total immersion in man. *J. Physiol.*, 202, 239–250.

Caspers, S., Cleveland, S., & Schipke, J., D., (2011). Diving reflex: can the time course of heart rate reduction be quantified?. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21, 18–31.

Cowan, M. J. (1995). Measurement of heart rate variability. *Western Journal of Nursing Research*, 17(1), 32–48.

Čalkovská, A., & Javorka K. (2008). Nervová regulácia činnosti srdca a variabilita frekvencie srdca. In K. Javorka (Ed.), *Variabilita frekvencie srdca* (pp.16–19). Martin: Oveta.

Čihák, R. (2000). *Anatomie 3* (2nd ed.). Praha: Grada Publishing.

Davis, R., W., Polasek, L., Watson, R., Fuson, A., Williams, T., M., & Kanatous, S., B. (2004). The diving paradox: new insights into the role of the dive response in air-breathing vertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 138, 263–268.

Driscoll, D., & Diccio, G. (2000). The effects of metronome breathing on the variability of autonomic activity measurements. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 23(9), 610–614.

Eckberg, D. L. (2000). Physiological basis for human autonomic rhythms. *Annals of Medicine*, 32(5), 341–349.

Edwards, D., G., Roy, M., S., & Prasad, R., Y. (2008). Wave reflection augments central systolic and pulse pressures during facial cooling. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 294, 2535–2539.

Ezatti, M., Lopez, A.D., Rodgers, A., & Murray, Ch.L. (2003). *Comparative quantification of health risks*. Ženeva: World health organization

Fagius, J., & Sundlöf, G. (1985). The diving response in man: effect on sympathetic activity in muscle and skin nerve fascicles. *J. Physiol* 377, 429–443.

Fráňa, P., Souček, M., Řiháček, I., Bartošíková, L., & Fráňová, J. (2005). Hodnocení variability srdeční frekvence, její klinický význam a možnosti ovlivnění. *Farmakoterapie*, 4, 375–377.

Foster, G., E., & Sheel, A., W. (2005). The human diving response, its function, and its control. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 15, 3–12.

Ganong, W. (2005). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén.

Gooden, B., A. (1994). Mechanism of the human diving response. *Integr Physiol Behav Sci*, 29, 6–16.

Guilleminault, Ch., Poyares, D., Rosa, A., & Huang, Y. – S. (2005). Heart rate variability, sympathetic and vagal balance and EEG arousals in upper airway resistance and mild obstructive sleep apnea syndromes. *Sleep Medicine*, 6, 451–457.

Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Textbook of medical physiology* (11th ed.). Philadelphia, Pa.: Elsevier Saunders.

- Heath, M., E., & Downey, J., A. (1990). The cold face test (diving reflex) in clinical autonomic assessment: methodological considerations and repeatability of responses. *Clin Sci* 78, 139–147.
- Hayano, J. et al. (1991). Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. *The American Journal of Cardiology*, 67(2), 199–204.
- Hayashi, N., Ishihara, M., Tanaka, A., Osumi, T., & Yoshida, T. (1997). Face immersion increases vagal activity as assessed by heart rate variability. *Eur J Appl Physiol*, 76, 394–399.
- Homolka, P., Kollár, P., Pinková, L., Řiháček, I., Schwarz, D., & Siegelová, J. (2010). *Monitorování krevního tlaku v klinické praxi a biologické rytmy*. Praha: Grada Publishing.
- Honzíková, N. (2004). Citlivost baroreflexu u dospívající mládeže. In J. Salinger (Eds.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínkách oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 23–26). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Hosová, J., Jirkovská, A., & Bouček, P. (2001). Diabetická autonomní neuropatie – klinický význam, diagnostika a léčba. *Interní medicína pro praxi*, 6, 263–266.
- Irmiš, F. (2007). *Temperament a autonomní nervový systém*. Praha: Galén.
- Irving, L., Scholander, P.,F., & Grinnell, S.,W. (1941). The regulation of arterial blood pressure in the seal during diving. *Am J Physiol*, 135, 557–566.
- Jakubec, A., Stejskal, P., Botek, M., Salinger, J., Řehová, I., Žujová & Pavlík., F. (2004). Spektrální analýza variability srdeční frekvence v průběhu dynamické práce v setrvalém stavu. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 13(3), 121–129.
- Jandová, D. (2009). *Balneologie*. Praha: Grada Publishing.
- Javorka, K., et al. (2008). *Variabilita frekvencie srdca*. Martin: Osveta.
- Javorka, K., & Javorka, M. (2008). Hodnotenie variability frekvencie srdca časovou a frekvenčnou analýzou. In K. Javorka (Ed.), *Variabilita frekvencie srdca* (pp. 47–51). Martin: Osveta.
- Jay, O., Christensen, J., P., H., & White, M., D. (2006). Human face-only immersion in cold water reduces maximal apnoeic times and stimulates ventilation. *Exp Physiol*, 92, 197–206.
- Jíra, M. (2009). Citlivost baroreflexu a její genetická podmíněnost. *Čs. fyziologie*, 58(1), 15–22.

Kantor, L. (2003). Co víme o autonomním nervovém systému novorozence? *Pediatric pro praxi*, 5, 264–266.

Kantor, L., & Javorka, K. (2004). Jakou variabilitu srdeční frekvence mají zdraví novorozenci?. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 30–34). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Kemp, A., H., Quintana, D., S., Felmingham, K., L., Matthews, S., & Jelinek, H., F. (2012). Depression, Comorbid Anxiety Disorders, and Heart Rate Variability in Physically Healthy, Unmedicated Patients: Implications for Cardiovascular Risk. *Autonomic Nervous System Function in Depression*, 7(2), 1–8.

Khan, M., A., Hussain, M., M., & Bin Aleem, S. (2010). Heart rate variability in healthy population. *Pak J Physiol*;6, 40–42.

Khurana, R., K., & Wu, R. (2006). The cold face test: A non-baroreflex mediated test of cardiac vagal function. *Clin Auton Res*, 16, 202–207.

Khurana, R., K., Watabiki, S., Hebel, J. R., Toro, R., & Nelson, E. (1980). Cold face test in the assessment of trigeminal-brainstem-vagal function in humans. *Ann Neurol*, 7, 144–149.

Kinoshita, T., Nagata, Sh., Baba, R., Kohmoto, T., & Iwagaki, S. (2006). Cold-water face immersion *per se* elicits cardiac parasympathetic activity. *Circ J*, 70, 773–776

Kleiger, R. E., Stein, P. K., Bosner, M. S., Rottman, J. N. Time-domain measurements of heart rate variability. (1995). In M. Malik & A. J. Camm (Eds.), *Heart Rate Variability* (pp. 33–46). Rutura: Armonk.

Kolisko, P., Jandová, D., & Salinger, J. (2004). Vybrané autoregulační techniky a jejich vliv na aktuální funkční změny autonomního nervového systému (ANS). In J. Salinger (Eds.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 35–47). Olomouc: Univerzita Palackého.

Kolisko, P., Salinger, J., Opavský, J., Stejskal, P., Jandová, D., Slováček, K., & Ježek. (2001). Vliv řízeného a spontánního dýchání na změny funkčního stavu autonomního nervového systému (ANS). In H. Válková & Z. Hanelová (Eds.), *Movement and health* (pp. 269–476), Olomouc: Univerzita Palackého.

Králíček, P. (2004). *Úvod do speciální neurofyzologie*. Praha: Karolinum.

Manhas, M., Gupta, V., & Kalsotra, L. (2011). A Study of Cardiovascular and Pulmonary Responses During Cold Pressor Test (CPT) In Healthy Volunteers. *JK Science (Vol. 13, No. 3)*. 145–149.

McCorry, L. K. (2007). Physiology of the autonomic nervous system. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 71(4), 1–11.

Mejía-Rodríguez, A., R., Gaitán-González, M., J., Carrasco-Sosa, S., & Guillén-Mandujano, A. (2009). Time Varying Heart Rate Variability Analysis of Active Orthostatic and Cold Face Tests Applied Both Independently and Simultaneously. *Computers in Cardiology*, 36, 361–364.

Migliaro, E. R., Contreras, P., Bech, S., Etxagibel, A., Castro, M., Ricca, R., & Vicente, K. (2001). Relative influence of age, resting heart rate and sedentary life style in short-term analysis of heart rate variability. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 34, 493–500.

Mylonopoulou, M., Tentolouris, N., Antonopoulos, S., Mikros, S., Katsaros, K., Melidonis, A., Sevastos, N., & Katsilambros, N. (2010). Heart rate variability in advanced chronic kidney disease with or without diabetes: midterm effects of the initiation of chronic haemodialysis therapy. *Nephrol Dial Transplant*, 25, 3749–3754.

Nevšimalová, S., Růžicka, E., & Tichý, J. (2002). *Neurologie*. Praha: Galén.

Němcová, H. (2007). Měření krevního tlaku. *Medicina pro praxi*. 1, 7–12.

Opavský, J. (2002). Autonomní nervový systém a diabetická autonomní neuropatie. Praha: Galén.

Opavský, J. (2004). Metody vyšetřování autonomního nervového systému a spektrální analýza variability srdeční frekvence v klinické praxi. IV. odborný seminář s mezinárodní účastí. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 81–85). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Opavský, J., Bajarová, K., Gadasová, M., Barnášová, A., Kolisko, P., Salinger, J., & Opavská, H. (1999). Vliv dýchání a pravidelných cvičení na autonomní nervový systém. In H. Válková & Z. Hanelová (Eds.), *Movement and health* (pp. 419–423), Olomouc: Univerzita Palackého.

Ošťádal, B. (2005). Dynamika krevního a lymfatického oběhu. In W. Ganong (Ed.), *Přehled lékařské fyziologie* (pp. 579–594). Praha: Galén.

Parati, G., Saul, J. P., Di Rienzo, M., & Mancia, G. (1995). Spectral Analysis of Blood Pressure and Heart Rate Variability in Evaluating Cardiovascular Regulation. *Hypertension*, 25, 1276–1286.

Philipp, T. (2003). Poruchy regulace krevního tlaku. In U. R. Fölsch, K. Kochsiek & R. F. Schmidt (Eds.), *Patologická fyziologie* (pp. 135–146). Praha: Grada Publishing.

Piskáčková, Z., & Forejt, M. (2011). Závislost mezi délkou spánku a krevním tlakem u dospělé populace. *Profese*, 4(2), 11–16.

Placheta, Z., Siegelová, J., Svačinová, H., Štejfá, M., Jančík, J., Homolka, P., & Dobšák, P. (2001). Zátěžové vyšetření a pohybová léčba ve vnitřním lékařství (1th ed.). Brno: Masarykova univerzita.

Poddighe, S., Berillo, N., Setzu, M. D., Chillotti, C., & Angioy, M. (2010). Impairment of the bradycardia response to apnoea and simulated diving in smokers. *Annals of Biological Research*, 1 (4), 201–209

Pretorius, T., Gagnon, D. D., & Giesbrecht, G. G. (2010). Core cooling and thermal responses during whole-head, facial, and dorsal immersion in 17 °C water. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 35, 627–634.

Reyners, A. K. L., Tio, R. A., Vlutters, F. G., van der Woude, G. F., Reitsma, W. D., & Smit, A. J. (2000). Re-evaluation of the cold face test in humans. *Eur J Appl Physiol*, 82, 487–492.

Royster, E. B., Trimble, L. M., Cotsonis, G., Schmotzer, B., Manatunga, A., Rushing, N. N., Pagnoni, G., & Auyeung, F. (2012). Changes in Heart Rate Variability of Depressed Patients after Electroconvulsive Therapy. *Cardiovascular Psychiatry and Neurology*, 2012, 1–8.

Salinger, J., Štěpaník, P., Krejčí, J., & Stejskal, P. (2006). Non-invasive investigation of the function of the autonomic nervous system with the use of the VarCor PF7 System. In Z. Borysiuk (Ed.), *5th International Conference Movement and Health – Proceedings*. Opole: Opole University of Technology.

Schagatay E., & Holm B. (1996). Effects of water and ambient air temperatures on human diving bradycardia. *Eur J Appl Physiol* 1996, 73, 1–6.

- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (1993). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada Avicenum.
- Sloan, R. P., Huang, M.H., McCreath, H., Sidney, S., Liu, K., Dale Williams, O., & Seeman, T. (2008). Cardiac autonomic control and the effects of age, race, and sex: the CARDIA study. *Autonomic neuroscience: basic & clinical*, 139(1–2), 78–85.
- Stauss, H., M. (2003). Heart rate variability. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 285, 927–931.
- Stejskal, P. (2008). Využití hodnocení variability srdeční frekvence ve sportovní medicíně. In K. Javorka (Ed.), *Variabilita frekvence srdce* (pp. 168–195). Martin: Oveta.
- Stejskal, P. (2003). Využití nové metodiky hodnocení SAHRV pomocí komplexních indexů v klinické a sportovní praxi. IV. odborný seminář s mezinárodní účastí. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech – od teorie ke klinické praxi* (pp. 105–116).
- Stejskal, P., & Salinger, J. (1996). Spektrální analýza variability srdeční frekvence – základy metodiky a literární přehled o jejím klinickém využití. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 5(2), 33–42.
- Stemper, B., Hilz, M., J., Rauhut, U., Neundörfer, B. (2002). Evaluation of cold face test bradycardia by means of spectral analysis. *Clin Auton Res*, 12, 78–83.
- Sztajzel, J. (2004). Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Medical Weekly*, 134, 514–522.
- Šiška, E., & Opavský, J. (2005). The influence of administration of the stroop colour-word test on autonomous modulation of heart activity in subjects with different personality traits. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas philosophica, psychologica*, 34, 23–34.
- Šlachta, R., & Kocmánková, P. (2003). Impact of mental tension on heart rate frequency and heart rate variability during ropes courses. In H. Válková & Z. Hanelová (Eds.), *Pohyb a zdraví* (pp. 258–264). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Šlachta R., Stejskal, P., Elfmark, M., & Salinger, J. (2001). In *Sborník z 2. Mezinárodní konference – Pohyb a zdraví 2001* (pp. 502–505). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Špinar, J., & Vítovec, J. (2009). Tepová frekvence a kardiovaskulární onemocnění. *Interní medicína pro praxi*, 11(7–8), 315–318.

Špinar, J., Vítovec, J., a kol. (2007). *Jak dobře žít s nemocným srdcem*. Praha: Grada.

Štěpaník, P., Salinger, J., Novotný, J., Stejskal, P., & Krejčí, J. (2005). Diagnostic system, type VarCor PF7, for non invasive assessment of the function of the autonomic nervous system. [CD-ROM]. In F. Vaverka (Ed.), *Movement and Health – 4th International Conference – Proceedings*. Olomouc: Univerzita Palackého.

Tillinger, A., & Mravec, B. (2006). Autonómny nervový systém srdca – funkčný význam intrakardiálnych neurónov. *Československá fyziologie*, 2(55), 76–82.

Tonhajzerová, I., & Javorka, K. (2000). Hodnotenie variability frekvencie srdca a jeho prínos. *Československá fyziologie*, 49(2), 51–60.

Tonhajzerová, I., Ondrejka, I., Javorka, M., Chromá, O., Trunkvalterova, Z., Adamík, P., Javorka, K., Javorková, J., & Lazarová, Z. (2007). *Chronotropná regulácia činnosti srdca a jej zmeny při vybraných ochoreniach v pedopsychiatrii. Psychiatriapsychoterapia – psychosomatika*, 14(2–3), 89–95.

Tonhajzerová, I., Ondrejka, I., Turianikova, Z., Javorka, K., Calkovska, A., & Javorka, M. (2012). Heart Rate Variability: An Index of the Brain – Heart Interaction. In Y. Takumi (Ed.), *Tachycardia* (pp. 185–202). InTech.

Trojan et al. (2003). *Lékařská fyziologie* (4th ed.). Praha: Grada Publishing.

Trouerbach, J., Duprez, D., De Buyzere, M., De Sutter, J., & Clement, D. (1994). Cardiovascular responses elicited by different simulated diving manoeuvres. *Eur J Appl Physiol*, 68, 341–344.

Van de Louw, A., Médigue, C., Papelier, Y., & Cottin, F. (2008). Breathing cardiovascular variability and baroreflex in mechanically ventilated patients. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 295(6), 1934–1940.

Vandewalle, G., Middleton, B., Rajaratnam, S. M. W., Stone, B. M., Thorleifsdottir, B., Arendt, J., & Dirk, D.-J. (2007). Robust circadian rhythm in heart rate and its variability: influence of exogenous melatonin and fotoperiod. *European Sleep Research Society*, 16, 148–155.

Veselský, Z. (2001). Úloha blokátoru alfa-adrenergických receptorů v léčbě onemocnění prostaty. *Zdravotnické noviny (příl. Lékařské listy)*, 50(22), 16–18.

Vlčková, E., Bednařík, J., Buršová, Š., Šajgalíková, K., & Mlčáková, L. (2010). Spektrální analýza variability srdeční frekvence. *Československá neurologie*. 73/106(1), 68–72.

Wesseling K.,H. (1995). A century of noninvasive arterial pressure measurement: from Marey to Peñáz and Finapres. *Homeostasis*, 36,50–66.

Wesseling K.,H., de Wit B., van der Hoeven G.,M.,A.,van Goudoever J., & Settels J.,J. (1995). Physiological, calibrating finger vascular physiology for Finapres. *Homeostasis*; 36, 67–82.

Yang, A., C., Hong, Ch. – J., & Tsai, S. – J. (2010). Heart Rate Variability in Psychiatric Disorders. *Taiwanese Journal of Psychiatry*, 24, 99–109.

12 PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Příloha 1	Protokol o měření
Příloha 2	Informovaný souhlas
Příloha 3	Hodnocení měření
Příloha 4	Vyjádření etické komise
Příloha 5	Dotazník na autonomní funkce
Příloha 6	Hodnoty TK vsedě před měřením
Příloha 7	Výsledky ortoklinostatické zkoušky
Příloha 8	Porovnání intervalů ortoklinostatické zkoušky
Příloha 9	Výsledky studie Reyners et al. (2000)
Příloha 10	Fotodokumentace

Příloha 1 Protokol o měření

Protokol o měření

Jméno: Příjmení:
Věk: Pohlaví:
Výška: Hmotnost:
Číslo účastníka studie: Kuřák (kdy poslední cigareta?):
Zkušenost s dýcháním přes šnorchl: Užívání medikace (jaké):
Seznámení s doporučeními před měřením: ANO / NE
Sportovní aktivity (druh, frekvence a intenzita):

VODA

Datum měření: Teplota v místnosti:
Doba spánku: TK vsedě:

Teplota kůže - před:	čelo:	Teplota média –před:
	zyg.:	po:
po:	čelo:	
	zyg.:	
po 10 minutách:	čelo:	
	zyg.:	

●	●	●	●
Výborně	Maximálně špatně	Nevadí mi	Maximálně nepříjemné
Jak se dnes cítíte?		Jaké pro Vás bylo chlazení obličeje?	

CRYO

Datum měření: Teplota v místnosti:
Doba spánku: TK vsedě:

Teplota kůže - před:	čelo:	Teplota média –před:
	zyg.:	po:
po:	čelo:	
	zyg.:	
po 10 minutách:	čelo:	
	zyg.:	

●	●	●	●
Výborně	Maximálně špatně	Nevadí mi	Maximálně nepříjemné
Jak se dnes cítíte?		Jaké pro Vás bylo chlazení obličeje?	

Příloha 2 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název studie (projektu): Dvě varianty chladového testu obličeje jako modelové situace pro hodnocení kardiovaskulární autonomní reaktivity

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl jsem podrobně informován o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, беру на вѣдомі pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Datum:

Datum:

Podpis účastníka:

Podpis fyzioterapeuta pověřeného touto studií:

Příloha 3 Hodnocení měření

Hodnocení měření

Vnímal jste měření jako zátěž?

Která varianta byla pro Vás příjemnější?

Bylo pro Vás něco v průběhu měření nepříjemné? Co?

Jak jste vnímal dýchání podle nahrávky o frekvenci 12 dechů/min.?

Případné poznámky a připomínky:

Příloha 4 Vyjádření etické komise



Fakulta tělesné kultury
Univerzity Palackého
tř. Míru 115
OLOMOUC

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph.D.
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 5.4.2012 byl projekt diplomové práce autora
Bc. Tomáše Libosvárského

s názvem **Dvě varianty chladového testu obličeje jako modelové situace pro hodnocení
kardiovaskulární autonomní reaktivity**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 25/2012
dne: 10.4.2012.

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory**
s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro výzkum zahrnující lidské
účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP
PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně

razítko fakulty

Dotazník na autonomní funkce

Jméno:

Příjmení:

Datum:

Číslo účastníka studie:

Podtrhněte u každé otázky tu odpověď, která Vás nejvíce vystihuje:

	A)	B)	C)
1) Ruce mívám obvykle	studené	teplé	normální nebo nevím
2) V ústech mívám	často sucho	hodně slin	nevím
3) Krevní tlak mívám	vyšší	nižší	normální
4) Kůži mám spíše	suchou	zpocenou	
5) Váhově	snadno hubnu	snadno přibírám	beze změn
6) Omdlévám	nikdy nebo velmi zřídka	opakovaně	
7) Mám sklon k	zácpě	průjmu	pravidelná stolice
8) Ruce se mi při rozčilení	často třesou	netřesou	
9) Bušením srdce	občas trpím	nikdy netrpím	
10) Vnitřně	mívám pocity napětí	bývám většinou klidný	
11) Jsem	spíše bledý	červený	nevím
12) Po rozčilení	trpím nechutenstvím	mívám větší chuť k jídlu	
13) Usínám	s obtížemi	snadno	
14) Oči mi slzí	velmi zřídka	dost často	
15) Horko a vyšší teplotu	snáším špatně	snáším dobře	
16) Chlad	snáším dobře	snáším špatně	

Podpis:

Příloha 6 Hodnoty TK vsedě před měřením

Proband číslo	Varianta CFT	STK [mm Hg]	DTK [mm Hg]
1	Voda	133,8947	79,54386
	Chladicí sáčky	130,8033	76,16393
2	Voda	139,1077	80,61538
	Chladicí sáčky	143,3896	75,02597
3	Voda	138,5676	78,40541
	Chladicí sáčky	118,6203	69,08861
4	Voda	116,2857	66,55357
	Chladicí sáčky	130,3594	76,0625
5	Voda	130,8033	76,16393
	Chladicí sáčky	122,039	73,7013
6	Voda	140,7143	85,91209
	Chladicí sáčky	145,8333	81,14286
7	Voda	109,7532	67,28571
	Chladicí sáčky	111,2941	61,58824
8	Voda	122,8194	78,19444
	Chladicí sáčky	129,9643	66,23214
9	Voda	130,1094	76,09375
	Chladicí sáčky	132,1818	68,80303
10	Voda	131,506	74,06024
	Chladicí sáčky	138,5135	77,52703
11	Voda	137,5278	79,61111
	Chladicí sáčky	142,6774	88,48387

Vysvětlivky:

CFT – chladový test obličeje

STK – systolický tlak krve

DTK – diastolický tlak krve

Příloha 7 Výsledky ortoklinostatické zkoušky

Ukazatel		Voda			Chladicí sáčky		
		Interval 1	Interval 2	Interval 3	Interval 1	Interval 2	Interval 3
Power HF [ms ²]	M	3691,18	679,04	3766,86	4837,02	570,37	4936,21
	SD	3967,05	846,69	3482,52	5045,89	579,29	4768,95
Power LF [ms ²]	M	560,49	841	760,62	375,4	534,06	618,72
	SD	451,81	854,77	901,2	384,52	647,2	454,45
Power VLF [ms ²]	M	312,74	162,35	369,88	152,09	134,16	282,41
	SD	286,84	120,3	391,52	185	128,98	412,64
LF/HF	M	0,26	2,55	0,31	0,1	2,02	0,19
	SD	0,24	2,76	0,25	0,08	2,24	0,15
VLF/HF	M	0,13	0,55	0,18	0,06	0,44	0,06
	SD	0,09	0,54	0,16	0,06	0,41	0,05
Rel. HF [%]	M	74,54	37,48	70,62	86,91	41,73	81,57
	SD	14,67	26,49	16,89	8,41	23,87	10,97
Rel. LF [%]	M	16,63	47,72	18,17	7,96	45,44	13,68
	SD	11,44	27,35	12,5	5,45	25,03	8,92
Rel. VLF [%]	M	8,7	14,91	10,86	5,26	12,73	5,11
	SD	5,95	13,71	8,82	4,54	10,56	3,95
Total power [ms ²]	M	4564,41	1682,38	4897,36	5364,51	1238,59	5837,34
	SD	4440,2	1013,28	4132	5249,58	999,49	5402,46
MSSD [ms ²]	M	9286,41	1992,2	11925,72	9797,36	1257,16	13010,64
	SD	11750,13	2956,33	13222,76	12354,55	1742,08	14624,41
R-R intervaly [s]	M	0,99	0,78	1,06	0,95	0,73	1,04
	SD	0,14	0,1	0,15	0,12	0,11	0,1

Vysvětlivky:

SD – směrodatná odchylka

M – aritmetický průměr

Interval 1 – leh na zádech

Interval 2 – stoj

Interval 3 – opakovaný leh na zádech

Příloha 8 Porovnání intervalů ortoklinostatické zkoušky

Ukazatel	Int. 1 & 1 p	Int. 2 & 2 p	Int. 3 & 3 p
Power HF	0,075369	0,929153	0,182315
Power LF	0,040861 *	0,061885	0,858863
Power VLF	0,040861 *	0,328066	0,154861
LF/HF	0,004439 *	0,247747	0,247747
VLF/HF	0,032855 *	0,533695	0,026232 *
Rel. HF	0,012793 *	0,182315	0,075369
Rel. LF	0,004439 *	0,286004	0,213224
Rel. VLF	0,182315	0,373945	0,130666
Total power	0,286004	0,154861	0,286004
MSSD	0,722108	0,182315	0,476907
R-R	0,593712	0,213224	0,722108

Vysvětlivky:

int. 1 – leh na zádech

int. 2 – stoj

int. 3 – opakovaný leh na zádech

p – hladina statistické významnosti (Wilcoxonův párový test)

** – $p \leq 0,05$*

Příloha 9 Výsledky studie Reyners et al. (2000), pp. 489 a 491.

Table 1 The results of the three variations of the test method of the cold face test are shown. *A* The subject was not able to breathe because the bag filled with ice-water covered the whole face, eyes and eyelids also being covered, *B* the same test as described above, but the person was also wearing diving goggles to prevent cooling of, and pressure on, the eyes and eyelids, *C* the subject continued to breathe, because the plastic bag covered the forehead and cheeks, but not the nose and mouth. The subject was wearing diving goggles. The results from the first test (*A1, B1, C1*) and from a repeat (*A2, B2, C2*) are shown. *P* Probability, *BP* blood pressure

Test	No breathing, no goggles				No breathing, with goggles				Breathing, with goggles				Significance, Tests A compared to B	Significance, Tests B compared to C
	Test A1		Test A2		Test B1		Test B2		Test C1		Test C2			
Parameter	Median	Range	Median	Range	Median	Range	Median	Range	Median	Range	Median	Range		
Fall in heart rate (beats · min ⁻¹)	23	11–54	25	2–50	20	10–51	20	9–40	12	4–54	17	12–42	NS	<i>P</i> = 0.05
Fall in heart rate (%)	30.5		32.8	3–54	28.5	11–59	27.2	13–46	15.7	6–55	22.1	15–48	NS	<i>P</i> = 0.08
Increase in systolic BP (mmHg)	20	8–40	23	–9 to 50	20	–8 to 37	23	8–49	20	8–50	26	11–57	NS	NS
Increase in diastolic BP (mmHg)	18	6–29	16.5	3–36	12	6–26	17	5–31	1	4–36	18	10–37	NS	NS
Time to minimal heart rate (s)	22*	3–44	33.5*	6–82	34	7–60	41	13–64	25	11–78	44	5–115	<i>P</i> = 0.05	NS
Duration of test (s)	28*	4–50	41.5*	7–89	37	14–62	48	15–140	58	19–180	120.5	26–242	<i>P</i> = 0.003	<i>P</i> < 0.0001

* Durations of tests *A1* and *A2* and time till the minimal heart rate of tests *A1* and *A2* were significantly different, *P* = 0.01

Parameter	Mass of bag					
	800 g		1100 g		1400 g	
	Median	Range	Median	Range	Median	Range
Fall in HR (beats · min ⁻¹)	25	1–62	31	4–52	29	8–66
Fall in HR (%)	33.3	1–50	39	6–60	40.6	8–56
Systolic BP changes (mmHg)	32	15–61	37	6–70	28.5	7–58
Diastolic BP changes (mmHg)	20	9–43	20	4–38	19.5	6–34
Time till minimal heart rate (s)	26	6–77	23	9–74	25.5	1–77
Duration of the test (s)	32.5	8–81	26	12–84	31	4–81

Příloha 10 Fotodokumentace

