

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

Porovnání somatických a fyziologických parametrů mezi sluchově
handicapovanými a zdravými sportovci

Bakalářská práce

Autor: David Prekop, tělesná výchova a sport
Vedoucí práce: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.
Olomouc 2019

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: David Prekop

Název bakalářské práce: Porovnání somatických a fyziologických parametrů mezi sluchově handicapovanými a zdravými sportovci

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí bakalářské práce: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2019

Abstrakt:

Cílem této práce je porovnat rozdíly u vybraných somatických a fyziologických parametrů mezi sluchově handicapovanými fotbalisty a fotbalisty bez sluchového omezení. Bylo testováno 15 slyšících a 15 neslyšících sportovců ve věku od 20 do 24 let. Sportovci podstoupili měření tělesného složení na přístroji InBody 720. Byla zjištěna jejich výška, hmotnost a procenta tělesného tuku. Dále byly měřeny fyziologické parametry prostřednictvím zátěžového testu na běžícím pásu a pomocí diagnostického přístroje DiANSPF8. Zde byly měřeny maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}), maximální výkon (P_{max}), klidová srdeční frekvence a časový ukazatel variability srdeční frekvence (rMSSD).

Signifikantně rozdílnými parametry mezi danými skupinami jsou procentuální tukové zastoupení, VO_{2max} a P_{max} . U zdravých fotbalistů je průměrné procentuální zastoupení tělesného tuku $9,7 \pm 2,6$ %, u neslyšících je tato hodnota vyšší, a to $13,8 \pm 4,0$ %. Slyšící fotbalisté mají průměrnou maximální spotřebu kyslíku $59,3 \pm 2,8$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, neslyšící $52,5 \pm 6,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹. Průměrná hodnota maximálního výkonu je u slyšících $6,32 \pm 0,25$ W.kg⁻¹ a u neslyšících $5,41 \pm 0,47$ W.kg⁻¹.

Klíčová slova: Sportovní trénink, tělesné složení, maximální spotřeba kyslíku, srdeční frekvence, fotbal, variabilita srdeční frekvence

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname: David Prekop

Title of the bachelor thesis: The comparison of somatic and physiological parameters between hearing impaired and healthy athletes

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract:

The aim of this thesis is to compare differences in selected somatic and physiological parameters between hearing impaired football players and footballers without hearing limitation. 15 hearing and 15 deaf athletes aged between 20 and 24 were tested. Athletes got involved body composition measurement with InBody 720. Their height, weight and body fat percentage were determined. Furthermore, physiological parameters were measured by a treadmill load test and through diagnostic tool DiANSPF8. Maximum oxygen uptake (VO_{2max}), maximum power (P_{max}), resting heart rate and time domain of heart rate variability (rMSSD) were measured here.

Fat percentage, maximum oxygen uptake (VO_{2max}) and maximal power are significantly different parameters between the groups. For healthy footballers the average percentage of body fat is $9,7 \pm 2,6$ %, for deaf people it is $13,8 \pm 4,0$ %. Hearing football players have an average maximal oxygen uptake $59,3 \pm 2,8$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, a deaf have $52,5 \pm 6,2$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. The average maximum power is $6,32 \pm 0,25$ $W \cdot kg^{-1}$ for hearing and $5,41 \pm 0,47$ $W \cdot kg^{-1}$ for hearing impaired.

Keywords: Sport training, body composition, maximal oxygen uptake, heart rate, football, heart rate variability

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně s odbornou pomocí doc. PhDr. Michala Botka, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne 25. dubna 2019

.....

Děkuji doc. PhDr. Michalu Botkovi, Ph.D. za cenné rady a pomoc, které mi poskytl během zpracování bakalářské práce. Dále děkuji RNDr. Jakubu Krejčímu, Ph.D. za statistické zpracování dat.

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Přehled poznatků	10
2.1 Sportovní trénink a jeho determinanty	10
2.1.1. Tréninkové cykly.....	10
2.1.2 Sportovní výkon	11
2.1.3 Zatížení a zatěžování	11
2.1.4 Adaptace	12
2.1.5 Únava, zotavení a superkompenzace	14
2.2 Autonomní nervový systém	16
2.3 Fyziologické parametry	18
2.3.1 Srdeční frekvence (SF)	18
2.3.2 Obnova srdeční frekvence (HRR)	19
2.3.3 Variabilita srdeční frekvence (VSF).....	19
2.3.4 Maximální spotřeba kyslíku	24
2.3.5 Maximální výkon	24
2.4 Somatické parametry	26
2.4.1 Rozměry.....	26
2.4.2 Tělesné složení	26
2.4.3 Typologie tělesné stavby a somatotyp	28
2.5 Sluchové postižení	29
2.5.1 Rovnováha u sluchově handicapovaných	30
2.6 Parametry u fotbalistů – antropometrická a fyziologická charakteristika	31
2.6.1 Maximální aerobní kapacita	32
2.6.2 Tělesné složení	32
3 Cíle.....	34
3.1 Hlavní cíl	34
3.2 Dílčí cíl.....	34
3.3 Hypotézy.....	34
4 Metodika	35
4.1 Charakteristika souboru.....	35
4.2 Metodika sběru dat.....	35
4.2.1 Měření antropometrických parametrů	35
4.2.2 Měření fyziologických parametrů	35

4.3 Statistické zpracování dat	36
5 Výsledky	37
5.1 Vyjádření k hypotézám.....	38
6 Diskuse	39
7 Závěry	41
8 Souhrn	42
9 Summary	43
10 Referenční seznam	44

1 Úvod

V posledních letech bylo zkoumáno téma sportu a zdravotního postižení z několika hledisek, od psychologických přínosů aktivní a sportovní účasti, až po manažerské a organizační aspekty začleňování osob se zdravotním postižením (Irish, Cavallerio, & McDonald, 2018). Ztráta sluchu významně ovlivňuje život člověka a způsobuje komunikační bariéru (Kisvetrová & Ježorská, 2014). Je dobře zdokumentováno, že jedinci, kteří jsou hluchí nebo neslyšící, tvrdí, že mají „zvláštní kulturu“. Neexistují žádné vnější známky toho, že neslyšící osoba má zdravotní potíže, dokud nezačne komunikovat. Pak se způsoby a chování stávají zřejmými a často jsou matoucí pro ty, kteří slyší (Kurková, Válková, & Scheetz, 2011). Vzhledem k tomu, že je sport proslulý svými příznivými účinky na blaho jednotlivců, jsou zde obtíže, s nimiž se neustále potýkají neslyšící lidé při pokusu o účast na aktivitách, které mají rádi, a které mají potenciál k tomu, aby se cítili součástí společnosti (Irish et al., 2018). Neslyšící sportovec je fyzicky zdatný a může soutěžit bez výrazných omezení. Pravidelná fyzická aktivita a sport jsou důležité pro zvýšenou fyzickou zdatnost a výkonnost neslyšících sportovců (Kurková et al., 2011). Po celou soutěžní sezónu je řada sportovců povinna udržovat výjimečné výkony i přes krátkou dobu zotavení a vysokou námahu (Ho, Appleton, Cumming, & Duda, 2015). Během své sportovní kariéry získávají neslyšící sportovci zkušenosti, informace a dále pracují na svém osobním rozvoji. Zdá se, že mezi těmito sportovci existuje velký zájem o zvýšení jejich úrovně atletických schopností, které uplatní v jejich soutěžním sportu (Kurková et al., 2011).

Fotbal je jedním z nejrozšířenějších sportů na světě (Arnason et al., 2004) a výkon v něm závisí na nesčetných faktorech, jako jsou technické, biomechanické, taktické, mentální a fyziologické oblasti (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Je to komplexní sport vyžadující mnoha různých aktivit (běh, sprint, skákání) po dobu 90 minut (Rampinini et al., 2007). Během této doby hráči elitní úrovně naběhají zhruba 10 km (Stølen et al., 2005) a při tom provádějí přerušovanou práci. Přestože hráči předvádějící aktivity s nízkou intenzitou více než 70% hry, měření tepové frekvence a tělesné teploty naznačují, že průměrná spotřeba kyslíku u elitních fotbalových hráčů je okolo 70% maxima (VO₂max) (Bangsbo, Mohr, & Krustup, 2006). Fyzické složení těla (tělesný tuk, tělesná hmotnost, tukuprostá hmota) je také důležité při přípravě hráčů na soutěžní výkon. Je to významná složka kondice, protože přebytečná tuková tkáň působí jako mrtvá váha při běžných herních činnostech (Carling & Orhant, 2010). Bylo zjištěno, že slyšící děti (7-14 let) mají lepší rovnováhu, rychlost pohybu horních končetin, pružnost, vyšší výbušnou sílu a lepší kardiorespirační odolnost ve srovnání

s neslyšícími. Dospělé populace však dosud nebyly zkoumány (Szulc, Buško, Sandurska, & Kołodziejczyk, 2017).

2 Přehled poznatků

2.1 Sportovní trénink a jeho determinanty

Trénink je komplexní a účelně organizovaný proces rozvoje specializované výkonnosti sportovce ve vybraném sportovním odvětví nebo disciplíně (Perič & Dovalil, 2010). Lehnert, Novosad, & Neuls (2001) charakterizují trénink jako dlouhodobý systémově řízený proces přípravy sportovce prioritně zaměřený na zvyšování sportovní výkonnosti ve zvolené sportovní disciplíně. Cílem tréninku je tedy dosažení individuálně nejvyšší sportovní výkonnosti ve zvoleném sportovním odvětví na základě všestranného rozvoje sportovce. Úkoly tréninku spočívají v osvojování sportovních dovedností, rozvíjení kondice a formování osobnosti (Dovalil et al., 2012).

2.1.1. Tréninkové cykly

Tréninkové cykly jsou tréninkové úseky s obdobným obsahem i rozsahem. Tréninkový cyklus je tedy uzavřený celek, v němž se řeší jeden či více úkolů, které spolu zpravidla souvisí. Po sobě jdoucí cykly se částečně opakují, odlišují se buď novým obsahem nebo rozsahem zatížení (Perič & Dovalil, 2010). Pomocí tohoto zatížení jsou vyvolávány změny trénovanosti sportovce (Lehnert et al., 2001).

Základním kritériem pro rozlišení typů cyklů je jejich délka. Z časového hlediska Perič & Dovalil (2010, 54) rozlišují:

- **roční tréninkový cyklus** – délka cyklu je jeden rok (sezóna), skládá se z makrocyclů
- **makrocyclus** – dlouhodobý cyklus, jehož délka je jeden až tři měsíce, v praxi rozeznáváme makrocyclus přípravného, předzávodního, závodního a přechodného období, makrocyclus je tvořen mezocyclky
- **mezocyclus** – střednědobý cyklus, zpravidla trvá 4 týdny, ale je i delší (5-6 týdnů) nebo kratší (2 týdny), je tvořen spojením 2 a více mikrocyclů
- **mikrocyclus** – krátkodobý cyklus, zpravidla týdenní nebo kratší (3-4 dny) či delší (až 10 dnů), je základní jednotkou cyklů
- **tréninková jednotka**

Někdy se ve sportovním tréninku používají i víceleté cykly (4letý olympijský), ale jejich užití je již vysoce specifické.

2.1.2 Sportovní výkon

Sportovní výkon je projev specializovaných schopností sportovce. Jeho obsah tvoří uvědomělá pohybová činnost zaměřená na řešení úkolu, který je vymezen pravidly daného sportu (Lehnert et al., 2001). Podle Dovalila et al. (2012) je systémem, který je tvořen somatickými (délkové rozměry a poměry, složení těla, tělesný typ), psychickými (např. motivace), taktickými (procesy myšlení, intelektové schopnosti, vnímání), kondičními (např. silové, rychlostní, vytrvalostní schopnosti) a technickými (úroveň dovedností) faktory. Jejich společným znakem je to, že jsou trénovatelné. Lehnert et al. (2001) dělí sportovní výkon na dvě základní kategorie, a to individuální sportovní výkon a kolektivní sportovní výkon. Ve sportovních hrách to jsou týmový herní výkon a individuální herní výkon. Uváděný sportovní výkon bývá nahrazován pojmem sportovní výkonnost, jež je chápána jako určitá dispozice sportovce opakovaně podávat poměrně stabilní výkony (Botek, Krejčí, & McKune, 2017). Sportovní výkonnost se formuje postupně a dlouhodobě a je výsledkem přirozeného růstu a vývoje jedince, vlivů prostředí a vlastního sportovního tréninku. Vývoj člověka zčásti určují vrozené dispozice, které se člení na morfologické (např. tělesná výška, hmotnost), fyziologické (transportní kapacita pro kyslík) a psychologické (osobnostní charakteristiky, intelekt, temperament), a které se částečně přizpůsobují právě vlivům prostředí (Dovalil et al., 2012).

2.1.3 Zatížení a zatěžování

Zlepšení výkonu se jeví jako zásadní a kritický požadavek mnoha sportů. V tomto ohledu se ukázalo, že podstatné zvýšení svalové síly může také vést k významnému zlepšení výkonnosti. Trenéři a výzkumní pracovníci proto neustále hledají lepší a účinnější metody rozvoje svalové síly u sportovců. Nedávno bylo prokázáno, že optimální výkonové zatížení je praktickým a účinným způsobem, jak akutně zvýšit rychlost, sílu a výrobu energie u sportovců z různých sportů (Loturco et al., 2018). Pro zlepšení výkonu je zapotřebí změnit zatížení, zejména zvýšení frekvence, trvání a intenzity. V závislosti na fázi výcviku (tj. výchozí nebo soutěžní fáze) se tréninkové zatížení upravuje v různých časech během tréninku, a to buď ke zvýšení nebo snížení únavy (Halson, 2014). Zatížení je adaptačním podnětem ve sportovním tréninku (Lehnert et al., 2001; Perič & Dovalil, 2010). Velikost zatížení určuje efekt tréninku (Perič & Dovalil, 2010).

Objem zatížení je kvantitativním ukazatelem a vypovídá o množství tréninkové činnosti. V zásadě je dán dobou cvičení nebo množstvím opakování. Intenzita zatížení

charakterizuje velikost úsilí, které sportovec vynaloží k řešení pohybového úkolu (Perič & Dovalil, 2010).

Při monitorování tréninkového zatížení může být zatížení myšleno jako vnější nebo vnitřní. Vnější zatížení je definováno jako práce dokončená sportovcem měřená nezávisle na jeho vnitřních charakteristikách. Zatímco vnější zátěž je důležitá pro pochopení dokončené práce a schopností a kapacit sportovce, vnitřní zátěž nebo relativní fyziologický nebo psychologický stres jsou také důležité pro určení tréninkového zatížení a následného přizpůsobení (Halsen, 2014).

Je zřejmé, že jednorázové zatížení způsobuje jednorázový, dílčí efekt a že až opakované zatížení vede k tréninkovému efektu kumulativnímu. Procesuálně se tedy trénink zakládá na opakovaném zatěžování (Dovalil et al., 2012).

Je dobře známo, že pro přizpůsobení se tréninkovým podnětům je nutná optimální rovnováha mezi fyzickým stresem (zatížením) a zotavením (Lamberts, Swart, Capostagno, Noakes, & Lambert, 2010; Sawczuk, Jones, Scantlebury, & Till, 2018). Optimální program by zabránil nedostatečnému tréninku, přetrénování a zranění a produkoval příznivé fyziologické přizpůsobení požadovaným výsledkům v určitých časech (Borresen & Lambert, 2007). Po zatížení ve sportovním tréninku musí následovat zotavení směřující k obnově homeostázy, to vede ke zvyšování trénovanosti a výkonnosti (Perič & Dovalil, 2010). Homeostáza je snaha organismu o udržení stálosti vnitřního prostředí, což je základní podmínka života (Lehnert et al., 2001).

Jedná se o jistou dynamickou rovnováhu vnitřního prostředí jako podmínku biologické existence. Stupeň změny rovnováhy vnitřního prostředí se obecně označuje jako stres, který při určité intenzitě vychyluje různé orgánové funkce. Při dlouhodobém a opakovaném působení podnětů organismus přestává na tyto podněty reagovat, ale naopak se jim přizpůsobí, neboli adaptuje (Perič & Dovalil, 2010).

„Vnitřním prostředím se v širším smyslu rozumí krev, tkáňový mok a protoplazma. Jejich složení umožňuje z biologického hlediska normální průběh životních dějů“ (Dovalil et al., 2012, 71).

Stresové podněty můžeme rozdělit např. na mentální (strach, vztek), environmentální (chlad, horko, hypoxie) a fyzické (tělesná práce) (Botek, Krejčí, & McKune, 2017, 12-13).

2.1.4 Adaptace

Použití vnitřní a vnější zátěže je důležitým aspektem monitorovacích systémů v týmových sportech. Monitorování tréninku je zásadní pro identifikaci adaptace sportovce na

tréninkový program a připravenost trénovat/ soutěžit, stejně jako minimalizovat riziko nefunkčního přesahu, zranění a nemoci (Lazarus et al., 2017). Adaptace je soubor biochemických, funkčních, morfologických, a psychických změn v jednotlivých orgánech i v organizmu jako celku (Lehnert et al., 2001).

Podle Periče & Dovalila (2010) proces morfologicko-funkční adaptace charakterizuje několik zákonitostí:

1. Opakují-li se zátěžové situace a jsou-li organismem zvládnuty, reakce organismu se při působení podnětu zmenšují.
2. Zmenšená reakce je důsledkem řady změn, k nimž dochází vlivem opakovaného působení podnětu a reakcí na něj.
3. Aby k adaptačním změnám došlo, musejí se příslušné podněty opakovat dostatečně často a po delší dobu.
4. Podněty musejí být přiměřené, současně však nesmějí překročit funkční hranice trénovaných systémů.
5. Neopakují-li se podněty dostatečně často a v potřebné míře, dosažené změny mizí a nastává návrat k původnímu stavu.

Kardiovaskulární adaptace

Ze změn zvýšení SF při zátěži se odedávna usuzovalo na intenzitu zátěže i trénovanost. Ve skutečnosti však jde vlastně jen rychlejší dodávku kyslíku a metabolických substrátů do svalů, kde se odehrává vlastní výdej energie (Máček & Radvanský, 2011). Již po několika týdnech vytrvalostního tréninku si lze povšimnout snížení SF během submaximálního zatížení (Botek, Neuls, Klimešová, & Vyhnánek, 2017). Pravidelná aktivita zlepšuje stav (tonus) kosterního svalstva, a tím i jeho funkci pomocné svalové pumpy oběhu při rytmické činnosti. Z toho plyne, že k dosažení potřebného minutového srdečního výdeje v konečném důsledku stačí nižší SF (Máček, Radvanský, et al., 2011).

Adaptace dýchání

Výsledkem adaptace dýchání na vytrvalostní zatížení u trénovaného jedince je snížení dechové práce při stejném zatížení proti netrénovanému člověku (Botek, Neuls, et al., 2017), čímž by se mělo snížit nebo uvolnit určité množství kyslíku pro jiné účely. Několikatýdenní aerobní trénink sníží během submaximální zátěže dechový ekvivalent pro kyslík (VE/VO_2) a současně i nároky na kyslík pro dechové svaly (Máček & Radvanský, 2011). Významnou

adaptací je zlepšená ekonomika dýchání, na které se podílí schopnost extrahovat více O₂ z alveolárního vzduchu (Botek, Neuls, et al., 2017).

2.1.5 Únava, zotavení a superkompenzace

Únava je jev, se kterým se denně setkáváme, ale jehož příčiny nejsou dodnes plně objasněny. Tento pojem jednak vyjadřuje subjektivní pocity a zkušenosti jedince, jednak objektivní změny, které lze registrovat při intenzivnější tělesné zátěži (Máček & Radvanský, et al., 2011). Tento složitý a mnohostranný jev má řadu možných mechanismů. Existuje řada různých definic únavy, které často závisí na použitém experimentálním modelu a/ nebo podmínkách, za kterých se vyskytují (Halson, 2014). Dovalil et al. (2012) rozlišuje únavu tělesnou a duševní, únavu celkovou a místní, dále také únavu periferní (změny ve svalech) a centrální (pokles funkce CNS). Jedna z nejčastějších definic uvádí, že únava je neschopnost udržet požadovanou sílu (nebo výkon). Únava může být také ovlivněna typem podnětu (dobrovolný nebo elektrický), typem kontrakce (izometrická, izotonická a přerušovaná nebo kontinuální), trváním, četností a intenzitou cvičení a druhem svalu (Halson, 2014). Únava může být kvantifikována použitím výkonnostních příznaků a/nebo testovacích měřítek. Výkonnostními příznaky jsou poruchy pohybových schopností/ výsledků, které se objevují během sportu. Počet a rozsah symptomů a faktorů únavy závisí na charakteristikách sportovního úkolu, na osobě a na prostředí. Výskyt centrální a periferní únavy, narušená technika a pocity únavy se často objevují současně a psychologické aspekty mohou tyto symptomy změnit. (Knicker, Renshaw, Oldham, & Cairns, 2011). Zajištění přiměřené titrace únavy je důležité jak pro přizpůsobení tréninku, tak pro soutěžní výkon. (Halson, 2014).

Zotavení představuje proces obnovy přechodného poklesu funkčních schopností organismu (Lehnert et al., 2001), zotavné procesy neprobíhají v čase stejně, různé fyziologické a biochemické funkce organismu mají různou rychlost návratu k výchozím hodnotám (Perič & Dovalil, 2010). V rádech minut se navrácí srdeční frekvence, krevní laktát a tělesná teplota, v hodinách se uvádí kognitivní funkce a spotřeba kyslíku, po dnech se vracejí na původní hladinu kreatinkináza, svalový glykogen a také namožení svalů, v týdnech se udává funkce svalů a nervosvalová koordinace (Botek, Krejčí, et al., 2017). Průběh zotavení můžeme rozdělit na dvě fáze – počáteční, rychlejší a pozdější pomalejší (Perič & Dovalil, 2010). Rychlá fáze trvá asi 5 minut a lze při ní pozorovat vyšší rychlost poklesu různých funkcí. Ve fázi pomalé trvá minuty až hodiny (případně i dny), než jsou zotavné procesy dokončeny (Dovalil et al., 2012).

Superkompenzace je biologickým základem adaptačního procesu a zabezpečuje vznik tréninkového efektu. Vzniká jak při zotavovacích procesech po jednorázovém zatížení, kdy výchozí energetická hladina je dočasně překročena, tak při dlouhodobém zatěžování v jednotlivých tréninkových jednotkách (Lehnert et al., 2001).

Je to stav přechodný, navýšení energetického potenciálu není trvalé, po určité době dochází k návratu energetických rezerv na hodnotu před zatížením. Popisovaný jev se úzce váže k otázkám zatěžování, resp. frekvence zátěžových podnětů. Proto by teoreticky mělo další tréninkové zatížení začínat právě ve fázi superkompenzace (Perič & Dovalil, 2010). „Avšak ani v dnešní době se vědcům nepodařilo s dostatečnou přesností stanovit, kdy k nástupu a kulminaci superkompenzace dochází“ (Botek et al., 2017, 21). „Známé laboratorní metody jsou obtížně použitelné pro svoji invazivní povahu“ (Dovalil et al., 2012, 94).

2.2 Autonomní nervový systém

Autonomní nervový systém (ANS) se skládá z části centrální a periferní. Tradiční anatomické pojetí dělí ANS na sympatikus a parasympatikus. Později se k nim přiřadila složka třetí, tzv. enterický (střevní) systém. Periferní část ANS je tvořena dvěma neurony, a to pregangliovým a postgangliovým. Parasympatikus se podle uložení těl pregangliových neuronů dělí na část kraniální a sakrální. Sympatikus má těla negangliových neuronů uložena v thorakolumbálním úseku míchy. Morfologicky se odlišují tím, že parasympatikus má ve srovnání se strukturami sympatiku delší úseky pregangliové a kratší úseky postgangliové (Opavský, 2002).

Autonomní nervový systém je úzce zapojen do kardiovaskulární homeostázy (Abhishekh et al., 2013; Zhong, Wang, Ju, Jan, & Chon, 2003). Nejčastěji sympatický systém usnadňuje objem stahu, srdeční frekvenci a rytmus, arteriální a venózní zúžení a srdeční kontraktilitu, zatímco parasympatický systém brání těmto funkcím (Carnethon et al., 2005). Jak parasympatické, tak sympatické rameno ANS působí na kardiostimulační buňky SA uzlu (de Geus, Gianaros, Brindle, Jennings, & Berntson, 2018). Oba systémy pracují v srdci jemně laděným, přesto protichůdným způsobem. Tyto větve se liší ve svých neurotransmiterech a vykazují stimulační nebo inhibiční účinky na cílovou tkáň prostřednictvím adrenoreceptorů a muskarinových receptorů. Jak sympatická, tak i parasympatická větev ANS se skládají z aferentních a eferentních, stejně jako z interneuronálních vláken. Sympatická inervace přichází převážně z pravých a levých stelátových ganglií. Tato vlákna se pohybují podél epikardiálních vaskulárních struktur srdce do myokardu a končí jako sympatické nervové terminály, které dosahují endokardu. Parasympatické účinky jsou přenášeny pravým a levým vagovým nervem pocházejícím z prodloužené míchy. Vagový nerv se dále rozděluje na horní a dolní srdeční nervy a nakonec se slučuje s postgangliovými sympatickými neurony a vyváří pletěň nervů ve spodní části srdce, známou jako srdeční pletěň (Florea & Cohn, 2014).

Acetylcholin, uvolněný postgangliovými parasympatickými terminály v sinoatriálním uzlu, zpomaluje rychlost depolarizace SA uzlu a uvolňování vazbou na muskarinové cholinergní receptory a aktivaci transmembránového draslíkového kanálu. Naproti tomu norepinefrin je uvolňován sympatickými terminály na SA uzlu a urychluje rytmus SA uzlu přes β_1 receptory. Vedle těchto klasických neurotransmiterních akcí může být chronotropní stav srdce modulován množstvím neuropeptidů, jako jsou neurotransmitery v autonomních terminálech (Berntson et al., 1997).

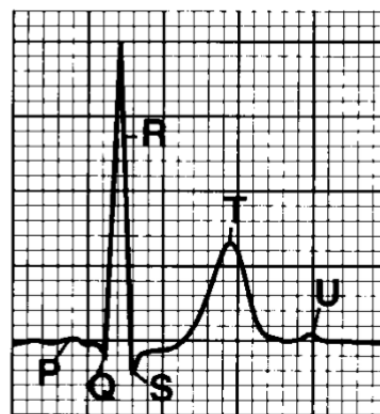
Bylo zjištěno, že zejména v oblasti srdečních síní se vyskytují i receptory typu β_2 , avšak ve vyšetřeních ANS se za rozhodující pro změny v srdeční frekvenci považují receptory typu β_1 . Vlákná vagu inervují v myokardu sinoatriální (SA) a atrioventrikulární (AV) uzly a srdeční svalovinu síní, méně svalovinu komor. Vlákná sympatiku inervují oblast síní i komor. Vlákná pravostranného vagu vedou s velkou převahou do pravé předsíně a zde se koncentrují v oblasti SA uzlu. Vlákná levostranného vagu vedou hlavně k uzlu AV. Tudíž účinky pravostranného vagu budou hlavně chronotropní, zatímco levého dromotropní. Pravostranný sympatikus inervuje vydatněji SA uzel, zatímco levostranný uzel AV (Opavský, 2002).

Autonomní nervový systém čelí neustálým vnitřním a vnějším podnětům, které ovlivňují výkonové spektrum. Z vnitřních podnětů jsou považovány za hlavní věk a zdravotní stav jedince, u vnějších pak tělesné a psychické zatížení, změna polohy těla, denní doba a obecně klimatické vlivy (Botek, Stejskal, Jakubec, & Kalina, 2004). Autonomní nervový systém hraje důležitou roli nejen ve fyziologických situacích, ale také v různých patologických stavech, jako jsou diabetická neuropatie, infarkt myokardu a městnavé srdeční selhání (Sztajzel, 2004) včetně hypertenze a celkové úmrtnosti (Carnethon et al., 2005). Aktivita ANS se také podílí na regulaci tělesné hmotnosti (Molfino et al., 2009), přispívá k modulaci výdajů energie lidského těla (Koenig et al., 2014).

2.3 Fyziologické parametry

2.3.1 Srdeční frekvence (SF)

Ve sportovní a rehabilitační praxi je potřeba platných a snadno použitelných nástrojů k posouzení stavu výcviku a přizpůsobení – sportovci a pacienti chtějí vědět, zda dělají pokrok. Jedním z možných nástrojů je monitorování srdeční frekvence (Hettinga, Monden, Van Meeteren, & Daanen, 2014), to může být užitečné, protože koreluje se srdečním výkonem a také se spotřebou kyslíku (Hensen, 2017). Monitorování SF je jedním z nejběžnějších způsobů posouzení vnitřního zatížení sportovců (Halson, 2014) díky své snadné přístupnosti a jednoduchosti interpretaci výsledků měření (Máček & Radvanský, 2011), je k dispozici s displeji, které zobrazují aktuální srdeční frekvenci a další parametry cvičícího uživatele (Hensen, 2017). Použití monitorování srdeční frekvence během cvičení je založeno na lineárním vztahu mezi SF a mírou spotřeby kyslíku během ustáleného stavu cvičení (Halson, 2014). V tělovýchovně lékařské praxi je



Obrázek 1. Křivka EKG (Hurst, 1998)

nejčastěji měřena tepová frekvence nebo se snímá celá EKG křivka (Máček & Radvanský, 2011). K identifikaci vln v EKG se používají písmena P, Q, R, S, T a U. První polovina vlny P je produkována převážně depolarizací pravé síně, druhá polovina je z velké části způsobena depolarizací levé předsíně. Vlna depolarizace se šíří přes komory převážně z endokardiální oblasti do epikardu. Počáteční 0,01 sekundy komplexu QRS jsou způsobeny depolarizací středu levé strany mezikomorového septa. Dalšími několika milisekundami komplexu QRS je produkováno depolarizací endokardu obou komor a dalšími několika milisekundami komplexu QRS jsou způsobeny depolarizací bazilární části levé komory. T vlna je produkována repolarizací komor. Vlna repolarizace se pohybuje převážně z epikardu na endokard. Normální vlny U jsou produkovány repolarizací Purkyňových vláken. Abnormální vlna U (velká nebo obrácená) je součástí vlny T, to může být považováno za přerušovanou vlnu T (Hurst, 1998).

Kardiovaskulární struktury a funkce se s věkem mění, což zvyšuje riziko vzniku kardiovaskulárního onemocnění. Dokonce i v denních a nočních obdobích je kardiovaskulární modulace odlišná (Vandeput, Verheyden, Aubert, & Van Huffel, 2012). Srdeční frekvence je řízena rovnováhou mezi aktivitou parasympatického a sympatického nervového systému

k sinoatriálnímu uzlu (Berntson et al., 1997; Yamamoto, Hughson, & Peterson, 1991). Pravidelný trénink mění tuto rovnováhu tak, že se nejprve zvyšuje aktivita parasymptiku a klesá sympatiku a zároveň snižuje spouštěcí citlivost sinoatriálního uzlu (Máček & Radvanský, 2011). Na bázi srdečních stahů srdeční frekvence není konstantní. Existují spíše periodické fluktuace, které naznačují relativní přínos každé z těchto složek autonomního nervového systému (Yamamoto et al., 1991). Techniky používané k měření citlivosti autonomního nervového systému zahrnují měření variability srdeční frekvence (VSF) a obnovení srdeční frekvence (HRR) (Lamberts et al., 2010).

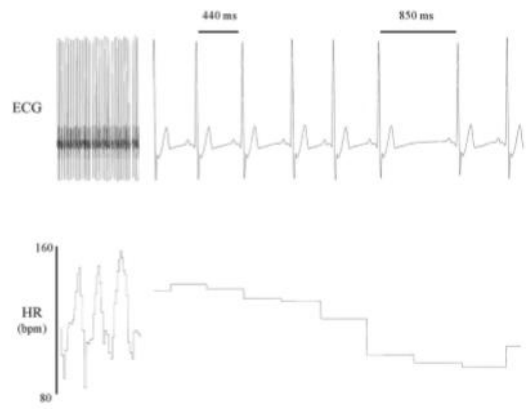
2.3.2 Obnova srdeční frekvence (HRR)

HRR (heart rate recovery) je rychlost, při níž srdeční frekvence klesá při ukončení cvičení a byla navržena jako marker autonomní funkce (Halson, 2014) a změny v ní mohou nabídnout praktický způsob kvantifikace fyziologických účinků tréninku (Borresen & Lambert, 2007). Měření obnovy srdeční frekvence se stalo populární pro sledování optimální rovnováhy mezi tréninkovým zatížením a zotavením (Lamberts et al., 2010). Zvýšení SF při cvičení je výsledkem zvýšené sympatické aktivity v kombinaci se snížením parasympatické aktivity. HRR je charakterizována protichůdnou aktivitou ANS se zvýšenou parasympatickou aktivitou a snižováním sympatické nervové aktivity. Obnovu srdeční frekvence lze vypočítat v různých časových intervalech, obvykle mezi 30 s a 2 min (Halson, 2014). Nejjednodušší způsob, jak vypočítat HRR, je rozlišení SF při ukončení cvičení a po 1 minutě (Schneider et al., 2018). Trénovaní sportovci mají po cvičení rychlejší obnovení srdeční frekvence při stejné absolutní intenzitě, než netrénovaní jedinci (Borresen & Lambert, 2007). HRR ihned po cvičení odráží parasympatickou aktivitu, která je výrazně oslabena u pacientů s chronickým srdečním selháním (Dimopoulos et al., 2006). Bylo prokázáno, že HRR předpovídá mortalitu nezávisle na ostatních parametrech zdatnosti a ukazatelích závažnosti aterosklerózy (Carnethon et al., 2005).

2.3.3 Variabilita srdeční frekvence (VSF)

VSF je neinvazivní metoda k měření srdeční autonomní funkce (Abhishekh et al., 2013; El-Kotob et al., 2017; Petković, Čojbašić, & Lukić, 2013; Sztajzel, 2004; Vandeput et al., 2012), která je známkou vlivů sympatiku a parasymptiku na modulaci srdeční frekvence (Zhong et al., 2003) a je odvozena z intervalu mezi dvěma přilehlými vlnami R (Eguchi,

Aoki, Yoshida, & Yamada, 2017). Odráží schopnost srdce rychle reagovat na neočekávané podněty a přizpůsobit se měnícím podmínkám (Park, Jung, Kim, & Lim, 2019). Stala se běžně přijatým termínem pro popis variací jak okamžité srdeční frekvence, tak RR intervalů (Camm et al., 1996). Mnoho parametrů definuje variabilitu srdeční frekvence v různých oblastech, jako jsou časová, frekvenční nebo nelineární. Standardní měření zasahující do analýzy VSF zahrnují indexy



Obrázek 2. VSF: záznamy EKG, které ilustrují odchylky mezi nárůstem R-R intervalu a srdeční frekvence (Billman, 2011)

časové oblasti, geometrické metody a komponenty frekvenční oblasti. Analýza časové oblasti se zabývá tím, jak velká je variabilita srdeční frekvence. Hodnoty časové oblasti jsou výsledkem jednoduchých statistických výpočtů řízených na sérii sousedních intervalů. Analýza frekvenční oblasti se používá k rozdělení celkové odchylky srdeční frekvence na rozdíl, který se vyskytuje u základních frekvenčních skupin (Petković et al., 2013).

VSF je nástroj, který byl během posledního desetiletí intenzivně studován pro použití v klinické praxi pro hodnocení autonomní kardiovaskulární funkce a wellness, včetně sledování stresu, spánku nebo únavy (Baek, Cho, Cho, & Woo, 2015), kromě klinické kardiologie byl také široce používán v oblasti psychiatrie a psychologie k posouzení afektivních zkušeností (Schippers, Aben, Griep, & Van Overwalle, 2018), protože se zdá být citlivý jak na fyziologické, tak na psychologické poruchy (Gamelin, Berthoin, & Bosquet, 2006), k lepšímu porozumění periferních fyziologických korelací komplexních procesů mozku a chování, jako jsou emoce a jejich regulace a výkonné kognitivní funkce díky tomu, že odráží funkcionalitu vyšších mozkových systémů. Hlavním cílem použití VSF v těchto behaviorálních aplikacích je vyvodit více specifických závěrů o činnosti ANS (de Geus et al., 2018).

Ve sportovní medicíně se obecně používá k posuzování adaptace nebo maladaptace na vytrvalostní trénink (Gamelin et al., 2006). Pokud je variabilita srdeční frekvence používána jako měřítko namáhání v terénním výzkumu, namáhání by mohlo být podhodnoceno kvůli zvýšenému rozdílu variability s typickou tendencí ke zvyšování středních hodnot (Rohmert, Laurig, Philipp, & Luczak, 1973). V kontextu soutěže byla vysoká aktivita vagu spojena se zvýšeným výkonem a zlepšenou aerobní kapacitou. Na druhé straně, jak únava, tak stav přetrénování, důsledek nerovnováhy mezi intenzivnějším tréninkem a následným zotavením, jsou spojeny s odchodem vagové aktivity a posunem k sympatické dominanci. Tyto negativní

důsledky tréninku jsou spojeny s přechodným snížením výkonu (Botek, McKune, Krejci, Stejskal, & Gaba, 2014). Byla zjištěna též pozitivní korelace mezi změnou VO₂max a průměrnou ranní hladinou vagově modulovaných složek VSF. Na základě těchto výsledků, by se dalo říci, že sportovci, kteří vykazují vyšší úroveň vagové aktivity, mohou být citlivější pro zlepšení aerobní kapacity než sportovci s nižší vagovou aktivitou (Botek, Krejčí, & Weisser, 2014). Srdeční vagová aktivita negativně koreluje s rostoucím věkem. Kromě stárnutí může být zvýšení procenta tělesného tuku další proměnnou, která má negativní vliv na autonomní srdeční kontrolu. Zvýšená adipozita s postupujícím věkem byla spojena s poruchou autonomie srdce (Botek, Krejčí, McKune, & Klimešová, 2016).

Snížení hodnoty VSF bylo navrženo jako nezávislý rizikový faktor pro přibývání srdeční úmrtnosti a morbidit (Abhishekh et al., 2013; Ramaekers, Ector, Aubert, Rubens, & Van De Werf, 1998) a také jako včasné varovné znamení diabetické neuropatie (Camm et al., 1996). Zdravá autonomní srdeční kontrola je charakterizována vysokým stupněm variability srdeční frekvence, která pomáhá chránit před infarktem myokardu a dalšími budoucími srdečními událostmi, zatímco nižší parasympatický vstup do sinoatriálního uzlu předpovídá náhlou a nenáhlou srdeční smrt (Alvares, Quintana, Hickie, & Guastella, 2016; Sztajzel, 2004). Vyšší VSF neznamena vždy zřejmou ochranu, protože vysoká VSF přináší riziko atrioventrikulárního bloku, syndromu nemocného sinu, a fibrilace síní (de Geus et al., 2018).

Velká část těchto časových změn srdeční frekvence se vyskytuje synchronně s respirací (zvýšení srdeční frekvence [zkrácení R-R intervalu] během nádechu a pokles srdeční frekvence [prodloužení intervalu R-R] během výdechu), a proto se označují jako respirační sinová arytmie (RSA). Ačkoliv VSF a RSA nejsou úplně stejné, tyto termíny jsou často používány zaměnitelně a oba odrážejí změny v autonomní regulaci srdce (Billman, 2011).

2.3.3.1 Časové ukazatele VSF

Změny srdeční frekvence mohou být hodnoceny řadou metod. Možná nejjednodušší je provést měření časové oblasti. Při těchto metodách se určí buď srdeční frekvence v jakémkoli okamžiku, nebo intervaly mezi postupnými normálovými komplexy. Při kontinuálním elektrokardiografickém (EKG) záznamu se zjistí každý QRS komplex a také RR intervaly (všechny intervaly mezi sousedními komplexy QRS, které jsou výsledkem depolarizace sinusového uzlu) nebo je určena okamžitá srdeční frekvence. Jednoduché časové domény (ukazatele) variability, které lze vypočítat, zahrnují průměrný RR interval, průměrnou SF, rozdíl mezi nejdelším a nejkratším RR intervalem, rozdíl mezi noční a denní SF atd. (Camm et al., 1996).

SDNN je definován jako standardní odchylka všech RR intervalů (Eguchi et al., 2017).

SDSD je definován jako standardní odchylka rozdílu mezi sousedními RR intervaly (Camm et al., 1996).

rMSSD je definován jako druhá odmocnina střední hodnoty součtu čtvercových rozdílů mezi přilehlými RR intervaly (Eguchi et al., 2017).

pNN50 (%) je definován jako podíl (%) zastoupení počtu sousedních RR intervalů lišících se o více než 50 ms z celkového počtu RR intervalů v průběhu záznamu (Opavský, 2002).

SDNN index je definován jako průměrná hodnota standardních odchylek všech RR intervalů pro všechny 5 minutové segmenty celého záznamu (Camm et al., 1996)

SDANN je definován jako standardní odchylka střední hodnoty RR intervalů v 5minutových záznamech (Şaylan, Çevik, Tavli, & Vitrinel, 2011).

2.3.3.2 Geometrické ukazatele VSF

Řada RR intervalů může být také převedena na geometrický vzorec (distribuce hustoty vzorku trvání RR intervalu, distribuce hustoty vzorku rozdílů mezi sousedními RR intervaly) a je použit jednoduchý vzorec, který posoudí variabilitu na základě geometrických a/ nebo grafických vlastností výsledného vzoru (Camm et al., 1996).

Triangulární index je definován jako „celkový počet RR intervalů dělený jejich nejvyšší amplitudou (hodnotou jejich maximální distribuční hustoty)“ (Opavský, 2002).

TINN (Triangular interpolation of NN) (Camm et al., 1996) „je definován jako šířka základny trojúhelníku získaného interpolací nejvyššího vrcholu histogramu RR intervalů metodou nejmenších čtverců“ (Botek, Krejčí, et al., 2017).

2.3.3.3 Frekvenční ukazatele VSF

„Základem metodiky je monitorování časových rozdílů mezi po sobě následujícími srdečními stahy (R-R intervaly na EKG křivce). Transformací časových rozdílů do frekvenčních hodnot vzniká modifikované výkonové spektrum v rozsahu 0,02-0,5 Hz“ (Botek, Stejskal, Jakubec, & Kalina, 2004, 10). Hodnocení v tzv. frekvenční oblasti se též nazývá jako spektrální analýza variability srdeční frekvence (SA VSF) (Opavský, 2004). Výkonová spektrální analýza VSF byla široce používána pro hodnocení funkce ANS (Petković et al., 2013).

Analýza výkonové spektrální hustoty (power spectral density, PSD) poskytuje základní informace o tom, jak je distribuován výkon (tj. odchylka) jako funkce frekvence. Metody výpočtu PSD mohou být obecně klasifikovány jako neparametrické a parametrické. Ve většině případů oba druhy metod poskytují srovnatelné výsledky.

Výhody neparametrických jsou:

a) jednoduchost použitého algoritmu (ve většině případů rychlá Fourierova transformace – FFT),

b) vysoká rychlost zpracování,

zatímco výhody parametrických metod jsou:

a) hladké spektrální složky, které mohou být rozlišeny nezávisle na předem zvolených frekvenčních pásmech,

b) snadné následné zpracování spektra automatickým výpočtem nízkých a vysokofrekvenčních výkonových komponent a snadná identifikace centrální frekvence jednotlivých komponent,

c) přesný odhad PSD i na malém počtu vzorků.

Základní nevýhodou parametrických metod je nutnost ověřit vhodnost zvoleného modelu a ověřit jeho složitost (Camm et al., 1996).

Celé frekvenční spektrum VSF lze rozdělit do několika komponent, z nichž každé je připisován odlišný význam z fyziologického hlediska. Dělíme ho tedy na nízkofrekvenční (low frequency – LF, 0,04-0,15 Hz) a vysokofrekvenční (high frequency – HF, 0,15-0,4 Hz). Dále na základě studia dlouhodobých 24hodinových záznamů se rozšířili sledovaná pásma spektrálních komponent i o ultranízké frekvence (ultra low frequency – ULF, do 0,0033 Hz) a o velmi nízké frekvence (very low frequency – VLF, 0,0033-0,04 Hz) (Opavský, 2002). Měření výkonových komponent VLF, LF a HF se obvykle provádí v absolutních hodnotách výkonu (ms^2), ale LF a HF mohou být měřeny také v normalizovaných jednotkách, které představují poměr relativní hodnoty každé složky výkonu k celkovému výkonu mínus komponenta VLF (Camm et al., 1996), nebo jako nízkofrekvenční a vysokofrekvenční poměr (LF/HF) (Abhishekh et al., 2013). Reprezentace LF a HF v normalizovaných jednotkách zdůrazňuje kontrolované a vyvážené chování obou větví ANS (Camm et al., 1996).

SA VSF může poskytnout index relativní aktivity sympatického a parasympatického nervového systému během cvičení (Yamamoto et al., 1991). Komponenta VLF je nejvíce ovlivněna sympatickou a nejméně vagovou aktivitou, pásmo LF odráží tenzi obou větví ANS,

komponenta HF je hlavně ovlivněna fluktuacemi vagu (Botek et al., 2004; Zhong et al., 2003).

2.3.4 Maximální spotřeba kyslíku

Maximální spotřeba kyslíku (maximální aerobní kapacita, VO₂max), tj. maximální kapacita kardiovaskulárního systému, která poskytuje O₂ pracujícímu svalu, a kapacita svalů k užívání O₂ během trvalého cvičení, se považuje za fyziologický zlatý standard kardiovaskulární kondice. Je to důležitý zdravotní parametr, protože se ukázalo, že vysoká hodnota VO₂max je nepřímo spojena s rizikem vzniku kardiovaskulárních onemocnění a úmrtnosti (Schoffelen, den Hoed, van Breda, & Plasqui, 2019). V současné době je testování maximálního cvičení nejpřesnějším měřítkem maximální aerobní síly, poněvadž submaximální přístupy jsou stále nepřesné. Nevýhodou maximálních testů je vyžadování vysoké míry motivace. V heterogenní, sportující populaci je VO₂max indikativní pro vytrvalostní schopnosti nebo může být monitorován ke zhodnocení účinnosti tréninkových intervencí. V důsledku toho je VO₂max jednou z nejčastěji měřených proměnných v laboratořích fyziologie cvičení (Matabuena, Vidal, Hayes, & Huelin Trillo, 2018) a hodnoty se uvádějí v absolutních číslech (ml.min⁻¹) (Schoffelen et al., 2019) nebo přepočtené na tělesnou hmotnost v mililitrech na kilogram za minutu (ml.kg⁻¹.min⁻¹) (Matabuena et al., 2018). VO₂max závisí na pohlaví - ženy mají nižší hodnoty, dále na trénovanosti – pravidelný trénink může zlepšit hodnoty o 5-15 %, a na nadmořské výšce (Botek, Neuls, et al., 2017). Aerobní kapacita je ovlivněna především dědičností a tréninkem. U mladých mužských subjektů se sedavým chováním se udává typický rozsah 45-50 ml.kg⁻¹.min⁻¹, pro vytrvalostně trénované sportovce jsou běžné hodnoty 63-65 ml.kg⁻¹.min⁻¹ a 70 ml.kg⁻¹.min⁻¹ a více jsou hlášeny pro vytrvalostně trénované sportovce na národní úrovni (Martino, Gledhill, & Jamnik, 2002). Sportovec s vyšší hodnotou VO₂max může také lépe odolávat únavě a má rychlejší zotavné procesy (Botek, Neuls, et al., 2017). Je známo, že VO₂max klesá s věkem a klesá o 9-10% během deseti let od věku 30 let, avšak cvičení může tuto ztrátu zmírnit přibližně o 50% (Hawkins, Marcell, Jaque, & Wiswell, 2001). VO₂max je pravděpodobně nejdůležitějším faktorem určujícím úspěch v aerobním vytrvalostním sportu (Helgerud et al., 2007).

2.3.5 Maximální výkon

Výkon udává, jaké má sportovec silově vytrvalostní schopnosti. V průběhu testu dosáhne sportovec hodnoty maximálního výkonu v případě, že je správně dávkována submaximální zátěž. Maximální výkon (P_{max}) udává hodnotu nejvyššího dosaženého výkonu

během zátěžového testu. (Botek, Neuls, et al., 2017). V našem případě P_{max} udává dobu setrvání na běhátku. Ta je dále přepočítána na $W \cdot kg^{-1}$ dle rovnice, která je popsána v kapitole „Metodika“.

2.4 Somatické parametry

Mezi hlavní somatické parametry patří výška a hmotnost těla, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesný typ (Dovalil et al., 2012).

2.4.1 Rozměry

Základní výškové, délkové, šířkové a obvodové rozměry se měří podle přesně určených antropometrických bodů na těle, které představují stejnojmenné body na kostře (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).



2.4.2 Tělesné složení

2.4.2.1 Tuk

Tuk je nejvariabilnější složkou hmotnosti těla, je snadno ovlivnitelný stravovacími návyky a pohybovou aktivitou, je však důležitým faktorem vzniku řady onemocnění (Riegerová et al., 2006). Prokázalo se, že zvýšená hladina břišního viscerálního tuku je spojena se zvýšeným kardiometabolickým rizikem (Irving et al., 2008). Měření tělesné hmotnosti a tukové hmoty se vyvinulo s nárůstem sportovní účasti a předepisováním cvičení. Kvantifikace tělesného tuku souvisí také s léčbou obezity a hodnocení nutričního stavu. Různé úrovně hodnocení byly navrženy v závislosti na odbornosti a potřebách (Brodie, 1988). Hlavním prediktorem zdravotního rizika spojeného s obezitou je distribuce tělesného tuku. Tělesný tuk může být přednostně umístěn v břiše (androidní obezita) nebo kolem boků a stehů (gynoidní obezita) (Billington et al., 2000).

Pro organismus člověka je riziková jak vysoká, tak i příliš nízká hladina podkožního tuku. Nízká hladina má za následek zdravotní riziko v podobě různých dysfunkcí, neboť určité množství tuku je nutné pro zachování fyziologických funkcí. Vysoké zastoupení podkožního tuku je obecně spojeno s obezitou (Riegerová et al., 2006). Obezita je heterogenní fenotyp, který je hrubě měřen body mass indexem (BMI), a je jedním z nejrozšířenějších problémů, kterým dnešní společnost čelí. Nadměrná hmotnost výrazně zvyšuje riziko vzniku onemocnění, jako jsou diabetes mellitus a kardiovaskulární onemocnění (Cirulli et al., 2019), dále také onemocnění jater a žlučníku, osteoartróza a některé formy rakoviny (Billington et al., 2000).

Tabulka 1. Doporučené procentuální zastoupení tukové frakce u normální populace (Riegerová et al., 2006)

Věk	Ženy (%)	Muži (%)
<30	14-21	9-15
30-50	15-23	11-17
>50	16-25	12-19

Tabulka 2. Průměrné hodnoty procentuálního podílu tuku u sportovců (Riegerová et al., 2006)

Sport	Muži (%)	Ženy (%)	Sport	Muži (%)	Ženy (%)
Baseball	12-15	12-18	Veslování	6-14	12-18
Basketbal	6-12	20-27	Golf	16-20	20-28
Kulturistika	5-8	10-15	Lyžování	7-12	16-22
Cyklistika	5-15	15-20	Sprint	8-10	12-20
Fotbal (obránci)	9-12	-	Plavání	9-12	14-24
Fotbal (útočníci)	15-19	-	Tenis	12-16	16-24
Gymnastika	5-12	10-16	Triatlon	5-12	10-15
Skok do výšky	7-12	10-18	Volejbal	11-14	16-25
Lední hokej	8-15	12-18	Vzpírání	9-16	-
Raketbal	8-13	15-22	Zápas	5-16	-

2.4.2.2 Celková tělesná voda

Nejvýznamnější složkou celkové tělesné hmotnosti je tělesná voda. Její množství závisí na věku, pohlaví a tělesné hmotnosti (Riegerová et al., 2006). Voda tvoří asi 60 % průměrné tělesné hmotnosti muže, u žen je menší podíl (asi 50%), u novorozenců má hodnotu až 80-90 %. Většina tělesné vody (62,5 %) se nachází v intracelulárních odděleních, což je medium pro buněčný metabolismus, přičemž zbývající extracelulární voda zajišťuje cestu dodávek do a z buněk pro plyny, živiny a odpadní látky (Brodie, 1988). Největší podíl vody obsahuje krev a ostatní tělní tekutiny (91-99 %), svalová tkáň (75-80 %) a kůže. Podstatně menší množství se nachází v tukové tkáni (10 %) a kostech (Riegerová et al., 2006).

Voda má v těle základní funkce. Poskytuje strukturu pro buňky a tělesné tekutiny, působí jako reakční prostředek a rozpouštědlo a také jako reaktant v metabolismu těla, transportuje živiny do krve a tkáňového moku a dopravuje odpad v moči a pomáhá řídit teplotu těla odpařením potu. Voda se ztrácí hlavně prostřednictvím moči a potu, ale také stolicí, kůží a dýcháním. Příjem vody pochází hlavně ze stravy, ale malé množství také z tělesné metabolické aktivity. Bilance vody v těle je regulována ledvinami, které mohou koncentrovat nebo ředit moč v závislosti na metabolických odpadech a příjmu vody (Serra-Prat, Lorenzo, Palomera, Ramírez, & Yébenes, 2019).

2.4.2.3 Celkový tělesný draslík

Celkový tělesný draslík (TBK) je indikací buněčné nebo tukuprosté hmoty, protože více než 90 % draslíku je v buňkách bez tuku. Jeho měření závisí na přirozeném izotopu ^{40}K v tukuprosté hmotě, což je konstantní frakce tělesného draslíku (Brodie, 1988). Počítání TBK může být použito pro hodnocení zdraví a onemocnění, protože koncentrace draslíku v buněčné hmotě je extrémně konstantní a udržována v přesných mezích pomocí homeostatických mechanismů (Murphy & Davies, 2008).

Ke zvyšování množství celkového tělesného draslíku dochází již v raném dětství. Pohlavní rozdíly se projevují již brzy a k výrazné diferencii dochází v období adolescence. Tyto rozdíly přetrvávají celý život (Riegerová et al., 2006). Muži mají významně více relativního množství celkového tělesného draslíku než ženy ve všech věkových kategoriích (Novak, 1972).

2.4.2.4 Tukuprostá hmota

Tukuprostá hmota (FFM) je heterogenní komponentou (Riegerová et al., 2006), která se skládá z vysoce metabolicky aktivních svalů a orgánů, a také tkání s nízkou metabolickou rychlostí, jako jsou kostní a pojivové tkáně (Stiegler & Cunliffe, 2006). Vzájemný poměr těchto složek se mění v závislosti na věku, pohybové aktivitě a dalších exogenních a endogenních faktorech. Uvádí se, že tukuprostou hmotu tvoří z 60 % svalstvo, z 25 % opěrné a pojivové tkáně a z 15 % hmotnost vnitřních orgánů (Riegerová et al., 2006). FFM je hlavní faktor, který odpovídá velikosti klidového metabolismu (Stiegler & Cunliffe, 2006).

2.4.3 Typologie tělesné stavby a somatotyp

Somatotyp je syntetická informace o stavbě těla a je obvykle spojena s motorickou účinností (Franco, Fragoso, Andrea, Teles, & Martins, 2017), poskytuje trojrozměrné antropometrické posouzení člověka - mezomorfie (muskulatura), endomorfie (tloušťka), a ektomorfie (hubenost) (Dixson, Grimshaw, Ormsby, & Dixson, 2014).

2.5 Sluchové postižení

Zvuky jsou vyvolávány vlněním vzduchu s určitou amplitudou a frekvencí a jsou zachyceny a analyzovány ve sluchovém ústrojí (Přidalová & Riegerová, 2009). Ucho se skládá ze tří hlavních částí; vnějšího, středního a vnitřního ucha. Vnější a střední ucho mají primárně mechanickou funkci. Vnitřní ucho je mnohem složitější a nejdůležitější část pro sluch (Bremner & Goodman, 1992). Náraz zvuku se šíří jako tlaková vlna, jejímž konečným důsledkem je podráždění smyslových buněk Cortiho orgánu. Vnitřní a vnější smyslové buňky Cortiho orgánu jsou vlastním sluchovým orgánem (Přidalová & Riegerová, 2009).

Sluch má v životě člověka zásadní význam, protože hraje velmi důležitou roli v procesu psychického vývoje a celého procesu socializace. Sluchové postižení a vady sluchu mohou tento proces vážně narušit (Kisvetrová & Ježorská, 2014). Lidské ucho vnímá zvuky v rozsahu 20 až 20 000 Hz a mluvené slovo se pohybuje v rozsahu 2000 až 3000 Hz. Intenzita zvuku se udává v decibelech (dB) (Přidalová & Riegerová, 2009). Sluchové ztráty v rozmezí 20-40 decibelů jsou kompenzovatelné sluchadlem. Při vyšších ztrátách (41-55 dB) dochází k významnému narušení komunikačního procesu. U sluchové ztráty v rozsahu 56-70 dB se předpokládá komunikace znakovým jazykem. Sluchové ztráty 71-90 dB s sebou nesou vysokou závislost na technických kompenzačních pomůckách. Při sluchových ztrátách nad 90 dB nelze předpokládat, že se sluchovou cestou vytvoří komunikace mluvenou řečí (Kisvetrová & Ježorská, 2014). Hlavní metody komunikace používané neslyšícími lidmi zahrnují znakovou řeč, čtení ze rtů a řeč. Mnoho neslyšících může pochopit nějaký ústní jazyk pomocí sluchadla, čtení ze rtů a/ nebo čtení obličejových výrazů. Také velká část neslyšících lidí může používat řeč, aby mohla komunikovat se slyšícími lidmi (Bremner & Goodman, 1992). WHO odhaduje, že na světě je 466 milionů sluchově handicapovaných osob (6,1 % světové populace) (World Health Organization, 2018).

Jakékoliv potíže s porozuměním „normální“ řeči lze považovat za ztrátu sluchu. Existují různé typy a stupně ztráty sluchu. Hluchota je ztráta sluchu, která znemožňuje porozumět řeči samotným sluchem, i když se používá sluchadlo. Nedoslychavost je ztráta sluchu, která vede k tomu, že porozumění řeči je obtížné, ale není nemožné. Zbytkový sluch – zbývající dostupný sluch jednotlivce. V situacích, kdy se sluchové postižení jednotlivce zlepšilo použitím sluchadla, by měl být „zbytkový sluch“ považován za zbývající dostupné slyšení při použití této pomůcky (Bremner & Goodman, 1992). Osoby se sluchovým postižením nelze seřadit přesně podle stupně slyšení ani podle doby vzniku sluchové vady do identických kategorií. Sluchové vady bývají nejčastěji děleny podle velikosti sluchové ztráty, podle místa

vzniku vady nebo podle doby vzniku sluchové vady. Podle velikosti sluchové ztráty je to lehká, střední, těžká a velmi těžká nedoslýchavost, poté hluchota a ohluchlost. Dále podle místa vzniku vady rozlišujeme periferní nedoslýchavost, percepční (senzorieurální) nedoslýchavost nebo hluchotu a smíšenou nedoslýchavost (hluchotu) a nakonec podle doby vzniku sluchové vady dělíme na vrozené a získané vady sluchu (Panská, 2013).

Ze všech sportovních organizací, které podporují osoby se zdravotním postižením, má Mezinárodní výbor sportu neslyšících nejdelsí historii. Znamější paralympijské hry mají kratší historii než deaflympijské hry, kterých se účastní neslyšící sportovci (Kurková et al., 2011). Výhradním organizátorem a představitelem sportu neslyšících v České republice je Český svaz neslyšících sportovců (Milich, 2018).

Jednotlivci se smyslovým postižením jsou omezeni ve své fyzické aktivitě, mají sníženou svalovou sílu, kardiovaskulární vytrvalost, rovnováhu a sportovní výkon. Sportovní aktivity však zlepšují tělesnou zdatnost a psychomotorické schopnosti těchto jedinců, čímž jim umožňují získávat dovednosti každodenního života, orientace a pohyblivosti (Akinoğlu & Kocahan, 2018). Sluchově handicapovaným dětem může pomoci kochleární implantát, který umožňuje obnovit sluch a řeč. Tělesná kondice těchto dětí je horší, protože se formovala v podmínkách sluchové deprivace. Plasticita mozku a potenciál normálního fyzického růstu jim však umožňuje rychle dohnat své zdravé vrstevníky (Zastavna, 2016).

2.5.1 Rovnováha u sluchově handicapovaných

Sluchové a vestibulární orgány jsou navzájem úzce spjaty vzhledem k jejich embryologickému vývoji a lokalizaci vnitřního ucha. Studie ukazují, že vestibulární poškození je také přítomno u dětí se senzorieurální ztrátou sluchu. Vestibulární systém má důležitou roli při zajišťování prostorové orientace a statické rovnováhy (Soylemez, Ertugrul & Dogan, 2019) Rovnováha je úkolem udržet polohu těžiště těla ve svislé rovině a následně provádět koordinované a přesné neuromuskulární aktivity založené na rychlé a trvalé zpětné vazbě z vizuálních, vestibulárních a somatosenzorických konstrukcí. Vyžaduje efektivní fungování a interakci vestibulárních, proprioreceptivních, motorických a vizuálních neurofyzilogických mechanismů (Coskun, Unlu, Golshaei, Kocak & Kirazci, 2019). Ztráta sluchu způsobuje zhoršení ekvivalentních reakcí a svalové koordinace (Walowska, Bolach & Bolach, 2018). Vědci zjistili, že neslyšící jedinci jsou horší než slyšící jedinci v motorickém vývoji a statické a dynamické rovnováze (Gayle & Pohlman, 1990).

2.6 Parametry u fotbalistů – antropometrická a fyziologická charakteristika

Fotbal je nejpopulárnějším sportem na světě, který provádí muži a ženy, děti a dospělí na různých úrovních odbornosti (Stølen et al., 2005) a je charakterizován krátkými sprinty, rychlým zrychlením nebo zpomalením, otáčením, skákáním, kopáním a souboji (Arnason et al., 2004). Obecně se předpokládá, že v průběhu let se hra vyvinula tak, aby se stala rychlejší, s větší intenzitou a agresivnější hrou než bylo vidět dříve. Elitní fotbal je komplexní sport a výkon závisí na řadě faktorů, jako jsou tělesná zdatnost, psychologické faktory, hráčská technika a taktika týmu (Arnason et al., 2004) a vyznačuje se vysokým počtem utkání, které jsou často spojeny s častým cestováním, včetně změn klimatických podmínek a spaní mimo domov. Mezinárodní fotbaloví hráči se zúčastní až 76 pravidelných utkání v průběhu sezóny (Meister, Faude, Ammann, Schnittker, & Meyer, 2013). Typická vzdálenost, kterou překoná špičkový hráč v terénu během utkání, je 10-13 km (Bangsbo et al., 2006). Ačkoli vzdálenost, kterou zastávají různí hráči ve stejné pozici, se liší, studie ukázaly, že záložníci urazí delší vzdálenosti než obránci nebo útočníci, pravděpodobně proto, že mají spojovací roli v týmu (Arnason et al., 2004) a je také známo, že profesionální hráči uběhnou delší vzdálenosti než neprofesionální (Stølen et al., 2005). Meister et al. (2013) a Stølen et al. (2005) uvádí vzdálenost 10-12 km, která je rozptýlena krátkodobými intenzivními a sprinterskými aktivitami (průměrně 17 výbušných sprintů rychlejších než 23 km.h⁻¹), které často předcházejí rozhodujícím činům (Dupont, Millet, Guinhouya, & Berthoin, 2005). Většinu této vzdálenosti však pokrývá chůze a běh nízké intenzity, které vyžadují omezený obrát energie. Z hlediska výroby energie jsou důležité intenzivní výkony. Je tedy zřejmé, že množství pohybu s vysokou intenzitou odděluje špičkové hráče od hráčů nižšího standardu (Bangsbo et al., 2006). Při srovnání s první polovinou bývá ve druhé polovině utkání intenzita pohybu snižena a překonaná vzdálenost je o 5-10 % nižší. Během fotbalového utkání dochází ke sprintu přibližně každých 90 sekund, z nichž každý trvá v průměru 2-4 sekundy. Sprint představuje 1-11 % celkové vzdálenosti překonané během utkání a odpovídá 0,5-3,0 % efektivního hracího času, tj. doby kdy je míč ve hře (Stølen et al., 2005).

Je zřejmé, že fyzická kapacita fotbalistů ovlivňuje jejich technickou výkonnost, taktické rozhodování a četnost zranění (Stølen et al., 2005). Ukázal se trend mezi vysokým počtem dní se zraněním a nedostatkem týmového úspěchu. To naznačuje, že prioritou by měla být prevence úrazů. Předchozí zranění je nejdůležitějším rizikovým faktorem poranění, tudíž klíčovou složkou prevence opakovaných zranění může být adekvátní rehabilitace a sledování zranění (Arnason et al., 2004).

2.6.1 Maximální aerobní kapacita

Stejně jako jiné sporty ani fotbal není věda, ale věda může pomoci zlepšit výkon (Stølen et al., 2005). Prokázalo se, že ke splnění fyziologických požadavků fotbalu je nutná dobrá aerobní kondice (Rampinini et al., 2007) především kvůli trvání hry (Stølen et al., 2005). Také schopnost opakovat sprinty závisí mimo jiné na aerobní zdatnosti (Dupont et al., 2005), vysoká hodnota VO₂max hraje důležitou roli při zotavení mezi vyčerpávajícími výkonově náročnými sprinty a obdobím s vysokou intenzitou během hry ve fotbalovém utkání (Botek et al., 2016). Ve skutečnosti byl zaznamenán významný vztah mezi aerobním výkonem a soutěžním hodnocením, úrovní týmu a celkovou překonanou vzdáleností během utkání (Rampinini et al., 2007).

Fotbal je sport střídavé intenzity, ve kterém je aerobní energetický systém vysoce zdaněn, s průměrnou a maximální hodnotou srdeční frekvence kolem 85 a 98 % maximálních hodnot. Tyto hodnoty mohou být „převedeny“ na spotřebu kyslíku (Bangsbo et al., 2006). VO₂max se pohybuje u mužských fotbalových hráčů v rozmezí 50-75 ml.kg⁻¹.min⁻¹, zatímco u brankářů je hodnota 50-55 ml.kg⁻¹.min⁻¹. Tradičně mají juniorští fotbalisté nižší VO₂max (<60 ml.kg⁻¹.min⁻¹) než senioři, existují však výjimky (Stølen et al., 2005).

2.6.2 Tělesné složení

Optimální zdraví je předpokladem špičkového sportovního výkonu a složení těla hraje rozhodující roli ve zdraví sportovců (Fields, Merrigan, White, & Jones, 2018). Složení těla je klíčovým faktorem ve fyzickém uzpůsobení profesionálního fotbalisty (Sutton, Scott, Wallace, & Reilly, 2009). Vědci identifikovali určité antropometrické a kondiční vlastnosti, které předurčují některé hráče k úspěchu ve fotbale (Carling & Orhant, 2010). Nízký poměr tukové hmoty k tukuprosté hmotě je obecně příznivý pro sportovce a poskytuje základ pro sportovní specifické dovednosti a pohybové aktivity (Fields et al., 2018). Tukuprostá hmota, která zahrnuje svalovou hmotu a kostní minerální hmotu, je důležitá pro rychlost, sílu a odolnost vůči zranění (Sutton et al., 2009). Fotbalisté mohou být nepříznivě ovlivněni nadměrným tukem a velkou velikostí těla, protože musí opakovaně zvednout jejich tělesnou hmotnost proti gravitaci k vykonání vysokorychlostního běhu, hbitosti a skákání (Fields et al., 2018; Sutton et al., 2009). Kromě toho existují antropometrické a kondiční predispozice pro různé hrací pozice. Výzkumy s elitními fotbalisty zdůrazňují rozdíly ve velikosti těla a složení mezi jednotlivci podle hracích postů, ačkoli nejpozoruhodnější rozdíly byly nalezeny mezi brankáři a hráči z pole (Carling & Orhant, 2010). Nejvyšší procento tělesného tuku měli právě brankáři, následovali obránci, záložníci a nejmenší procentuální zastoupení tuku se

vyskytovalo u útočníků. Brankáři měli i nejvyšší celkovou hmotnost, druzí byli obránci, třetí útočníci a nejnižší hmotností korespondovali záložníci (Fields et al., 2018; Sutton et al., 2009). Mezi hráči z pole bylo zpozorováno jen velmi málo rozdílů. Obránci byli výrazně vyšší než záložníci, což může být považováno za náznak toho, že výška je v této pozici výhodou kvůli schopnosti dosažení vysokých míčů v jejich obranné roli (Arnason et al., 2004). Zpráva o mladých hráčích na vysoké úrovni také ukázala rozdíly mezi hráči v terénu. Útočníci mají vyšší odhadované hodnoty tělesného tuku než obránci (Carling & Orhant, 2010).

3 Cíle

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem práce je zjistit rozdíly u vybraných somatických a fyziologických parametrů mezi sluchově handicapovanými a zdravými hráči fotbalu.

3.2 Dílčí cíl

Dílčí cíl je porovnat rozdíly mezi měřenými skupinami v aktivitě autonomního nervového systému.

3.3 Hypotézy

H01. Mezi sluchově handicapovanými a slyšícími sportovci není rozdíl v hodnotě podaného maximálního výkonu.

H02. Nejsou rozdíly mezi hodnotami VO₂max u slyšících a u neslyšících sportovců.

H03. Mezi sluchově handicapovanými a slyšícími fotbalisty není rozdíl v procentuálním zastoupení tělesného tuku.

H04. Není rozdíl v hodnotách časového ukazatele variability srdeční frekvence (rMSSD) mezi sluchově handicapovanými a zdravými fotbalisty.

4 Metodika

4.1 Charakteristika souboru

Bylo měřeno 15 slyšících a 15 neslyšících fotbalistů ve věku od 20 do 24 let. Všichni probandi před zahájením poskytli svůj písemný souhlas s testováním.

4.2 Metodika sběru dat

Pro syntézu poznatků jsem čerpal především z bibliografických a citačních databází, a to zejména z Web of Science, popřípadě Scopus. Dále jsem jako zdroje použil několik knih či článků z univerzitních knihoven a v nejmenší míře webové stránky.

Měření sportovců proběhlo v Centru kinantropologického výzkumu Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého.

4.2.1 Měření antropometrických parametrů

Pro měření základních somatických parametrů byl použit přístroj InBody 720, který pracuje na základě bioelektrické impedance pomocí 8 bodových dotykových elektrod. To je metoda založena na vodivosti elektrického proudu. Tuk se chová jako izolátor, ale svaly a jiná tukuprostá hmota s vysokým obsahem vody jsou dobrými vodiči. Hlavními výhodami bioelektrické impedance je rychlost, jednoduchost a bezpečnost. Nevýhodou je použitelnost přístroje pouze pro zdravou průměrnou populaci. Kvůli přesnějšímu měření by se měly podle Riegerové et al. (2006) dodržovat standardní podmínky, a to před testem nejíst a nepít po dobu 4-5 hodin, necvičit po dobu 12 hodin a nepožívat alkohol po dobu 24 hodin. Dále by se měl před testem vyprázdnit močový měchýř a organismus opětovně zavodnit neslazenou tekutinou. Důležitý je i typ použitých elektrod a běžná teplota místnosti.

4.2.2 Měření fyziologických parametrů

Fotbalisté podstoupili maximální zátěžový test na běžícím pásu (Lode Valiant) za účelem zjištění VO_{2max} . Test začal 4minutovým zahřáním s počáteční rychlostí 8 $km \cdot h^{-1}$ a 5% sklonem. Následně se rychlost zvýšila na 1 minutu na 10 $km \cdot h^{-1}$. Poté se každou minutou zvyšovala rychlost o 2 $km \cdot h^{-1}$ a sklon o 2 %. Tímto způsobem trvalo měření až do dosažení subjektivního maxima probanda.

Ze zátěžového testu byl zjištěn i maximální výkon (P_{max}). P_{max} byl stanoven nepřímou podle následujícího vzorce: $P = (0.2 s + 0.9 sg + 3.5) / 10.5$, kde P je relativní výkon ($W \cdot kg^{-1}$), s je rychlost ($m \cdot min^{-1}$) a g je dílčí stupeň (bezrozměrná jednotka) (Botek et al., 2016).

Pro měření srdeční frekvence a variability srdeční frekvence byl použit diagnostický systém DiANSPF8 s telemetrickým přenosem EKG a dýchací frekvence.

4.3 Statistické zpracování dat

Získaná data byla nejprve roztržena a následně zpracována v počítačovém programu Microsoft Office Excel 2007. Pomocí t-testu bylo určeno, zda rozdílné hodnoty v určitých parametrech mezi skupinami jsou statisticky významné či nikoli. Hodnoty statisticky významné jsou pro $p < 0,05$.

5 Výsledky

Všech 30 probandů se zúčastnilo antropometrického měření, ze kterého vzešlo, že průměrná výška slyšících fotbalistů je $180,6 \pm 5,4$ cm a hmotnost $74,7 \pm 5,1$ kg. Průměrné procentuální tukové zastoupení činí $9,7 \pm 2,6$ %. U měřených neslyšících sportovců je průměrná výška $178,7 \pm 5,0$ cm, hmotnost $76,2 \pm 10,4$ kg a procentuální zastoupení tuku $13,8 \pm 4,0$ %.

Tabulka 3. Porovnání somatických parametrů mezi slyšícími a neslyšícími fotbalisty

	Výška (cm)		Hmotnost (kg)		Tuk (%)	
	Neslyšící	Slyšící	Neslyšící	Slyšící	Neslyšící	Slyšící
Průměr	178,7	180,6	76,2	74,7	13,8	9,7
SD	5,0	5,4	10,4	5,1	4,0	2,6
Maximum	187,1	190,0	97,0	82,7	20,0	12,7
Minimum	168,9	170,9	61,8	65,2	6,3	5,9
p (t-test)	0,321		0,623		0,003	

Vysvětlivky: SD – směrodatná odchylka, p – statistická významnost

Hlavním fyziologickým parametrem, který nás zajímal, byla maximální spotřeba kyslíku. Průměrné VO₂max u slyšících fotbalistů je $59,3 \pm 2,8$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, u neslyšících je průměrná hodnota $52,5 \pm 6,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹. Dále bylo zjištěno, že slyšící fotbalisti podají vyšší maximální výkon. Průměrná hodnota je $6,32 \pm 0,25$ W.kg⁻¹. U neslyšících je tato hodnota poněkud nižší, a to $5,41 \pm 0,47$ W.kg⁻¹. V tabulce 4 je také porovnání srdeční frekvence a časového ukazatele variability srdeční frekvence.

Tabulka 4. Porovnání fyziologických parametrů mezi slyšícími a neslyšícími fotbalisty

	VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)		SF leh (tep.min ⁻¹)		Pmax (W.kg ⁻¹)		rMSSD leh (ms)	
	Neslyšící	Slyšící	Neslyšící	Slyšící	Neslyšící	Slyšící	Neslyšící	Slyšící
Průměr	52,5	59,3	61,5	55,6	5,41	6,32	4,28	4,31
SD	6,2	2,8	9,5	9,0	0,47	0,25	0,49	0,75
Maximum	66,2	65,0	82,2	75,2	6,4	7,1	4,92	5,44
Minimum	43,2	53,7	48,3	42,4	4,8	6,1	3,51	2,51
p (t-test)	0,001		0,091		0,000		0,892	

Vysvětlivky: SD – směrodatná odchylka, p – statistická významnost, VO₂max – maximální spotřeba kyslíku, SF leh – srdeční frekvence v lehu, Pmax – maximální výkon, rMSSD leh – časový ukazatel variability srdeční frekvence

5.1 Vyjádření k hypotézám

H01. Mezi sluchově handicapovanými a slyšícími sportovci není rozdíl v hodnotě podaného maximálního výkonu.

Slyšící fotbalisti podali signifikantně vyšší maximální výkon než neslyšící. Průměrná hodnota P_{max} u slyšících je $6,32 \pm 0,25 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$. U neslyšících je tato hodnota $5,41 \pm 0,47 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$. Proto hypotézu H01 nepřijímám.

H02. Nejsou rozdíly mezi hodnotami VO_{2max} u slyšících a u neslyšících sportovců.

U zdravých fotbalistů byla naměřena vyšší hodnota maximální spotřeby kyslíku než u jejich sluchově handicapovaných protějšků. Průměrné VO_{2max} u slyšících fotbalistů je $59,3 \pm 2,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, u neslyšících je průměrná hodnota $52,5 \pm 6,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Proto na základě statisticky významného rozdílu hypotézu H02 nepřijímám.

H03. Mezi sluchově handicapovanými a slyšícími fotbalisty není rozdíl v procentuálním zastoupení tělesného tuku.

U sluchově handicapovaných fotbalistů byla naměřena signifikantně vyšší hodnota procenta tělesného tuku než u slyšících fotbalistů. Průměrné procentuální tukové zastoupení u zdravých sportovců činí $9,7 \pm 2,6 \%$ a u neslyšících $13,8 \pm 4,0 \%$. Proto hypotézu H03 nepřijímám.

H04. Není rozdíl v hodnotách časového ukazatele variability srdeční frekvence (rMSSD) mezi sluchově handicapovanými a zdravými fotbalisty.

Mezi měřenými skupinami nebyly naměřeny rozdíly v oblasti variability srdeční frekvence. U neslyšících sportovců byla průměrná naměřená hodnota rMSSD $4,28 \pm 0,49 \text{ ms}$, u slyšících $4,31 \pm 0,75 \text{ ms}$. Proto hypotézu H04 přijímám.

6 Diskuse

Výsledky měření ukázaly, že sluchově handicapovaní fotbalisti mají vyšší procento tělesného tuku a nižší maximální spotřebu kyslíku ve srovnání se zdravými fotbalisty. Je známo, že tělesné složení se liší v závislosti na postu hráče. Výzkumy ukázaly, že procenta tělesného tuku a hodnoty tělesné hmotnosti se značně liší mezi brankáři a ostatními hráči ze hřiště (Carling & Orhant, 2010). Mají taky nižší VO₂max, což dokazuje odlišnost jejich tréninkového zaměření a individuálního výkonu v porovnání s ostatními hráči v poli (Stølen et al., 2005). Szulc et al. (2017) uvedli výsledky dřívější studie, kdy slyšící dívky se vyznačovaly větší rychlostí pohybu a pohybovou hbitostí ve srovnání s neslyšícími dívkami. Zároveň bylo zpozorováno, že neslyšící dívky mají nižší úroveň síly a vytrvalosti v horních končetinách. Ve věku 14 až 15 let tyto rozdíly mizí, avšak u neslyšících dívek je zjištěno vyšší procento tělesného tuku. Neuls et al. (2019) zkoumali rozdíly mezi neslyšícími fotbalisty českého národního týmu a jejich slyšícími protějšky z české první ligy. Jejich výsledky potvrzují, že neslyšící fotbalisti mají signifikantně vyšší procento tělesného tuku a s tím spojenou nižší hodnotu maximální spotřebu kyslíku.

Dále byl v této práci zjištěn rozdíl v hodnotách maximální výkonu ve prospěch slyšících sportovců. Tento výsledek koreluje s výsledkem studie Neulse et al. (2019), kde hodnota P_{max} u neslyšících byla $5.40 \pm 0.43 \text{ W.kg}^{-1}$ a u slyšících $6.35 \pm 0.33 \text{ W.kg}^{-1}$. Szulc et al. (2017) prováděli výzkum, při kterém porovnávali polské slyšící a neslyšící hráčky fotbalu. Výsledky jejich studie neukázaly významný rozdíl mezi neslyšícími a slyšícími fotbalistkami ve stavbě a složení těla. Ovšem v biomechanických parametrech analyzovaných ve studii včetně maximálního výkonu existovaly statisticky významné rozdíly. Avšak dostupná literatura o neslyšících postrádá spolehlivé, systematické a aktuální statistické údaje spojené s problémy jejich fyzické aktivity. Více je známa spojitost mezi sluchem a rovnováhou. Schopnosti zraku a sluchu jsou považovány za nejdůležitější sensorický vstup v procesu udržování posturální kontroly. Jakékoli zhoršení schopnosti sluchu ovlivňuje udržení rovnováhy jako důsledek poškození vestibulárního systému a zhoršení nervových struktur (Akmoğlu & Kocahan, 2018).

Rozdíl u hodnot srdeční frekvence či časové domény variability srdeční frekvence mezi měřenými skupinami v této práci nebyl nalezen. Uçar, Tutar, Tekin & Atalay (2010) porovnávali variabilitu srdeční frekvence mezi neslyšícími a slyšícími dětmi. VSF byla měřena výpočtem indexů časových a frekvenčních domén z 24hodinových záznamů a z 6hodinových záznamů získaných během spánku subjektů. Studie neukázala žádný

signifikantní rozdíl v parametrech VSF mezi neslyšícími a zdravými dětmi. Měření Neulse et al. (2019) neukázalo rozdíl hodnot Ln rMSSD (přirozený logaritmus rMSSD) mezi srovnávanými skupinami. Na druhou stranu jejich výsledky poukázaly na signifikantně vyšší klidovou srdeční frekvenci u neslyšících sportovců v porovnání se zdravými. Avšak po korekci na procenta tělesného tuku tyto rozdíly již významné nebyly včetně rozdílu hodnot VO₂max.

Vztah mezi fungováním parasympatiku a sluchovým postižením je relativně neznámý. Studie zabývající se tímto vztahem využívaly vysokofrekvenční složku variability srdeční frekvence k hodnocení aktivity parasympatiku a zjistily sníženou vysokofrekvenční složku VSF u účastníků se sluchovým postižením ve srovnání se zdravými účastníky (Wang et al., 2016).

Limity práce:

- neznalost intenzity a objemu tréninku,
- neznalost úrovně sluchového handicapu daných fotbalistů

7 Závěry

U somatických parametrů vyšlo najevo, že signifikantní rozdíly se nachází v procentuálním tukovém zastoupení. Průměrná naměřená hodnota u slyšících sportovců je $9,7 \pm 2,6$ %, zatímco u sluchově handicapovaných sportovců $13,8 \pm 4,0$ %. Výška nebo celková hmotnost se nijak závratně neliší v závislosti na tom, zda proband slyší či nikoli. Z fyziologických parametrů je právě statisticky významná odlišnost u maximální spotřeby kyslíku. Naměřená hodnota VO_{2max} u slyšících činí $59,3 \pm 2,8$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, u sluchově handicapovaných sportovců je rovna $52,5 \pm 6,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹. Signifikantní rozdíl byl zjištěn také v maximálním výkonu. Průměrná hodnota u slyšících je $6,32 \pm 0,25$ W.kg⁻¹. U neslyšících je tato hodnota poněkud nižší, a to $5,41 \pm 0,47$ W.kg⁻¹. Na srdeční frekvenci nemá sluchový handicap statisticky významný vliv. Průměrná srdeční frekvence v lehu u neslyšících sportovců je $61,5 \pm 9,5$ tepů za minutu, u zdravých sportovců je tato hodnota $55,6 \pm 9,0$ tepů za minutu. Zároveň nebyly nalezeny rozdíly ani v hodnotách časového ukazatele variability srdeční frekvence. U neslyšících fotbalistů je průměrná naměřená hodnota rMSSD $4,28 \pm 0,49$ ms, u slyšících $4,31 \pm 0,75$ ms. Ovšem našly se mezi neslyšícími i výjimky, u kterých byly hodnoty srovnatelné se slyšícími sportovci.

8 Souhrn

Hlavním cílem práce bylo zjistit rozdíly u vybraných somatických a fyziologických parametrů mezi sluchově handicapovanými fotbalisty a zdravými fotbalisty. Dílčím cílem bylo porovnat hodnoty mezi samotnými neslyšícími sportovci. Mezi měřené somatické parametry patří výška, hmotnost a procento tělesného tuku. Z fyziologických parametrů jsme se zaměřili na VO₂max, srdeční frekvenci a maximální výkon. Bylo testováno 15 slyšících a 15 neslyšících fotbalistů ve věku od 20 do 24 let. Testování proběhlo na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Sportovci podstoupili měření somatických parametrů na přístroji InBody 720 a maximální zátěžový test na běžeckém pásu. Průměrná výška slyšících je $180,6 \pm 5,4$ cm a hmotnost $74,7 \pm 5,1$ kg. U měřených neslyšících sportovců je průměrná výška $178,7 \pm 5,0$ cm a hmotnost $76,2 \pm 10,4$ kg. Signifikantní rozdíly mezi zkoumanými skupinami byly zjištěny u procentuálního zastoupení tukové složky. Přestože se našla i výjimka mezi sluchově handicapovanými sportovci, obecně lze říci, že slyšící fotbalisté mají nižší procento tělesného tuku a s tím spojenou vyšší hodnotu VO₂max než neslyšící. Hodnota průměrného procenta tělesného tuku u slyšících fotbalistů je rovna $9,7 \pm 2,6$ %, u neslyšících je $13,8 \pm 4,0$ %. U neslyšících je vidět relativně velký rozsah hodnot. Naměřené minimum je 6,3% tuku a maximum až 20% tukové složky. Jak už bylo zmíněno, další významnou odlišnou hodnotou mezi sledovanými soubory je maximální spotřeba kyslíku. Průměrné VO₂max u slyšících fotbalistů je $59,3 \pm 2,8$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, u neslyšících je průměrná hodnota $52,5 \pm 6,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹. I u tohoto parametru se ukázala odlišnost mezi jednotlivými sluchově handicapovanými sportovci. Naměřená nejnižší hodnota VO₂max je pouze $43,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ a nejvyšší dokonce $66,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹. Je překvapující, že toto číslo je vyšší než všechny naměřené hodnoty u slyšících fotbalistů. U klidové srdeční frekvence či variability srdeční frekvence nebyly rozdíly zjištěny. Naopak měření maximálního výkonu ukázalo signifikantní rozdíly. Průměrná hodnota u slyšících sportovců je $6,32 \pm 0,25$ W.kg⁻¹. U neslyšících je tato hodnota rovna $5,41 \pm 0,47$ W.kg⁻¹.

Po naměřených výsledcích můžeme obecně říci, že slyšící fotbalisté mají nižší procento tělesného tuku a s tím spojenou vyšší spotřebu kyslíku. Zároveň podají i vyšší maximální výkon než neslyšící sportovci. Mezi neslyšícími fotbalisty se ovšem objevily výjimky, jejichž výsledky jsou srovnatelné se slyšícími.

9 Summary

The main aim of this work was to find out differences in selected somatic and physiological parameters between hearing impaired and healthy footballers. The partial goal was to compare the values among the deaf athletes. Measured somatic parameters include height, weight and body fat percentage. From physiological parameters we focused on VO₂max, heart rate and maximum power. Fifteen hearing and fifteen hearing impaired footballers aged between 20 and 24 were tested. Testing took place at the Faculty of physical culture of Palacky University in Olomouc. Athletes underwent somatic parameters measurements with an InBody 720 and a maximal treadmill load test. The average height of hearing is $180,6 \pm 5,4$ cm and the weight is $74,7 \pm 5,1$ kg. For deaf athletes the average height is $178,7 \pm 5,0$ cm and the weight is $76,2 \pm 10,4$ kg. Significant differences were found in the percentage of fat component between the studied groups. Although an exception has been found among hearing impaired athletes, generally speaking, hearing football players have a lower percentage of body fat and related higher VO₂max than the deaf footballers. The average percentage of body fat for hearing footballers is $9,7 \pm 2,6$ %, and $13,8 \pm 4,0$ % for deaf players. For deaf people, a relatively large range of values can be seen. The measured minimum is 6,3 % of fat and a maximum of fat component is even 20 %. As already mentioned, another significant different value among the observed files is the maximum oxygen uptake. The average VO₂max for hearing footballers is $59,3 \pm 2,8$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, for deaf people the average value is $52,5 \pm 6,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹. Even this parameter showed a difference between individual hearing impaired athletes. The lowest measured VO₂max is only 43,2 ml.kg⁻¹.min⁻¹ and the highest is even 66,2 ml.kg⁻¹.min⁻¹. It is surprising that this value is higher than all the measured values of the hearing footballers. There were no differences in resting heart rate or heart rate variability. In contrast, maximum power measurement showed significant differences. The average value for hearing athletes is $6,32 \pm 0,25$ W.kg⁻¹. For hearing impaired people this value is $5,41 \pm 0,47$ W.kg⁻¹.

We can generally say that hearing football players have a lower percentage of body fat and related higher oxygen uptake. Simultaneously, they also perform higher maximum power than deaf athletes. However, there have been exceptions among deaf footballers whose results are comparable with hearing football players.

10 Referenční seznam

- Abhishekh, H. A., Nisarga, P., Kisan, R., Meghana, A., Chandran, S., Trichur Raju, & Sathyaprabha, T. N. (2013). Influence of age and gender on autonomic regulation of heart. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 27(3), 259–264. <https://doi.org/10.1007/s10877-012-9424-3>
- Akinoğlu, B., & Kocahan, T. (2018). Comparison of muscular strength and balance in athletes with visual impairment and hearing impairment. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(5), 765–770. <https://doi.org/10.12965/jer.1836304.152>
- Alvares, G. A., Quintana, D. S., Hickie, I. B., & Guastella, A. J. (2016). Autonomic nervous system dysfunction in psychiatric disorders and the impact of psychotropic medications: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 41(2), 89–104. <https://doi.org/10.1503/jpn.140217>
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical Fitness, Injuries, and Team Performance in Soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(2), 278–285. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000113478.92945.CA>
- Baek, H. J., Cho, C.-H., Cho, J., & Woo, J.-M. (2015). Reliability of ultra-short-term analysis as a surrogate of standard 5-min analysis of heart rate variability. *Telemedicine and E-Health*, 21(5), 404–414. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0104>
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674. <https://doi.org/10.4324/9780203967430>
- Berntson, G. G. G., others, Bigger, J. T., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., ... VanderMolen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623–648. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb02140.x>
- Billington, C. J., Epstein, L. H., Goodwin, N. J., Hill, J. O., Pi-Sunyer, F. X., Rolls, B. J., ... Harrison, B. (2000). Overweight, obesity, and health risk. *Archives of Internal Medicine*, 160(7), 898–904. <https://doi.org/10.1001/archinte.160.7.898>
- Billman, G. E. (2011). Heart rate variability - A historical perspective. *Frontiers in Physiology*, 2(Article number: 86). <https://doi.org/10.3389/fphys.2011.00086>
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute

- changes in training load. *European Journal of Applied Physiology*, 101(4), 503–511. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0516-6>
- Botek, M., Krejčí, J., & McKune, A. J. (2017). *Variabilita srdeční frekvence v tréninkovém procesu: historie, současnost a perspektiva*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. <https://doi.org/10.5507/ftk.16.24452029>
- Botek, M., Krejčí, J., McKune, A. J., & Klimešová, I. (2016). Somatic, endurance performance and heart rate variability profiles of professional soccer players grouped according to age. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 65–74. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0035>
- Botek, M., Krejčí, J., & Weisser, R. (2014). Autonomic cardiac regulation and morpho-physiological responses to eight week training preparation in junior soccer players. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 44(3), 155–163. <https://doi.org/10.5507/ag.2014.016>
- Botek, M., McKune, A. J., Krejci, J., Stejskal, P., & Gaba, A. (2014). Change in performance in response to training load adjustment based on autonomic activity. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 482–488. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1354385>
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnánek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory (vybrané kapitoly, část I)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Botek, M., Stejskal, P., Jakubec, A., & Kalina, M. (2004). Kvantifikace aktivity autonomního nevodového systému v zotavení s možností monitorování procesu superkompenzace metodou spektrální analýzy variability srdeční frekvence. In *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech- od teorie k praxi* (pp. 10–17). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Bremner, A., & Goodman, S. (1992). *Coaching deaf athletes*. Australian Sports Commission, Australian Coaching Council.
- Brodie, D. A. (1988). Techniques of measurement of body composition part I. *Sports Medicine*, 5(1), 11–40. <https://doi.org/10.2165/00007256-198805010-00003>
- Camm, J., Malik, M., Bigger, J., Breithardt, G., Cerutti, S., Cohen, R., ... Singer, D. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17(3), 354–381. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Carling, C., & Orhant, E. (2010). Variation in body composition in professional soccer players: Interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1332–1339.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc6154>

- Carnethon, M. R., Jacobs, D. R., Sidney, S., Sternfeld, B., Gidding, S. S., Shoushtari, C., & Liu, K. (2005). A longitudinal study of physical activity and heart rate recovery: CARDIA, 1987-1993. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(4), 606–612. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000158190.56061.32>
- Cirulli, E. T., Guo, L., Leon Swisher, C., Shah, N., Huang, L., Napier, L. A., ... Telenti, A. (2019). Profound perturbation of the metabolome in obesity is associated with health risk. *Cell Metabolism*, 29(2), 488–+. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.09.022>
- Coskun, B., Unlu, G., Golshaei, B., Kocak, S., & Kirazci, S. (2019). Comparison of the static and dynamic balance between normal-hearing and hearing-impaired wrestlers. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 8(1), 11-16. <https://doi.org/10.26773/mjssm.190302>
- de Geus, E. J. C., Gianaros, P. J., Brindle, R. C., Jennings, J. R., & Bertson, G. G. (2018). Should heart rate variability be “corrected” for heart rate? Biological, quantitative, and interpretive considerations. *Psychophysiology*, 56(2), Article number: UNSP e13287. <https://doi.org/10.1111/psyp.13287>
- Dimopoulos, S., Anastasiou-Nana, M., Sakellariou, D., Drakos, S., Kapsimalakou, S., Maroulidis, G., ... Nanas, S. (2006). Effects of exercise rehabilitation program on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. *European Journal of Preventive Cardiology*, 13(1), 67–73. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000198449.20775.7c>
- Dixson, B. J., Grimshaw, G. M., Ormsby, D. K., & Dixson, A. F. (2014). Eye-tracking women’s preferences for men’s somatotypes. *Evolution and Human Behavior*, 35(2), 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2013.10.003>
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., ... Bunc, V. (2012). *Výkon a trénink ve sportu* (4. vyd.). Velké Přílepy: Olympia, s.r.o.
- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2004.06.002>
- Eguchi, K., Aoki, R., Yoshida, K., & Yamada, T. (2017). Reliability evaluation of R-R interval measurement status for time domain heart rate variability analysis with wearable ECG devices. In *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS* (pp. 1307–1311). <https://doi.org/10.1109/EMBC.2017.8037072>
- El-Kotob, R., Craven, B. C., Mathur, S., Ditor, D., Oh, P., & Verrier, M. C. (2017). Assessing

- heart rate variability as a surrogate measure of cardiac autonomic function in chronic traumatic spinal cord injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 24(1), 28–36. <https://doi.org/10.1310/sci17-00002>
- Fields, J. B., Merrigan, J. J., White, J. B., & Jones, M. T. (2018). Body composition variables by sport and sport-position in elite collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(11), 3153–3159. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002865>
- Florea, V. G., & Cohn, J. N. (2014). The autonomic nervous system and heart failure. *Circulation Research*, 114(11), 1815–1826. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.114.302589>
- Franco, D., Frago, I., Andrea, M., Teles, J., & Martins, F. (2017). Somatotype and body composition of normal and dysphonic adult speakers. *Journal of Voice*, 31(1), Article number: 132.e9. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.11.020>
- Gamelin, F., Berthoin, S., & Bosquet, L. (2006). Validity of the Polar S810 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *Journal of the American College of Sports Medicine*, 38(5), 887–893. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000218135.79476.9c> 00005768-200605000-00013 [pii]
- Gayle, G. W., & Pohlman, R. L. (1990). Comparative study of the dynamic, static, and rotary balance of deaf and hearing children. *Perceptual and Motor Skills*, 70(3), 883–888. <https://doi.org/10.2466/PMS.70.3.883-888>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(S2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hawkins, S. A., Marcell, T. J., Jaque, S. V., & Wiswell, R. A. (2001). A longitudinal assessment of change in $\dot{V}O_{2max}$ and maximal heart rate in master athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(10), 1744–1750. <https://doi.org/10.1097/00005768-200110000-00020>
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., ... Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve $\dot{V}O_{2max}$ more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Hensen, S. J. (2017). Measuring physical activity with heart rate monitors. *American Journal of Public Health*, 107(12), E24–E24. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304121>
- Hettinga, F. J., Monden, P. G., Van Meeteren, N. L. U., & Daanen, H. A. M. (2014). Cardiac acceleration at the onset of exercise: A potential parameter for monitoring progress

- during physical training in sports and rehabilitation. *Sports Medicine*, 4(5), 591–602. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0141-y>
- Ho, M. S. H., Appleton, P. R., Cumming, J., & Duda, J. L. (2015). Examining the relationship between perfectionism dimensions and burning out symptoms in deaf and hearing athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 9(2), 156–172. <https://doi.org/10.1123/jcsp.2014-0035>
- Hurst, J. W. (1998). Naming of the waves in the ECG, with a brief account of their genesis. *Circulation*, 100(25), 1937–1942. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.98.18.1937>
- Irish, T., Cavallerio, F., & McDonald, K. (2018). “Sport saved my life” but “I am tired of being an alien!”: Stories from the life of a deaf athlete. *Psychology of Sport and Exercise*, 37, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.10.007>
- Irving, B. A., Davis, C. K., Brock, D. W., Weltman, J. Y., Swift, D., Barrett, E. J., ... Weltman, A. (2008). Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(11), 1863–1872. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181801d40>
- Kisvetrová, H., & Ježorská, Š. (2014). *Osoby se zdravotním postižením*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R. H., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Medicine*, 41(4), 307–328. <https://doi.org/10.2165/11586070-000000000-00000>
- Koenig, J., Jarczok, M. N., Warth, M., Ellis, R. J., Bach, C., Hillecke, T. K., & Thayer, J. F. (2014). Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability - A replication using short term measurements. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 18(3), 300–302. <https://doi.org/10.1007/s12603-014-0022-6>
- Kurková, P., Válková, H., & Scheetz, N. (2011). Factors impacting participation of European elite deaf athletes in sport. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 607–618. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.548821>
- Lamberts, R. P., Swart, J., Capostagno, B., Noakes, T. D., & Lambert, M. I. (2010). Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(3), 449–457. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00977.x>
- Lazarus, B. H., Stewart, A. M., White, K. M., Rowell, A. E., Esmaili, A., Hopkins, W. G., & Aughey, R. J. (2017). Proposal of a global training load measure predicting match performance in an elite team sport. *Frontiers in Physiology*, 8(Article number: 930).

<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00930>

- Lehnert, M., Novosad, J., & Neuls, F. (2001). *Základy sportovního tréninku I*. Olomouc: Nakladatelství HANEX.
- Loturco, I., Bishop, C., Ramirez-Campillo, R., Romano, F., Alves, M., Pereira, L. A., & McGuigan, M. (2018). Optimum power loads for elite boxers: Case study with the Brazilian national olympic team. *Sports*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/sports6030095>
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Martino, M., Gledhill, N., & Jamnik, V. (2002). High VO₂max with no history of training is primarily due to high blood volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 966–971. <https://doi.org/10.1097/00005768-200206000-00010>
- Matabuena, M., Vidal, J. C., Hayes, P. R., & Huelin Trillo, F. (2018). A 6-minute sub-maximal run test to predict VO₂ max. *Journal of Sports Sciences*, 36(22), 2531–2536. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1468149>
- Meister, S., Faude, O., Ammann, T., Schnittker, R., & Meyer, T. (2013). Indicators for high physical strain and overload in elite football players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(2), 156–163. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01354.x>
- Milich, J. (2018). O svazu. *Český svaz neslyšících sportovců*. Retrieved from <http://csns-sport.cz/o-svazu>
- Molfino, A., Fiorentini, A., Tubani, L., Martuscelli, M., Fanelli, F. R., & Laviano, A. (2009). Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(10), 1263–1265. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.35>
- Murphy, A. J., & Davies, P. S. W. (2008). Body cell mass index in children: Interpretation of total body potassium results. *British Journal of Nutrition*, 100(3), 666–668. <https://doi.org/10.1017/S0007114507901269>
- Neuls, F., Botek, M., Krejčí, J., Panská, S., Vyhnánek, J., McKune, A. (in press). Performance-associated parameters of players from the deaf Czech Republic national soccer team: A comparison with hearing first league players. *Sport Sciences for Health*. DOI: 10.1007/s11332-019-00539-z
- Novak, L. P. (1972). Aging, total body potassium, fat-free mass, and cell mass in males and females between ages 18 and 85 years. *Journal of Gerontology*, 27(4), 438–443. <https://doi.org/10.1093/geronj/27.4.438>

- Opavský, J. (2002). *Autonomní nervový systém a diabetická autonomní neuropatie*. Praha: Galén.
- Opavský, J. (2004). Metody vyšetřování autonomního nervového systému a spektrální analýza srdeční frekvence v klinické praxi. In J. Salinger (Ed.), *Variabilita srdeční frekvence a její hodnocení v biomedicínských oborech- od teorie k praxi* (pp. 81–85). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Panská, S. (2013). *Aplikované pohybové aktivity osob se sluchovým postižením*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Park, H. Y., Jung, W. S., Kim, J., & Lim, K. (2019). Twelve weeks of exercise modality in hypoxia enhances health-related function in obese older Korean men: A randomized controlled trial. *Geriatrics and Gerontology International*, *19*(4), 311–316. <https://doi.org/10.1111/ggi.13625>
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Petković, D., Čojbašić, Ž., & Lukić, S. (2013). Adaptive neuro fuzzy selection of heart rate variability parameters affected by autonomic nervous system. *Expert Systems with Applications*, *40*(11), 4490–4495. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.01.055>
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2009). *Funkční anatomie II*. Olomouc: Nakladatelství HANEX.
- Ramaekers, D., Ector, H., Aubert, A. E., Rubens, A., & Van De Werf, F. (1998). Heart rate variability and heart rate in healthy volunteers: Is the female autonomic nervous system cardioprotective? *European Heart Journal*, *19*(9), 1334–1341. <https://doi.org/10.1053/euhj.1998.1084>
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(3), 228–235. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924340>
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: HANEX.
- Rohmert, W., Laurig, W., Philipp, U., & Luczak, H. (1973). Heart rate variability and workload measurement. *Ergonomics*, *16*(1), 33–44. Rohmert, W., Laurig, W., Philipp, U., Lucza. <https://doi.org/10.1080/00140137308924480>
- Sawczuk, T., Jones, B., Scantlebury, S., & Till, K. (2018). Relationships between training load, sleep duration, and daily well-being and recovery measures in youth athletes. *Pediatric Exercise Science*, *30*(3), 345–352. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0190>

- Şaylan, B., Çevik, A., Tavli, V., & Vitrinel, A. (2011). Spectral and time-domain analyses of heart-rate variability in children with severe upper airway obstruction. *Balkan Medical Journal*, 28(2), 148–150. <https://doi.org/10.5174/tutfd.2009.03323.4>
- Schippers, A., Aben, B., Griep, Y., & Van Overwalle, F. (2018). Ultra-short term heart rate variability as a tool to assess changes in valence. *Psychiatry Research*, 270(July), 517–522. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.10.005>
- Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhove, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., ... Ferrauti, A. (2018). Heart rate monitoring in team sports-A conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. *Frontiers in Physiology*, 9(Article number: 639). <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00639>
- Schoffelen, P. F. M., den Hoed, M., van Breda, E., & Plasqui, G. (2019). Test-retest variability of VO₂max using total-capture indirect calorimetry reveals linear relationship of VO₂ and Power. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 29(2), 213–222. <https://doi.org/10.1111/sms.13324>
- Serra-Prat, M., Lorenzo, I., Palomera, E., Ramírez, S., & Yébenes, J. C. (2019). Total body water and intracellular water relationships with muscle strength, frailty and functional performance in an elderly population. A cross-sectional study. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 23(1), 96–101. <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1129-y>
- Soylemez, E., Ertugrul, S., & Dogan, E. (2019). Assessment of balance skills and falling risk in children with congenital bilateral profound sensorineural hearing loss. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 116, 75-78. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.10.034>
- Stiegler, P., & Cunliffe, A. (2006). The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Medicine*, 36(3), 239–262. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00005>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Sutton, L., Scott, M., Wallace, J., & Reilly, T. (2009). Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *Journal of Sports Sciences*, 27(10), 1019–1026. <https://doi.org/10.1080/02640410903030305>
- Sztajzel, J. (2004). Heart rate variability: A noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Medical Weekly*, 134(35–36), 514–522. <https://doi.org/2004/35/smw-10321>

- Szulc, A. M., Buśko, K., Sandurska, E., & Kołodziejczyk, M. (2017). The biomechanical characteristics of elite deaf and hearing female soccer players: Comparative analysis. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 19(4), 127–133. <https://doi.org/10.5277/ABB-00907-2017-02>
- Uçar, T., Tutar, E., Tekin, M., & Atalay, S. (2010). Heart rate variability in children with congenital sensorineural deafness. *The Turkish journal of pediatrics*, 52(2), 173.
- Vandeput, S., Verheyden, B., Aubert, A. E., & Van Huffel, S. (2012). Nonlinear heart rate dynamics: Circadian profile and influence of age and gender. *Medical Engineering and Physics*, 34(1), 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2011.07.004>
- Walowska, J., Bolach, B., & Bolach, E. (2018). The influence of pilates exercises on body balance in the standing position of hearing impaired people. *Disability and Rehabilitation*, 40(25), 3061–3069. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1370731>
- Wang, Y., Zekveld, A. A., Naylor, G., Ohlenforst, B., Jansma, E. P., Lorens, A., ... Kramer, S. E. (2016). Parasympathetic nervous system dysfunction, as identified by pupil light reflex, and its possible connection to hearing impairment. *PLoS ONE*, 11(4), Article number: e0153566. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153566>
- World Health Organization. (2018). WHO global estimates on prevalence of hearing loss. Retrieved from <https://www.who.int/deafness/estimates/en/>
- Yamamoto, Y., Hughson, R. L., & Peterson, J. C. (1991). Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *Journal of Applied Physiology*, 71(3), 1136–1142. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.71.3.1136>
- Zastavna, O. M. (2016). Principles of creation of complex physical rehabilitation program for children after cochlear implantation. *Pedagogics, Psychology, Medical-biological Problems of Physical Training and Sports*, 20(2), 11-18. <https://doi.org/10.15561/18189172.2016.0202>
- Zhong, Y., Wang, H., Ju, K., Jan, K. M., & Chon, K. H. (2003). Nonlinear analysis of the separate contributions of autonomic nervous systems to heart rate variability using principal dynamic modes. *Proceedings of the IEEE Annual Northeast Bioengineering Conference, NEBEC*, 51(2), 255–262. <https://doi.org/10.1109/NEBC.2003.1216018>