

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Martin Daniel

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B 5345

Martin Daniel

Studijní obor: Fyzioterapie 5342R004

VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK PŘI ROZTROUŠENÉ SKLERÓZE V REMISI

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Štěpánka Rybová

PLZEŇ 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni 28.3.2018

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování:

Děkuji Mgr. Štěpánce Rybové, vedoucí bakalářské práce za odborné vedení práce, poskytování rad a materiálních podkladů a věcné připomínky v průběhu psaní práce, dále Michaele Hnykové za zapůjčení měřícího zařízení a všem zúčastněným při výzkumu.

ANOTACE

Martin Daniel

Katedra: Rehabilitačních oborů

Vytrvalostní trénink při roztroušené skleróze v remisi.

Vedoucí práce: Mgr. Štěpánka Rybová

Počet stran – číslované: 41

Počet stran – nečíslované: 38

Počet příloh: 62

Počet titulů použité literatury: 41

Klíčová slova: roztroušená skleróza, remise, vytrvalostní trénink, chůze, srdeční frekvence

Souhrn

Práce popisuje vliv vytrvalostního tréninku na pacienty s roztroušenou sklerózou ve stádiu remise. Jsou zde popsány obecné mechanismy vytrvalostního tréninku a jejich využití za účelem zvýšení kondice. V práci je obsažená teoretická část, ve které jsou popsány základy neurofyzologie, charakteristika nemoci, možnosti rehabilitace a obecné principy vytrvalostního tréninku. Praktická část je vypracována na základě proběhlého výzkumu, který posuzoval reakce na trénink mezi pacienty s roztroušenou sklerózou a kontrolní skupinou zdravých jedinců.

ANNOTATION

Surname and name: Martin Daniel

Department: Department of Rehabilitation Sciences

Title of thesis: Endurance training in patients with multiple sclerosis in remission.

Consultant Mgr. Štěpánka Rybová

Number of pages – numbered: 41

Number of pages – unnumbered: 38

Number of appendices: 62

Number of literature items used: 41

Key words: multiple sclerosis, remission, endurance training, walk, heart rate

Summary:

Bachelor thesis is concerned with an influence of endurance training in patients with multiple sclerosis in remission stage. We described general mechanisms of endurance training and its use in order to increase fitness. The thesis contains the theoretical part, covers basics of neurophysiology, characteristics of the disease, possibilities of rehabilitation and the general principles of endurance training. The practical part is based on the research carried out, which assessed the differences response to training between patients with multiple sclerosis and a control group of healthy individuals.

Obsah

Úvod.....	12
Teoretická část.....	13
1 FYZIOLOGIE NERVOVÉ TKÁNĚ.....	13
1.1 Neuron, myelinizace a funkce myelinu.....	13
1.2 Degenerace a regenerace neuronů	15
1.3 Klidový membránový potenciál	16
1.4 Akční potenciál	16
1.5 Šíření v myelinizovaném vlákně.....	17
2 ROZTROUŠENÁ SKLERÓZA	18
2.1 Epidemiologie.....	18
2.2 Patogeneze a etiologie.....	18
2.3 Klinický obraz	19
2.3.1 Optická neuritida.....	19
2.3.2 Senzitivní poruchy.....	19
2.3.3 Centrální poruchy hybnosti.....	20
2.3.4 Mozečkové poruchy	20
2.3.5 Sfinkterové poruchy	21
2.3.6 Sexuální dysfunkce	22
2.3.7 Neuropsychologické poruchy	22
2.3.8 Poruchy autonomního nervového systému.....	22
2.3.9 Únava.....	23
2.4 Formy RS	23
2.4.1 Relaps – remitentní forma	23
2.4.2 Chronicko – progresivní forma (sekundárně progresivní)	24
2.4.3 Primárně progresivní forma.....	25
2.4.4 Relabující progresivní forma	25

2.5	Rehabilitace RS.....	26
2.5.1	Lehký stupeň postižení	27
2.5.2	Střední stupeň postižení.....	28
2.5.3	Těžký stupeň poškození.....	28
2.6	Hodnocení klinických projevů.....	29
2.6.1	Kurtzkeho škála (EDSS).....	29
3	VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK	31
3.1	Tréninkové zatížení.....	31
3.1.1	Homeostáza.....	31
3.1.2	Adaptace	31
3.1.3	Zatížení	32
3.1.4	Superkompenzace.....	33
3.2	Srdeční frekvence.....	34
3.3	Vytrvalostní výkon.....	35
3.4	Aerobní cvičení.....	36
3.4.1	Aerobní a anaerobní práh.....	36
3.5	Zóny intenzity.....	37
3.5.1	Zóna intenzity 1	37
3.5.2	Zóna intenzity 2	37
3.5.3	Zóna intenzity 3	37
3.5.4	Zóna intenzity 4	38
	Praktická část.....	39
4	CÍLE A HYPOTÉZY	39
4.1	Cíle práce.....	39
4.2	Hypotézy	39
4.2.1	Hypotéza 1	39
4.2.2	Hypotéza 2	39

4.2.3	Hypotéza 3	39
5	METODIKA PRÁCE	40
5.1	Charakteristika sledovaného souboru	40
5.2	Postup vyšetření	40
5.2.1	Six Minute Walk Test	40
5.2.2	Tréninková jednotka	40
5.3	Postup měření	41
5.3.1	Měřicí zařízení	42
6	VÝSLEDKY	44
6.1	Hypotéza 1	44
6.2	Hypotéza 2	45
6.3	Hypotéza 3	46
7	DISKUZE	47
	Závěr	52
	Literatura	53
	Seznam zkratek	58
	Seznam obrázků	59
	Seznam zdrojů obrázků	60
	Seznam tabulek	61
	Seznam příloh	62

ÚVOD

Rehabilitace se stala nedílnou součástí léčby RS, která může oddálit a redukovat symptomy a známky onemocnění. Dříve převažující názor, že zvýšená pohybová aktivita přispívá ke zhoršení nemoci a její celkové progresi byl několika studiemi vyvrácen. Dnes v rámci rehabilitace stojí v popředí především správně zvolená pohybová aktivita, tedy její intenzita, frekvence, délka a typ cvičení (Nedeljković, 2014). Pozitivní vlivy vytrvalostního tréninku na zdravou populaci byly prokázány už dříve, nyní se však ukazuje, že podobný efekt má i na pacientech s roztroušenou sklerózou. Dodnes není přesně stanoveno, jak by měla jednotka pro takového pacienta vypadat, její sestavení je velice individuální a odvíjí se od aktuálního stavu nemocného, který může být u této choroby velice různorodý (Petajan, 1996).

V minulosti mnoho studií prokázalo, že pohybová aktivita může přinést malé, ale přesto důležité zlepšení chůze, rovnováhy, kognitivních funkcí, únavy, deprese a kvality života u pacientů s roztroušenou sklerózou (Motl, 2015). Studie publikovaná v roce 2015 (Deckx) dokonce prokázala pozitivní vliv 12 týdenního kombinovaného vytrvalostního a silového tréninku na redukci zánětlivých faktorů v séru pacientů. Goldman a spol. se v roce 2008 zabývali vytrvalostní kapacitou chůze pomocí 6 Minute Walk Testu u různých stupňů postižení dle EDSS pacientů s RS a porovnávali je s kontrolní skupinou zdravých lidí. Podobnou studii zopakoval Motl (2012) na větším testovaném vzorku 95 pacientů RS. Nikdo z nich se však už dále nezabýval, jestli bude mít stejný tréninkový podnět obdobný efekt u obou zkoumaných skupin.

Cílem této práce je posoudit vliv aerobně vytrvalostního tréninku na pacienty s RS a porovnat proběhlé změny s kontrolní skupinou zdravých jedinců.

TEORETICKÁ ČÁST

1 FYZIOLOGIE NERVOVÉ TKÁNĚ

„V průběhu dlouhodobého fylogenetického vývoje se nervová tkáň specializovala na příjem informací o zevním a vnitřním světě, jejich účelné zpracování a formulaci výstupů sloužících k řízení celé řady funkcí, a tak trvalého udržování integrity organismu“ (Pučelík, 1984, str.14). Základní morfologickou a funkční jednotkou nervové soustavy je nervová buňka zvaná neuron. Po narození má člověk v těle odhadem 100 miliard neuronů, ty ovšem postnatálně ztrácejí schopnost se dělit. Dále jsou zde zastoupeny další buněčné typy, které zajišťují životní a podpůrné funkce neuronů – glie (Junquiera, 1997).

1.1 Neuron, myelinizace a funkce myelinu

Neuron (obrázek 1) je základní buňkou nervové soustavy. Je to specializovaná buňka schopna přijímat, vést a odpovídat na určité formy signálů.

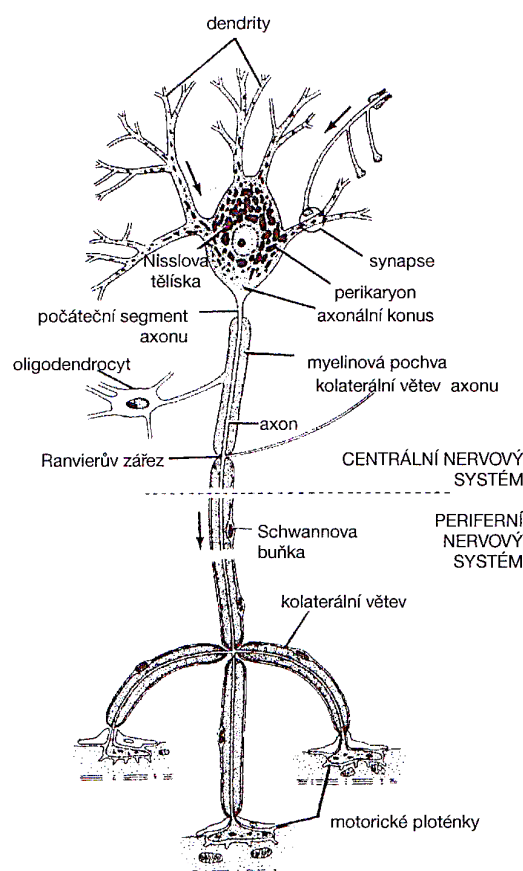
Skládá se z buněčného těla – perikaryon, a cytoplazmatických výběžků, kam spadají dendrity a neurit - axon. Je důležité uvést, že různé části nervové buňky mají jinou povrchovou membránu v rámci elektrofyziologických vlastností. Dendrity jsou výběžky, které přijímají vstupní informaci z jiných nervových buněk a jsou kryty dráždivou membránou. Na těle neuronu může být pouze jeden, ale zpravidla jich nacházíme mnohem více. Jsou známy neurony, na kterých můžou dendrity zcela chybět nebo naopak lze nalézt neurony mající až několik tisíc dendritů.

Neurit vydává buňka vždy pouze jeden. Jeho délka se pohybuje v rozmezí několika desítek μm až 1 m a více. Z buněčného těla vychází jako pokračování axonového hrbolku. Zde dochází k plynulé změně dráždivé membrány v membránu vzrušivou, kde vznikají akční potenciály (AP), které jsou dále vedeny. Neurit je pokrytý obaly tvořenými podpůrnými buňkami nervové soustavy. Mezi ty jednodušší patří vlákna nemyelinizovaná (Ambler, 2011; Pučelík, 1984).

U složitějších dochází ke vzniku myelinové pochvy (MP), kterou tvoří Schwannovy buňky v PNS a oligodendroglie v CNS, to jsou vlákna myelinizovaná. Proces myelinizace je důležitý pro rychlost vedení vzruchu, začíná již ve fetálním období a je zcela ukončen až s dospělostí jedince. Myelinová pochva obaluje povrchovou membránu neuritu. Je tvořena lipidovou dvouvrstvou, která funguje jako elektrický izolant okolí. MP je pravidelně

přerušovaná, toto přerušení se nazývá Ranviéřův zářez, prostor mezi dvěma Ranviéřovými zářezy se nazývá internodium. RZ slouží k šíření elektrické aktivity pomocí takzvaného saltatorního (skákavého) vedení elektrického vzruchu. Dochází k přeskočení AP na další RZ. Zároveň je rychlost šíření závislá na šířce myelinové pochvy, axony vybaveny silnou myelinovou pochvou vedou vzruch rychleji. Konec axonu nasedá buď na jiný neuron, a to část dendritu, nebo vlákna kosterní, hladké nebo srdeční svaloviny, popřípadě žlázné buňky. Všechny tyto tkáně nazýváme excitabilní neboli dráždivé. Další možností je kontakt s krevní kapilárou, kdy je vylučován do krve neurohormon produkovaný neuronem a krevním řečištěm je dopraven k cílové tkáni. Ve většině případů však slouží k vedení AP. Na základě, jakým směrem je veden AP, můžeme vlákna rozdělit na aferentní (dostředivé) a eferentní (odstředivé). Aferentní vedou informaci od receptoru (např. Golgiho šlachová tělíska) do CNS. Eferentní vlákna naopak vedou AP z CNS směrem k efektoru (např. sval). Třetím typem jsou interneurony, které spojují aferentní a eferentní neurony. Nalézáme je pouze v CNS (Ambler, 2011; Junqueira, 1997; Pučelík, 1984).

Obrázek 1: Neuron



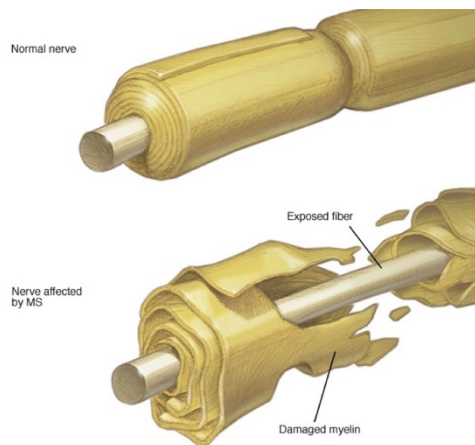
Zdroj 1: Junqueira (1997, str. 154)

1.2 Degenerace a regenerace neuronů

Po narození člověk přichází o schopnost regenerace neuronů. Ty již nejsou schopny se dále dělit. Celkový počet neuronů, který se odhaduje na 100 miliard postupně s přibývajícím věkem klesá. Oproti tomu podpůrné gliové buňky, mezi které patří i Schwannovy buňky, se dále mitoticky dělí. Nabývání objemu mozkové hmoty po narození je dáno především postupnou myelinizací, která ustává kolem třetího roku života. Poškození těla neuronu vede k úplnému zániku buňky. Regenerace je možná pouze v případě porušení axonu. Zbylá část, která je spojena s perikaryonem se nazývá centrální pahýl, oddělená část od těla periferní pahýl. U centrálního pahýlu je možnost růstu, postupného spojení s jiným neuronem a obnovení funkce. Schwannovy buňky začnou vytvářet vodící sloupec pro spojení s efektoem, v němž dorůstá axon centrálního pahýlu. Celý tento proces je možný pouze v periferním nervovém systému a nazývá se Wallerova degenerace. V CNS k re-inervaci nedochází, jakékoliv poškození je tedy trvalé a již nikdy nebude morfologicky ani funkčně spojena část nad a pod přerušením (Pučelík, 1984).

Přirozenou odpovědí organismu na postižení nervové tkáně, u které došlo k demyelinizaci, je remyelinizace. Oligodendrocyty budují nové myelinové pochvy u demyelinizovaných axonů neuronů. Nová myelinová pochva však nedosahuje kvalit té původní a je užší. Význam remyelinizace spočívá v obnovení správné činnosti vedení vzruchu. Pokud chybí myelin, nedochází k saltatornímu vedení vzruchu mezi RZ na axonu a vedení je pomalé. Dojde-li k zániku oligodendrocytu, myelinovaná pochva se začíná rozpadat a její buněčné zbytky jsou pohlcovány makrofágy, které infiltrují místo probíhající myelinizace. Zvyšuje se spolupráce astrocytů a mikroglíí, jednak se navzájem aktivují, ale také vytvářejí prekurzory oligodendrocytů. V konečné fázi se prekurzory navážou na demyelinizovaný axon a diferencují se do podoby oligodendrocytu schopného produkovat MP. Limitující faktory jsou pohlaví a věk, kdy s věkem klesá funkce obnovy (Hradílek, 2010).

Obrázek 2: Demyelinizová pochva v porovnání s neporušenou



Zdroj 2: mayoclinic.org

1.3 Klidový membránový potenciál

Intracelulárně je koncentrace draslíku asi třicetkrát vyšší než v extracelulárním prostředí, naopak sodíku je několikanásobně více extracelulárně než intracelulárně. Díky semipermeabilní (polopropustné) membráně, která je v klidu více vodivá pro draslík než pro sodík, vzniká strmý koncentrační gradient pro draslík z buňky ven. Rozhodující pro ustanovení klidového membránového potenciálu mají tedy ionty draslíku, pro které je membrána nejvíce vodivá. Mezi vnitřním a zevním prostředím neustále putují jak ionty draslíku, tak i sodíku. Změny koncentrací jsou trvale kompenzovány činností sodíko – draslíkové pumpy v buněčné membráně. Klidový membránový potenciál je situace, kdy jsou ionty na membráně rozprostřeny v určité elektrochemické souhře kvůli propustnosti membrány, i když náboj uvnitř buňky je záporný a vně kladný (Pučelík, 1984).

1.4 Akční potenciál

Akční potenciál je elektrofyziologickým projevem děje, který se označuje vzruch. Hlavní vlastností AP je šíření určitou rychlostí po membráně, čímž se dopraví informace z místa na místo. Vzrušivou membránu označujeme tu, která je schopna vést AP i ho generovat. Z klidového membránového potenciálu dochází k depolarizaci membrány. To je v podstatě snížení napětí. Dostává se přes nulové napětí až do opačné polarity +30mV nazývané transpolarizace. Repolarizace je návrat membránového napětí zpět k hodnotě KMP. Celý tento proces trvá zhruba 1 – 2 ms u nervu, kosternímu svalu trvá dvojnásobek (Pučelík, 1984).

1.5 Šíření v myelinizovaném vlákně

Axon nervu je obalen myelinovou pochvou v celé jeho délce, pouze v místě Ranviérova zářezu dochází ke kontaktu extracelulární tekutiny s buněčnou membránou vlákna. Myelinová pochva tvoří jakýsi izolant mezi nimi a způsobuje rychlejší přenos vzruchu. Mezi dvěma RZ je potenciálový rozdíl, který vede k vyvolání depolarizace a vzniku AP na sousedním RZ. Akční potenciál se šíří rychleji, protože je schopen vynechat část axonu, který je obalený MP a přeskočit na další RZ. Tento typ vedení AP se nazývá saltatorní (Pučelík, 1984).

2 ROZTROUŠENÁ SKLERÓZA

2.1 Epidemiologie

Sclerosis cerebrospondinalis multiplex neboli roztroušená skleróza patří mezi nejčastější příčiny chronické disability u mladých dospělých. Prvotně se vyskytuje v produktivním věku a to mezi 20. a 40 rokem. Postiženy jsou více ženy, v poměru 2:1 k mužům. Vyšší poměr u žen můžeme pozorovat i u dalších autoimunitních chorob. Pravděpodobně zde hrají roli hormonální rozdíly. Předpokládá se, že pohlavní hormony jsou schopny ovlivňovat imunitní reakce. Pro tuto teorii svědčí i fakt, že se poměr 2:1 u časných nebo pozdních začátků nemoci, tedy v období puberty či menopauzy, mění na 3:1 a 2,4:1. Délku života nemoc zkracuje o 10 let oproti předpokládané délce života dané populace. S vývojem farmakologické léčby a dalších léčebných metod se trvání nemoci zvýšilo z 8 – 12 let v roce 1917 na délku přesahující 25 let (Havrdová, 2000; Havrdová, 2013).

Výskyt se liší v závislosti na rasovém faktoru. Onemocnění se nejčastěji vyskytuje u indoevropské rasy, především skandinávského původu. Geografický gradient hraje též významnou roli. Výskyt onemocnění se zvyšuje se vzdáleností od rovníku v oblasti mírného pásma. Naopak v rovníkové Africe je výskyt minimální. Vnímavost černé rasy vůči onemocnění je o polovinu nižší, u orientální ještě nižší. Všechny tyto aspekty se dávají do souvislosti se slunečním svitem a vlivem vitamínu D na imunitní systém. V zemích vyššího rizika, kam patří i Česká Republika, je prevalence 100-130 obyvatel na 100 000. Pro srovnání v oblastech Asie, Latinské Ameriky, většině Afriky a Středního Východu je prevalence 5/100 000 (Havrdová, 2000).

2.2 Patogeneze a etiologie

Roztroušená skleróza je autoimunitní choroba postihující CNS. Uplatňují se zde zánětlivé procesy, které ničí myelin a astrocyty. To vede až ke ztrátě axonů. Deficit, který vzniká není důsledkem pouze ztráty myelinu a s tím související poruchou vedení vzruchu AP, ale také působením zánětlivých látek na převod vzruchu a postupné zničení axonů. Vznikají plakety, ložiska, kde dochází k demyelinizaci a tím k difúznímu postižení celého nervového systému (Havrdová 2013).

V takovém ložisku se objevují T buňky, makrofágy a B buňky, což jsou buňky imunitního systému. Ty se postupně formují v další mediátory zánětu. Po zhruba 24 hodinách od začátku dochází k rozpadu myelinu na základě působení toxických látek

produkovaných makrofágy. Oligodendrocyt, který v tomto místě zajišťuje tvorbu myelinu, je různou mírou poškozen, avšak pokud dojde ke snížení zánětlivé aktivity, může nastat reparace myelinu díky jeho zbylé aktivitě, popřípadě migraci oligodendrocytů z okolí. K tomu dochází často, jak v akutních nebo časných, tak i chronických lézích. Ve větší míře k obnově myelinu dochází v časných a akutních lézích. Rozsah se však mění závisle na lokalitě léze v CNS. Nejvíce se remyelinizace uplatňuje u subkortikálních lézí, méně u periventrikulárních a téměř vůbec u mozečkových lézí (Havrdová 2005).

Vše může vést až k přetrhání axonů a jejich následné ztrátě. U aktivní chronické fáze to je až 60 – 70 % axonů v demyelinizační lézi. Ke ztrátě dochází i ve vzdálenějších oblastech, protože u drah dochází tzv. k sekundární Wallerově degeneraci. Markerem pro zjištění axonálního poškození je amyloidový prekurzorový protein. Ten se pohybuje axonálním transportem a hromadí se v místech, kde je axon přerušen nebo je poškozen jeho metabolismus (Havrdová, 2013).

2.3 Klinický obraz

Neurologické příznaky nemoci jsou dány demyelinizací centrálních drah, dochází k poruše vedení – kondukční blok. Ten zapříčiní poruchu funkce. O tom, jak velká bude porucha a její klinická manifestace rozhoduje místo CNS, kde se vytvoří zánětlivý infiltrát – plak a velikost samotného ložiska. Pro představu se dá uvést příklad, kdy i malé ložisko v prodloužené míše zapříčiní výraznou klinickou symptomatologii, zatímco větší ložisko v okolí postranních komor se vůbec nemusí klinicky projevit.

2.3.1 Optická neuritida

Zánět očního nervu je jedním z nejčastějších příznaků u RS. Postihuje jeden, zřídka oba zrakové nervy. Ubývá myelinu v optické dráze, čímž dochází k zamlženému vidění, sníženému vnímání ostrosti, poruchám barevného vidění, výpadkům zorného pole nebo bolestem při pohybu bulbů. Optická neuritida se většinou rychle a úplně upraví, vzácně může dojít až k amauróze. Neuritida se často projevuje jako jeden z prvních příznaků RS u 30 % pacientů, aniž by se objevovaly další příznaky nemoci (Havrdová, 2013).

2.3.2 Senzitivní poruchy

Pacient ani lékař často nepřikládá poruchám cití takovou váhu. Ať už se jedná o poruchu kožní citlivosti nebo hluboké citlivost, je vždy na místě po příčině pátrat. Často jsou označeny za vertebrogenní nebo neurotické a dále se nevyšetřují (Havrdová, 2013).

Kožní (povrchová) citlivost zajišťuje vnímání bolesti, tepla a chladu a z části také dotyk a tlak. Je vedena spinothalamickou drahou, která obsahuje převážně tenká myelinizovaná nebo nemyelinizovaná vlákna.

Hluboká citlivost se označuje jako propiocepce a zajišťuje polohocit, pohybcit, vibrace a hrubý kožní dotyk. Jedná se o systém zadních provazců míšních, který se jinak nazývá lemniskální (Ambler, 2011).

2.3.3 Centrální poruchy hybnosti

Mnohem závažnější jsou poruchy motorických funkcí. V průběhu nemoci se mohou kombinovat a dochází k enormní hybné invaliditě. Ložiska se nacházejí v průběhu pyramidové dráhy, která patří mezi základní a hlavní motorické dráhy. Porucha se projevuje různým stupněm centrálních paréz, hypertonem, zvýšenými šlacho - okosticovými reflexy, iritačními pyramidovými jevy a spasticitou zejména dolních končetin. Ta vede u pacienta ke strukturálním změnám v podobě kontraktur a svalových atrofí (Havrdová, 2005).

Spasticitu můžeme definovat jako poruchu svalového tonu způsobenou zvýšenými napínavými reflexy. Ty jsou přímo závislé na tom, jak rychle je pasivně protažen sval. Čím rychleji, tím se odpor v okolních svalových skupinách zvýší. Další faktor, na kterém závisí velikost spasticity je délka protažení svalu. Jedná se opět o přímou úměru. Pokud ale dosáhne určité úrovně, náhle ustává a tonus svalu klesá. To se nazývá fenomén sklapovacího nože. Oproti horním končetinám, se na dolních objevuje dvakrát častěji. U pacientů s RS se vyskytuje až v 85 %. Je ovlivněna běžná denní aktivita a funkční kapacita nemocného. Zejména pokud se objeví s únavou a depresí (Havrdová, 2013; Řasová, 2007).

2.3.4 Mozečkové poruchy

Mozeček je součástí regulačních okruhů zabezpečujících koordinaci pohybů na základě informací přicházejících aferentními drahami vedoucích z propioceptorů, vestibulárního aparátu, thalamu, ale i motorické a senzitivní mozkové kůry. Dochází zde k integraci a koordinaci volní i mimovolní hybnosti, reguluje rovnováhu a svalový tonus. Mozeček funguje paralelně k descendentním motorickým drahám a je připojen k ascendentním senzitivním drahám. Zajišťuje optimální provedení úmyslného pohybu. Je schopný dopředu propočítat cílenou trajektorii pohybu a provést její případnou korekci. Tato schopnost se nazývá extrapolace a funguje jako zpětnovazebná, ve většině případů inhibiční, regulace pohybu. Tím je zajištěn cílený, plynulý a přiměřený pohyb, který chceme vykonat,

bez jakéhokoliv vychýlení/přestřelení. Z anatomického a klinického hlediska dělíme mozeček na paleocerebellum a neocerebellum. Ačkoliv obě části fungují neoddělitelně jako celek, každá z nich zajišťuje jinou funkci. Paleocerebellum se podílí na udržování rovnováhy stoje a chůze, neocerebellum zajišťuje koordinaci končetin. Mozeček analyzuje informace přicházející ze systému podílejících se na pohybu, a ty dále odesílá kontralaterálně do mozkového kmene, konkrétně ncl. ruber, bazálních ganglií a mozkové kůry. Dráhy se v průběhu dvakrát kříží, poprvé v oblasti mesencephala, podruhé v oblasti křížení retikulo-, vestibulo-, rubro- a kortikospinální dráhy. Výsledkem je, že se mozečkové poruchy projevují homolaterálně, tedy na stejné polovině těla, kde se nachází léze. Léze způsobená RS se nejčastěji u pacientů manifestuje následujícími poruchami.

Intenční třes, který se projevuje jako oscilace končetiny těsně před cílem vykonávaného pohybu. Zvyšuje se se vzdáleností a složitostí zamýšleného pohybu. To pacientovi znemožňuje se správně obsloužit ve smyslu se najíst, napít nebo vykonávat motoricky jemné pohyby, i když svalová síla zůstává nezměněna.

Další je spinální ataxie, u které dochází k poruše vedení propiocepce z Golgiho šlachových tělísek a svalových vřetének do vyšších etáží CNS řídící motoriku. Vedení je narušeno na úrovni míchy, vážne přísun informací zadními míšními provazci. Tyto informace jsou důležité pro udržení rovnováhy, neboť nás informují o aktuální poloze končetin. Dochází k motorické inkoordinaci, nejistotě, vrávorání. To vše se projeví především v situacích, kdy chybí zraková kontrola (Ambler, 2011).

2.3.5 Sfinkterové poruchy

Obtíže spojené s funkcí svěračů má nemalé procento pacientů s RS. Jedná se především o poruchy kontroly vyprazdňování moči, a to zpožděný start, imperativní (naléhavé) močení, retenci a inkontinenci moči. Tyto problémy postihují až 75 % pacientů trpících RS. Porucha může pramenit z poškození centra močového měchýře v pontu, mediálních center v oblasti frontálních laloků mozku nebo z rozpojení míšních drah (Havrdová, 2000).

U 9 % nemocných se jedná o první příznak nemoci, který se projeví. Postihuje obě pohlaví. Mikční problémy korespondují s formou RS daného pacienta a stejně jako ty neurologické se mohou během vývoje onemocnění měnit (Havrdová, 2013).

2.3.6 Sexuální dysfunkce

U mužů je správná sexuální a reprodukční funkce zajištěna neurogenně. Jádra, která ovládají erekci se nacházejí v míšních segmentech šedé hmoty Th10 - L2 a S2 – S4. Ze sakrální oblasti vychází parasympatická inervace, která je hlavním efektozem erekce. Lumbální část je naopak sympatická a podílí se hlavně na erekci vyvolávající psychogenními stimuly. Po spojení s axony pro močový měchýř a rectum vzniká pánevní plexus. Poruchy v těchto oblastech mají tedy za následek erektilní, ejakulatoční a orgasmickou dysfunkci (Havrdová, 2000).

Z žen až ¼ pacientek uvádí poruchy orgasmu, sníženého libida, poruchy lubrikace (Havrdová 2013).

2.3.7 Neuropsychologické poruchy

Nejčastějším neuropsychologickým syndromem RS je deprese. Celoživotní prevalence je 50 %, pro srovnání u obecné populace je to třikrát méně. Můžeme ji považovat za následnou reakci na chronické progredující onemocnění, ovšem v poslední době se hovoří také o přímém důsledku chorobného procesu a vedlejších účinků podávaných farmak. Podle výzkumů se deprese zhoršuje při zvýšení buněk imunitního systému souvisejících s nemocí (Havrdová, 2013).

2.3.8 Poruchy autonomního nervového systému

Poruchy parasympatiku a sympatiku souvisí s postižením centrální části autonomního nervového systému (ANS), ke kterému náleží hypothalamus (přední část řídí parasympatikus, zadní část sympatikus), hippocampus, mediální thalamus a periventrikulární šedá hmota. Pregangliové neurony v mozkovém kmeni a míše jsou ovlivňovány právě těmito strukturami. Sympatická jádra jsou uložena v míšních segmentech C8 – L3 a parasympatická v jádrech mozkového kmene a míšních segmentů S2 – S4.

Mezi hlavní funkce ANS patří kontrola krevního tlaku a vliv na kardiovaskulární systém, regulace periferní cirkulace, kontrola termoregulace a tělesné teploty, regulace pocení, regulace střevní peristaltiky, sexuální funkce, zornicové reakce a sekrece slinných a slzných žláz (Havrdová, 2013).

2.3.9 Únava

Únava omezuje pacienta ve velké míře. Zasahuje do jeho pracovního i rodinného života, což se odráží v jeho kvalitě. Téměř 25 % pacientů ji uvádí jako svůj nejtěžší symptom. Zbytek ji pak řadí mezi tři nejvíce invalidizující symptomy (Havrdová, 2000).

Ke zhoršení dopomáhá teplo, bolest, deprese, poruchy spánku a některé léky ze skupin myorelaxancií, betablokátorů, benzodiazepinů a antiepileptik. Uspokojivé vysvětlení patofyziologie únavy není zatím k dispozici, předpokládá se však, že významný podíl na ni nesou prozánětlivé cytokiny, jejichž vyšší koncentrace byla nalezena u pacientů trpících únavou. Dále se popisuje vztah mezi atrofií šedé hmoty gyrus precentralis a gyrus centralis nebo corpus callosum a snížená hladina dehydroepiandrosteronu (DHEA), čímž dochází ke snížené odpovědi na kortizol v hypothalamo-hypofýzo-adrenální hormonální ose.

Hodnotit úroveň únavy se dá velmi těžko, neboť se jedná o subjektivní pocit pacienta. Pro posouzení se používá škála Modified Fatigue Severity Scale (MFSS), která pomáhá únavu objektivizovat (Havrdová, 2013).

2.4 Formy RS

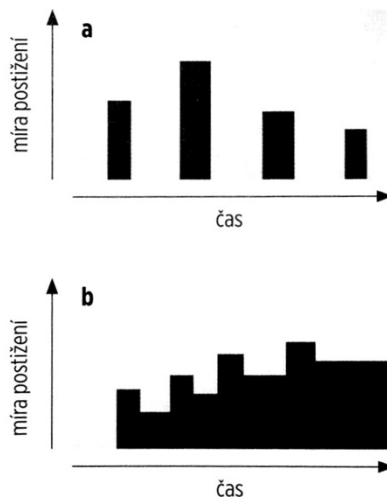
U RS existuje hned několik forem průběhu nemoci, které se od sebe liší rychlostí progresu a částečně i způsobem patogeneze. Základní dva pojmy, které u této nemoci musíme rozlišit jsou ataka a remise. Pokud na základě demyelinizace bílé hmoty CNS vzniká neurologický deficit, který se klinicky manifestuje, hovoříme o atace. Je to tedy vzplanutí nemoci, při kterém dochází ke vzniku novým, ještě neprojeveným, neurologickým příznakům, nebo zhoršení těch stávajících. Existuje zde i vztah mezi počtem atak v prvním roce nemoci a rychlostí invalidizace pacienta, přičemž více atak znamená časnější invaliditu. Remise je vymizení, či zlepšení příznaků nemoci, i když samotná nemoc stále trvá.

2.4.1 Relaps – remitentní forma

Zánětlivá aktivita je u této formy nejvyšší. Objevuje se zpočátku u 85 % pacientů. Manifestuje se vznikem ataky, která se klinicky projeví neurologickým deficitem. Ten je však v různém časovém horizontu, v řádech dnů až měsíců, upraven. (obrázek 3) Ve většině případů se deficit upraví zcela, postupem času se však tato reparační schopnost ztrácí, neboť schopnost remyelinizace není plnohodnotná a možnosti neuroplasticity mají také své limity. Po atace nastává období remise, kdy se nemoc nijak neprojevuje, nepřibývají nové

symptomy a dochází k jejímu útlumu. Střídání atak a remisí u pacientů trvá obvykle 5-15 let, poté se přesouvá do další formy nemoci (Havrdová, 2005).

Obrázek 3: Relaps - remitentní forma

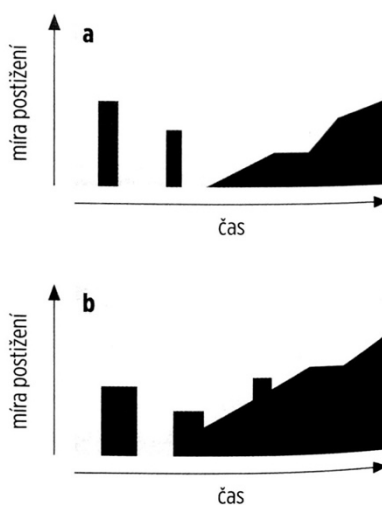


Zdroj 3: Havrdová (2013, str. 143)

2.4.2 Chronicko – progresivní forma (sekundárně progresivní)

Plynule navazuje na formu relaps-remitentní. Nelze tedy přesně ohraničit přechod z jedné formy do druhé. Zánětlivá aktivita už není tak vysoká, převažují degenerativní procesy v CNS. Ačkoliv se odhaduje, že má člověk 40 % rezervu CNS, dochází k jejímu vyčerpání, což má za následek pozvolný nárůst invalidity bez výrazných atak. (obrázek 4) I zde dochází ke střídání období atak a remisí, ovšem každá další ataka způsobí trvalé následky bez možnosti úpravy a tím neurologické postižení postupně narůstá – od toho název progresivní (Havrdová, 2005).

Obrázek 4: Chronicko - progresivní forma

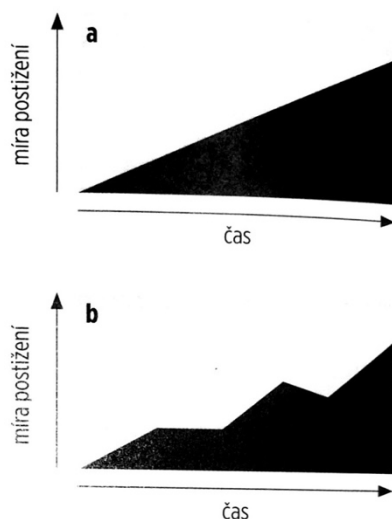


Zdroj 4: Havrdová (2013, str. 144)

2.4.3 Primárně progresivní forma

Je forma RS postihující 10 % pacientů, více muže než ženy. Nejčastěji se týká pacientů, u nichž propuká nemoc v pozdějším věku. Typické pro tento průběh je absence období remise. K obtížím dochází pozvolna, avšak kvůli absenci období bez potíží se pacienti stávají rychle invalidními. (obrázek 5) Liší se také patologií účinku, kdy není přítomen zánět v takové míře a uplatňují se spíše neurodegenerativní změny na podpůrných buňkách CNS (Havrdová, 2005).

Obrázek 5: Primárně progresivní forma



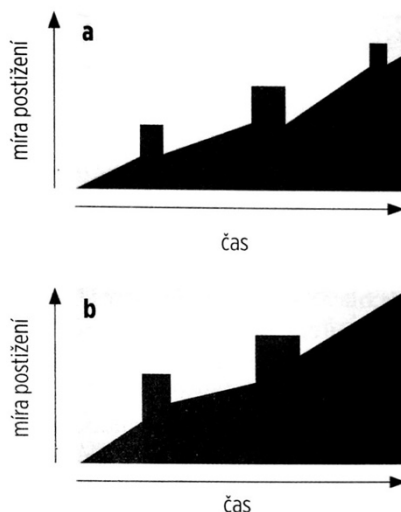
Zdroj 5: Havrdová (2013, str. 144)

2.4.4 Relabující progresivní forma

Nemoc je od počátku progresivní, tedy postupně se jen zhoršuje a nedochází k žádnému zlepšení. (obrázek 6) Zánětlivá i degenerativní aktivita je nejvyšší v porovnání

s ostatními formami. To činí tuto formu nejhůře ovlivnitelnou léčbou, a proto se pacient stává během několika málo let invalidním (Havrdová, 2005).

Obrázek 6: Relabující progresivní forma



Zdroj 6: Havrdová (2013, str. 145)

2.5 Rehabilitace RS

Rehabilitace u pacientů s RS je dnes už neodmyslitelnou součástí léčby nemoci. Jedná se o komplexní přístup léčby, který zahrnuje fyzioterapii, ergoterapii, logopedii a další obory řešící otázku kvality života. Hlavním cílem je dosažení co nejlepších schopností pro vykonávání aktivit běžného denního života (activities of daily living) (Havrdová, 2013).

Klinický obraz může být velice variabilní vzhledem k povaze onemocnění, tudíž neexistuje jednotný postup rehabilitace jako tomu je u některých jiných onemocnění. Individuální přístup je tedy stěžejní a při sestavování rehabilitačního plánu je třeba brát v potaz stádium, ve kterém se pacient momentálně nachází (Kolář, 2012).

Dnes se rehabilitace u RS opírá o standardní rehabilitační postupy a stojí na pilířích medicíny založené na důkazech (evidence – based medicine), což není vůbec lehké vzhledem k malému počtu studií. Proto má i velký vliv klinická zkušenost terapeuta a jeho schopnost posoudit pozitivní i negativní přínos terapie pro pacienta (Havrdová 2013).

Důležité je zahájit terapii co nejdříve po stanovení diagnózy RS a předejít tak rozvoji hypoaktivity a dekonidice. Velký význam má i podpoření CNS multisenzorickou stimulací, která podpoří reorganizaci kortikálních funkcí na základě neuroplasticity mozku. Tím dochází k adaptačním změnám, kdy nepoškozené části mozku mohou do jisté míry funkčně

kompenzovat poškozenou oblast. Repetitivní aktivací motorických programů se na základě adaptačních procesů zlepší aktivita a synchronizace motorických jednotek. V opačném případě může dojít k jejich snížení. Příčinou je degenerace alfa motoneuronů v míše (Havrdová, 2013).

Metody, které se osvědčily jsou například Vojtova metoda, Frenkelova metoda, senzomorfická stimulace, Bobath koncept nebo Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (Kolář, 2012).

Havrdová i Kolář se shodují, že se rehabilitace odvíjí od fáze nemoci a stupně postižení.

2.5.1 Lehký stupeň postižení

Typická je nefyziologická únava. Pacienti subjektivně udávají pocit slabosti a nedostatku energie, aniž by tomuto vyčerpání předcházela pohybová aktivita. Významným prvkem rehabilitace je zde aerobní trénink, a to právě z důvodu snížené výkonnosti a zvýšené unavitelnosti pacienta. Motorický deficit, svalová spasticita, či ataxie se nemusí v této fázi klinicky projevit, tudíž se zaměřujeme především na tělesnou kondici pacienta (Kolář, 2012).

Pohybová aktivita se doporučuje jako terapie proti únavě, ačkoliv dodnes není přesně objasněn mechanismus účinku. Nárůst svalové síly a adaptace kardiovaskulárního a respiračního aparátu, zlepšení centrální aktivity a hormonální změny budou však hrát velmi důležitou roli. Používá se cvičení při nižší intenzitě jako je například jóga nebo cvičení ve vodě, ale nejvíce doporučovaným je aerobní trénink (Havrdová, 2013).

Aerobní trénink by měl začínat přípravnou fází, která trvá 5 – 15 minut. Jedná se v podstatě o rozcvičení a protažení svalového aparátu. Následuje samotný aerobní trénink, který by neměl překročit určitou intenzitu. Dle doporučení American College of Sports Medicine (2013) se jedná o 60-85% TF_{max} , 50-70% VO_{2max} , 3 – 5 krát týdně 30 minut. Profesor Kolář (2012) doporučuje u pacientů s lehkým hybným deficitem začínat na 5 – 10 minutách a postupně zvyšovat na 20 – 30 minut. U těžších hybných deficitů začínat na 2 minutách a zvyšovat na 10 minut. Dle Havrdové (2013) je důležité dodržovat několik pravidel:

- Intenzitu tréninku zvyšujeme vždy opatrně a pozvolna

- Pohybové aktivity je vhodné provádět především ráno a v dopoledních hodinách, protože únava narůstá v průběhu dne
- Při stanovení frekvence cvičení se musí zohlednit doba nutná pro regeneraci
- V místnosti je třeba zajistit vhodné podmínky – zejména regulace teploty místnosti (20-22 °C, pro cvičení ve vodě 28-29 °C) a zajištění příjmu tekutin
- V rámci cvičební jednotky je třeba dát pacientům dostatečný čas na odpočinek
- Přítomnost excesivní únavy je vždy signálem k okamžitému přerušení cvičení

K adaptačním změnám dochází po 6 týdnech. Pokud se stav pacienta zhoršil v důsledku ataky, je nutné trénink přerušit (Kolář, 2012).

2.5.2 Střední stupeň postižení

Zde se již objevují poruchy motoriky, mezi které řadíme spasticitu a ataxii. Ty nepříznivě ovlivňují denní aktivity pacienta a brání jeho mobilitě. Dle EDSS (viz. níže) řadíme pacienta na stupeň 5 – 6. Jsou to právě tito pacienti, kteří jsou nejčastěji přijímáni k rehabilitaci, neboť při lehkém stupni postižení nemá pacient potřebu rehabilitaci vyhledat, což se zde mění. Dochází především ke zhoršení kvality chůze, kterou můžeme zhodnotit dle zkrácení délky kroku a jeho zpomalení. Rehabilitace se tedy zaměřuje především na ovlivnění spasticity, ataxie a zlepšení kvality chůze (Kolář 2012).

Veliký význam mají techniky na neurofyziologickém podkladě a je důležité je začlenit co nejdříve. Tyto koncepty pozitivně ovlivňují spasticitu, aktivitu paretických svalů, facilitují integrované automatické reakce podílející se na stožení, sedu a chůzi. Dochází tedy ke zlepšení ataxie, snížení únavy, bolesti a kognitivních funkcí. Mezi ty nejčastěji používané patří Vojtova reflexní lokomoce, Bobath koncept, senzomotorická stimulace a propioceptivní neuromuskulární facilitace (Havrdová, 2013).

2.5.3 Těžký stupeň poškození

Jedná se o pacienty s postižením dle EDSS stupně 7 a výše, což představuje už natolik závažný neurologický nález, že pacient není schopen mobility bez invalidního vozíku. V tomto stupni má velký význam ergoterapie. (Kolář, 2012)

2.6 Hodnocení klinických projevů

Hodnotit klinické projevy RS je velice obtížné. Neurologické poškození kolísá u jednotlivých pacientů v průběhu nemoci. Důležitost individuálního vyšetření každého pacienta je vysoká. Dosud však neexistuje jednoznačný konsenzus, které klinické testy, v jakém případě používat (Řasová, 2017).

2.6.1 Kurtzkeho škála (EDSS)

V anglickém jazyce Kurtzkeho Expanded Disability Status Scale – EDSS je nejdéle používanou hodnotící škálou pro popisné kvantifikující zhodnocení stavu pacienta s RS. Byla navržena dr. Kurtzem během 2. světové války pro vojáky, kteří onemocněli RS. Původně 11 stupňovou škálu v roce 1983 rozšířil o půl body, což ji zpřesnilo na 20 různých stupňů. Škála je založena na standardním neurologickém vyšetření 7 funkčních systémů (FS) a zhodnocení chůze, mobility a soběstačnosti (Kurtzke, 1983).

Mezi 7 FS řadíme: zrakový, kmenový, pyramidový, mozečkový, senzitivní, a mentální systém a sfinkterové funkce. Ty jsou doplněny o mobilitu (Dufek, 2011)

Tabulka 1 EDSS

0	Normální neurologický nález (všechny FS stupeň 0)
1	Žádná disabilita, minimální neurologický nález v 1 FS (stupeň 1)
1,5	Žádná disabilita, minimální neurologický nález ve více než 1 FS (stupeň 1)
2	Minimální disabilita v 1 FS (1 FS stupeň 2, ostatní 0 nebo 1)
2,5	Minimální disabilita ve 2 FS (2 FS stupeň 2, ostatní 0 nebo 1)
3	Lehká disabilita v 1 FS (1 FS stupeň 3, ostatní 0 nebo 1) nebo mírná disabilita ve 3-4 FS (3-4 FS stupeň 2, ostatní 0 nebo 1) a zároveň chůze bez omezení
3,5	Chodící, ale se střední disabilitou v 1 FS (1 FS stupeň 3) a 1-2 FS stupně 2 nebo 2 FS stupně 3 nebo 5 FS stupně 2 (ostatní FS stupně 0 nebo 1)
4	Schopnost chůze bez pomůcky a odpočinku na alespoň 500 m, činnost 12 hodin denně navzdory relativně těžké disabilitě sestávající z 1 FS stupně 4 (ostatní 0 nebo 1) nebo kombinace nižších stupňů přesahující limity předchozích stupňů
4,5	Schopnost chůze bez pomůcky a odpočinku na alespoň 300 m, činnost po většinu dne, těžká invalidita sestávající z 1 FS stupně 4 (ostatní 0 nebo 1) nebo kombinace nižších stupňů přesahující limity předchozích stupňů

5	Schopnost chůze bez pomůcky a odpočinku na alespoň 200 m (ekvivalentem FS je 1x stupeň 5 a ostatní 0 nebo 1 nebo kombinace nižších stupňů překračující definici pro stupeň 4,5)
5,5	Schopnost ujít bez pomoci a odpočinku 100 m
6	Nutná jednostranná opora (hůl, berle) k ujití alespoň 100 m bez přestávky nebo s přestávkou
6,5	Chůze s oboustrannou oporou (hole, berle) na alespoň 20 m bez přestávky
7	Pacient není schopen ujít ani 20 m s oporou, převážně odkázán na vozík, na kterém se přepravuje sám, tráví na vozíku bděle alespoň 12 h
7,5	Pacient není schopen ujít s pomocí více než několik kroků, omezen pouze na vozík, potřebuje pomoc při transportu na vozík a jízdě na něm
8	Pacient převážně odkázán na lůžko nebo vozík, ale většinu dne tráví mimo lůžko, jsou zachovány některé sebeobslužné schopnosti – obecně možnost užitečného použití horních končetin
8,5	Pacient většinu dne upoutaný na lůžko, má určitou schopnost užívat horních končetin, zachovány některé sebeobslužné schopnosti
9	Bezmocnost, pacient upoutaný na lůžko, schopný jíst a komunikovat
9,5	Zcela bezmocný ležící pacient, neschopný efektivně komunikovat a jíst/polykat
10	Smrt v důsledku RS

Zdroj: Havrdová (2013)

3 VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK

Vytrvalostní sportovní aktivity využívají hlavně aerobní metabolismus. Uplatňuje se zde především chůze, běh nebo cyklické aktivity jako jsou jízda na kole či veslování na trenažéru. Sportovní trénink obecně můžeme označit jako proces zaměřený na vytvoření specifických adaptací vyvolaných opakovaním adaptačních podnětů uplatňovaných v podmínkách tréninku.

3.1 Tréninkové zatížení

Díky opakovanému tréninku můžeme postupně rozvíjet svoje sportovní dovednosti a parametry. Jedná se o dlouhodobý proces, který zahrnuje hned několik složek a má svoje specifika a pravidla. K zajištění vyššího sportovnímu výkonu je potřeba především určitých specifických i nesespecifických změn na úrovni buněk. Mluvíme zde o rozvoji fyziologických funkcí, kam můžeme zařadit dýchání, srdeční činnost, činnost endokrinního systému nebo například zlepšení koordinace. Platí zde jednoduchá fyziologická rovnice: homeostáza → stres (zatížení) → adaptace.

3.1.1 Homeostáza

Podkladem normální fyziologické existence organismu je stálost složení vnitřního prostředí, která je nezbytná pro normální činnost všech buněk (Trojan, 2003).

Mezi buňkami lidského těla se nachází mezibuněčná tekutina, ze které buňka čerpá živiny, ale také odvádí odpadní látky vznikající při metabolických pochodech. Buňka musí tedy zajistit správnost vnitřního prostředí pro pochod těchto dějů, zahrnující například i přísun O₂ a odsun CO₂. Orgány, které toto zajišťují jsou plíce, srdce, ledviny a další. Pojem homeostáza vyjadřuje i mechanismy zajišťující tento stav (Trojan, 2003).

Z pohledu sportovního tréninku si můžeme homeostázu představit například jako momentální úroveň trénovanosti před zahájením období tréninkového cyklu (Zahradník, 2002).

3.1.2 Adaptace

Adaptace patří mezi základní vlastnosti živých organismů. Můžeme ji chápat jako prospěšnou změnu organismu, díky které se homeostáza drží na nové – vyšší úrovni. Je také důležité odlišit jednorázovou reakci organismu, u které nepřetrvává dlouhodobý účinek. K adaptaci tedy dochází až dlouhodobějšími a opakovanými vlivy. Ve sportovním tréninku

adaptaci chápeme jako soubor biochemických, funkčních, morfologických, a psychických změn trvalejšího charakteru (avšak vratných) v jednotlivých orgánech a systémech i v organismu jako celku, které vedou ke zvyšování trénovanosti a sportovní výkonnosti a odolnosti vůči zatížení a zatěžování.

Opakovaným tréninkovým zatěžováním dochází k adaptaci organismu. Lze ho tedy považovat za základní adaptační podnět, který vede ke spuštění mechanismů adaptace. Jedním z nich je proces morfologicko-funkční adaptace, na kterém se podílí systém podpůrně pohybový, kde může například dojít ke zpevnění kostí nebo zvýšení koncentrace myoglobinu. V systému kardiovaskulárním dochází ke zvýšení hustoty vlásečnic a snížení klidové tepové frekvence, v systému pulmonálního ke snížení dechové frekvence (Lehnert, 2014).

Lidský organismus nepřetržitě udržuje stálost vnitřního prostředí, jedná se o dynamickou rovnováhu, která je neustále narušována vlivy z vnějšího prostředí. Podstatné je, že podnět, kvůli kterému má dojít k adaptaci musí mít nějakou „sílu“. Tedy pokud tento impuls není dostatečný, můžeme ho nazvat jako podprahový a to znamená, že nevyvolá žádné adaptační změny, neboť je příliš slabý na to, aby narušil dynamickou rovnováhu vnitřního prostředí. Opakem je nadprahový podnět, na který nestačí kapacita regulačních systémů, čímž není možnost kompenzace, a to dále vede k narušení funkce organismu. Optimální podnět nepřevyší možnosti regulačních systémů, a zároveň umožňuje obnovit dynamickou rovnováhu a zdokonalit regulační mechanismy a postupně je přizpůsobit.

Je důležité si uvědomit, že vyvolání mechanismů adaptace bude rozdílné u trénovaného a netrénovaného jedince. Stejně zatížení může být pro jednoho optimální, kdežto pro druhého nadprahové (Lehnert, 2014; Zahradník, 2012).

Neumann (2005) udává, že dosažení vyšší úrovně adaptace organismu trvá 4 – 6 týdnů.

3.1.3 Zatížení

Sportovním tréninkem kontrolovaně narušujeme homeostázu organismu k docílení zlepšení kondice. K tomu je nutné organismus opakovaně zatížit. Zátěž vyvolává v těle stresovou reakci v podobě mobilizace regulačních funkcí. Z tohoto důvodu musí být podnět přiměřený a mít určitou intenzitu. Velikost zatížení musí odpovídat úrovni trénovanosti jedince, respektive individuální úrovni funkční kapacity a budoucím cílům.

Zatížení se dá specifikovat jako vnější nebo vnitřní. Parametry vztahující se k vnějšímu zatížení jsou například doba trvání běhu, počet skoků přes švihadlo apod. Vnitřní zatížení představuje velikost reakce systémů organismu na provedená cvičení, při ovlivnění trénovanosti je považována za stěžejní. Patří sem tepová nebo dechová frekvence (Lehnert, 2014).

Ovlivňovat zátěž můžeme mírou intenzity a objemem cvičení, intervalem odpočinku a způsobem odpočinku. (Zahradník, 2012) Intenzita je složka kvalitativní a objem je složka kvantitativní. Poměr, ve kterém jsou tyto dvě složky tvoří trénovanost a výkonnost jedince. Zásadnější roli hraje intenzita (Lehnert, 2012).

Intenzitu můžeme charakterizovat jako stupeň úsilí. Pro lepší pochopení můžeme uvést příklad, kdy člověk udělá 100 dřepů. Je ovšem velký rozdíl, jestli to bude během 10 minut nebo 1 hodiny. Navenek se intenzita projevuje jako rychlost pohybu, frekvence pohybu, velikost vykonávaného odporu. Zároveň s tím souvisí, jakým energetickým způsobem bude pokryta pohybová činnost. Můžeme rozlišit tyto zdroje energie:

- Maximální intenzita: anaerobně (fosfagenový systém) (ATP – CP)
- Submaximální intenzita: anaerobně (rychlá glykolýza) (laktát)
- Střední intenzita: aerobně-anaerobně (rychlá glykolýza, pomalá glykolýza) (laktát – O₂)
- Nízká intenzita: aerobně (pomalá glykolýza, oxidativní systém) (O₂)

Srdeční frekvence nám může nastínit intenzitu zátěže. Čím vyšší intenzita, tím vyšší srdeční frekvence:

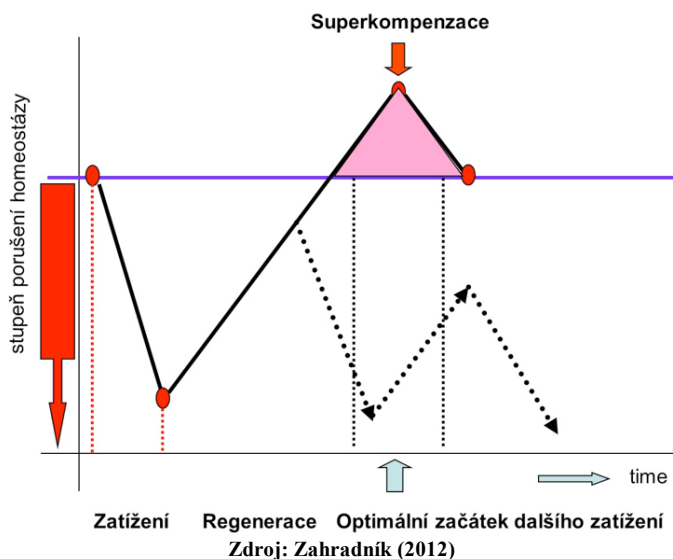
- ST < 150 tepů/min (O₂)
- ST 150 – 180 tepů/min. (LA – O₂)
- ST > 180 tepů/min. (LA) → (ATP – CP)

3.1.4 Superkompenzace

K dosažení požadovaného tréninkového efektu je zapotřebí opakované aplikace jasně definovaného zatížení v horizontu času. Trénink jednorázového charakteru nevede k dostatečné adaptaci. Periodizací tréninku dochází k navýšení energetických rezerv organismu. To však nemůže nastat bez určité doby odpočinku mezi jednotlivými tréninkovými jednotkami. Zatížení způsobuje spotřebu energie. Pokud je dostatečně veliké,

dochází k narušení homeostázy a posléze ke spuštění adaptačních mechanismů. Dochází k obnovování tréninkem spotřebovaných energetických rezerv plus se vytvářejí nové a tím se zvýší celková energetická kapacita. Tento stav se nazývá superkompenzace (obrázek 7) (Lehnert, 2012).

Obrázek 7: Superkompenzace



3.2 Srdeční frekvence

Při pohybové aktivitě nám srdeční frekvence (SF) slouží jako nejdostupnější ukazatel zatížení kardiovaskulárního systému. Velice citlivě reaguje na změny intenzity a tím pro nás představuje spolehlivou zpětnou vazbu pro posouzení úrovně zatížení, intenzitě cvičení a mírou adaptace ve vztahu k celkové zdatnosti. Se zvyšováním tréninkové intenzity stoupá i SF. U trénovaných jedinců je nárůst mnohem pozvolnější než u méně trénovaných. Srdce na zátěž reaguje adaptačně v podobě zvýšení objemu komor a zvětšení síly myokardu. Tedy jako každý jiný sval – roste a sílí. Tím dochází k postupnému snižování SF při zatížení, ale i v klidovém stavu. Ve fázi odpočinku srdce i nadále pumpuje krev do svalů, aby se zajistila jejich regenerace. Tím nás může SF nepřímo informovat o stavu regenerace svalů. To samé platí i o doplňování zásobních látek. Důležitý údaj je maximální SF (Zahradník, 2012; Benson, 2012).

Tréninkem nejsme schopni hodnotu SF_{max} ovlivnit, ovšem všechny tréninkové zóny (pásma) jsou ni závislá. Proto je důležité znát svoji maximální SF. Pro výpočet dle Bensona (2012) můžeme použít 3 orientační vzorce:

- $220 - \text{věk (roky)} = SF_{max}$ (rovnice 1)

- $210 - [0,5 \times \text{věk (roky)}] = SF_{\max}$ (rovnice 2)
 - $220 - \text{věk (roky)} = SF_{\max}$ (rovnice 3)
- $SF_{\max} - SF_{\text{klid}}$ (klidová SF) = SF_{rez} (rezervní SF)
- Intenzita = % x SF_{ref} + SF_{klid}

Příklad rovnice 1 (pásmo 70 – 80 % SF_{\max})

$$220 - 40 (\text{věk}) = 180 \text{ tepů/min}$$

$$180 \text{ tepů/min} (SF_{\max}) \times 0,7 (70 \%) = 126 \text{ tepů/min}$$

$$180 \text{ tepů/min} \times 0,8 (80 \%) = 144 \text{ tepů/min}$$

Tréninkové pásmo je 126 – 144 tepů/min

Příklad rovnice 2 (pásmo 70 – 80 % SF_{\max})

$$210 - 20 [0,5 \times 40 (\text{věk})] = 190 \text{ tepů/min}$$

$$190 \text{ tepů/min} (SF_{\max}) \times 0,7 (70 \%) = 133 \text{ tepů/min}$$

$$190 \text{ tepů/min} \times 0,8 (80 \%) = 152 \text{ tepů/min}$$

Tréninkové pásmo je 133 – 152 tepů/min

Příklad rovnice 3

$$220 - 40 (\text{věk}) = 180 \text{ tepů/min}$$

$$180 \text{ tepů/min} (SF_{\max}) - 65 \text{ tepů/min} (SF_{\text{klid}}) = 115 \text{ tepů/min} (SF_{\text{rez}})$$

$$0,7 (70\%) \times 115 \text{ tepů/min} (SF_{\text{rez}}) + 65 \text{ tepů/min} (SF_{\text{klid}}) = 145 \text{ tepů/min}$$

$$0,8 (80\%) \times 115 \text{ tepů/min} (SF_{\text{rez}}) + 65 \text{ tepů/min} (SF_{\text{klid}}) = 157 \text{ tepů/min}$$

Tréninkové pásmo je 145 – 157 tepů/min

3.3 Vytrvalostní výkon

Vytrvalost je definována jako „*schopnost udržet požadovanou intenzitu pohybové činnosti delší dobu bez snížení její efektivity.*“ (Lehnert, 2014). Je důležitá jako prevence vzniku únavy a snížení činnosti, přesnosti a pozornosti u pohybové aktivity.

K vytrvalostnímu výkonu je zapotřebí dokonalý přenos nervových signálů z motorických center do efektorů v podobě svalů, které je potřeba dostatečně zásobit energií. Vytrvalostní pohybové aktivity se vykonávají delší časový úsek. Během tohoto cvičení se uplatňuje především aerobní metabolismus, který startuje přibližně kolem druhé až třetí

minuty samotného tréninku. Mezi nejčastější pohybové aktivity patří chůze, běh nebo jízda na kole.

V polovině dvacátých let 20. století navrhnul britský fyziolog A. V. Hill model vytrvalostních schopností. Kardiovaskulární anaerobní model pracuje s teorií nedostatku kyslíku pracujících svalů, a tím dochází ke stagnaci nebo snižování výkonu. Jako příčinu únavy označuje kardiorespirační systém, který není schopen zabezpečit dostatek kyslíku do svalové tkáně (Zahradník, 2012).

Mnohem ucelenější model centrálního regulátoru navrhnul Noakes (2000). Vycházel z původního kardiovaskulárního anaerobního modelu, ale začlenil k němu čtyři další, které regulují krátkodobá, maximální a dlouhodobá submaximální cvičení. Myšlenka Noakesova modelu vychází z řízení únavy z CNS. Je to obranný mechanismus proti přetížení organismu s cílem udržet homeostázu a chránit životní funkce. Regulace neprobíhá na úrovni svalu, nýbrž CNS. Díky smyslovým orgánům těla se průběžně mění zapojení vláken na základě výpočtů v CNS. (Zahradník, 2012).

3.4 Aerobní cvičení

Aerobní cvičení vyžaduje zvýšený přísun kyslíku po delší dobu. Má tedy vytrvalostní charakter. Energie pro tuto pohybovou aktivitu je získávána rozkladem zásobních tuků a cukrů v mitochondriích buňky. Jedná se o přirozený pohyb, na který se lidské tělo dokáže poměrně dobře adaptovat. Z hlediska prevence onemocnění je důležité, aby cvičení splňovalo kvantitativní podmínky, které jsou dány frekvencí, trváním a intenzitou. Tyto parametry se na základě dědičných dispozic, pohlaví, věku, trénovanosti a zdravotního stavu mohou lišit.

Lze definovat jisté rozmezí, kdy má pohybová aktivita pozitivní vliv na zdraví. Je dáno energetickou spotřebou během jednoho týdne, která činí 10 až 25/kcal/kg. Pro představu minimální dávka 10 kcal/kg za týden je spotřebována chůzí na vzdálenost 12 km rychlostí 5 km/hod. Maximální efekt by se dostavil při stejné rychlosti s ušlou vzdáleností 29,5 km v jednom týdnu. Vyšší energetický výdej už dále nezvyšuje zdravotní efekt cvičení (Stejskal, 2004).

3.4.1 Aerobní a anaerobní práh

Pokud změníme intenzitu druhem aktivity a její náročností, například přechodem z chůze do běhu, změní se zapojení svalových vláken a tím i energetický systém. Přechod

z aktivity pomalých svalových vláken k převaze zapojení vláken rychlých vede ke tvorbě laktátu ve svalech. Ten způsobuje nepříjemné pocity a vede ke zpomalení nebo zastavení pohybu. Tento přechod je hranicí aerobního a anaerobního prahu, při kterém se mění podíl energetického metabolismu. Za hranicí anaerobního prahu hladina laktátu stoupá rychleji. Začíná se projevovat fyziologická únava. Díky správně nastavenému tréninku lze tuto hranici pozitivně zvýšit (Zahradník, 2012; Lehnert 2012).

3.5 Zóny intenzity

3.5.1 Zóna intenzity 1

Tato zóna pomáhá zlepšit jedinci hlavně aerobní metabolismus, který je důležitý pro většinu sportovních aktivit, kde přísun O_2 je hlavním omezujícím faktorem pro podání výkonu. Nalézá se pod anaerobním prahem a můžeme ji chápat jako trénink aerobního prahu, který zlepšuje výkonnost kardiorespiračního systému, ekonomiku provozu metabolismu a zlepšuje odolnost sportovce při námaze v delším časovém horizontu. Principem je zvýšení kapacity energie využitelné při dlouhém tréninku bez přerušení a za stálého tempa. Udávaný rozsah zatížení je 70 – 80 % SF_{max} . To je důležité pro funkční adaptaci. Dále se používá jako zotavovací trénink po regeneraci sportovce po tréninku s vysokou intenzitou. Zatížení je menší, a to okolo 50 % SF_{max} po dobu 20 – 40 minut. Vede k urychlení odstranění metabolitů a urychlení regenerace. Mluvíme zde o aktivní regeneraci (Zahradník, 2012).

Tato zóna je v přílohách 25 – 36 označena zeleně.

3.5.2 Zóna intenzity 2

Produkce laktátu v této zóně odpovídá vyšší intenzitě, avšak schopnost jej odbourávat je stálá. Pohybujeme se kolem anaerobního prahu. Zlepšuje se schopnost využít produkci laktátu při dlouhodobém vyšším zatížení. Oddaluje nástup únavy jeho odvodem do svalu pro energetické využití. Zatížení se pohybuje v rozmezí 80 – 90 % SF_{max} . (Zahradník, 2012)

Tato zóna je v přílohách 25 – 36 označena žlutě.

3.5.3 Zóna intenzity 3

Intenzita zátěže je v rozmezí 90 – 100 % SF_{max} . Dochází ke stimulaci, která vede ke zvýšení maximální spotřeby O_2 . Vysoká zátěž je kladena především na kardiorespirační systém, nervovou a pohybovou soustavu. Jak moc je jedinec schopen efektivně využít O_2

a přenést jej do svalových buněk, určuje jeho výkon v pohybové aktivitě, kde je zapotřebí anaerobní systém. Hladina laktátu v krvi stoupá více, než je schopnost metabolismu ho odbourávat. To vede k adaptaci na jeho hromadění a zlepšení jeho utilizace z pracujících svalových buněk (Zahradník, 2012)

Tato zóna je v přílohách 25 – 36 označena oranžově.

3.5.4 Zóna intenzity 4

Při níž pracuje anaerobní laktátový systém. Trénink v této zóně zlepšuje krátkodobou rychlostní vytrvalost. Jedinec se dostává krátkodobě přes 100 % SF_{max} a tím buduje využívání ATP ve svalu a CP jako zdroj energie. Využívá se krátkých výbušných cviků a dostatečně dlouhou dobou odpočinku (Zahradník, 2012).

Tato zóna je v přílohách 25 – 36 označena červeně.

PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE A HYPOTÉZY

4.1 Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit vliv 12 týdenního aerobního vytrvalostního tréninku na vytrvalostní kapacitu pacientů s RS. Pozitivní vliv vytrvalostního tréninku byl potvrzen v mnoha studiích (např. Motl, 2015). Zabývali jsme se, zda stejný tréninkový podnět bude mít obdobný vliv jako u zdravých jedinců. K posouzení nám slouží Six Minute Walk Test (6MWT) a srdeční frekvence měřená během testu, kdy jsme vycházeli ze studie od Dalgas (2014).

4.2 Hypotézy

4.2.1 Hypotéza 1

Předpokládám, že se u skupiny s RSlepší výsledek 6MWT o 5 % při posledním měření oproti měření prvnímu.

4.2.2 Hypotéza 2

Předpokládám, že dojde k většímu procentuálnímu snížení průměrné SF mezi 1. a 3. měřeními oproti procentuálnímu snížení SF mezi 1. a 2. měřeními.

4.2.3 Hypotéza 3

Předpokládám, že procentuální zlepšení výsledku 6MWT bude vyšší mezi 1. a 3. měřeními v porovnání výsledku mezi 1. a 2. měřeními.

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Charakteristika sledovaného souboru

Ke zjištění vlivu vytrvalostního tréninku byli vybráni dva mladí muži s roztroušenou sklerózou ve stádiu remise. Stupeň jejich postižení v období relapsu byl v rozmezí 1 – 3 EDSS. Jako kontrolní skupina slouží dva zdraví mladí muži. Věkové rozmezí celého souboru je 24 – 29 let. Pro účely měření byli oblečení ve sportovním oblečení včetně obuvi. Probandi s RS jsou označeni jako proband A, proband B. Kontrolní vzorek jako proband C a proband D. Souhlasy od sledovaných probandů jsou vyplněné a podepsané u autora práce.

Probandi s RS splňují všechny tyto podmínky:

- Nachází se ve fázi remise onemocnění, bez relapsu minimálně půl roku
- Nejsou omezeni následky nemoci a jsou schopni pohybové aktivity
- Nemají žádné kardiovaskulární onemocnění
- Mají kladný vztah ke sportu.

5.2 Postup vyšetření

Celkem byly provedeny 3 měření. První vstupní a další 2 s odstupem jednoho a dvou měsíců jako kontrolní měření. Vstupní měření sloužilo k určení zdatnosti jedince a na jeho základě byl vypracován samotný tréninkový plán dalších dní. Další dvě měření sloužila s odstupem času jako kontrolní pro zjištění účinnosti zvoleného vytrvalostního tréninku. K testování byl zvolen Six Minute Walk Test doprovázený měřením SF.

5.2.1 Six Minute Walk Test

Studie považují Six Minute Walk test za „zlatý standart“ pro měření vytrvalostní kapacity chůze u různých skupin pacientů. Široké využití má u neurologických pacientů. Hodnotí se ušlá vzdálenost nejvyšší možnou rychlostí chůze po rovině za 6 minut. Během testu dochází k submaximálnímu zatížení organismu. Zároveň je možné měřit SF jako ukazatel zatížení kardiorepiračního systému. Dle Enrighta (2003) by se měl test provádět v interiéru, studie od Weverse (2011) však prokázaly, že je spolehlivým i ve venkovním prostředí. V případě nutnosti test opakovat je vhodné měřit ve stejnou denní dobu.

5.2.2 Tréninková jednotka

Po dobu 12 týdnů měli za úkol všichni probandi absolvovat vytrvalostní aerobní trénink v podobě 4 tréninkových jednotek za týden. Každá tréninková jednotka obsahovala

zahřívací deseti minutovou fází a fází samotného tréninku v podobě submaximální intenzity chůze po dobu 30 minut. Vycházeli jsme z údajů doporučených Stejskalem (2004) a Kolářem (2012).

5.3 Postup měření

Měření probíhalo na otevřených sportovištích v Hradci Králové, kde byl k dispozici běžecký ovál. Tím nám byly zajištěny stejné podmínky pro měření jednotlivých subjektů a vyloučili se faktory zkreslující měření ve volném terénu jako například převýšení, rychlé změny směru nebo dopravní situace. Čas měření byl mezi 10:00 – 13:00 hod v sobotu nebo neděli, čímž jsme se snažili eliminovat únavu způsobenou pracovními nebo studijními povinnostmi v rámci všedních dní. Probandi nesměli minimálně 1 hodinu před měřením jíst, pít nápoje s obsahem kofeinu nebo kouřit. Co se bohužel nedá ovlivnit je počasí, jelikož ne všichni probandi byli měřeni ve stejný den, byla provedena měření v různých teplotách venkovního vzduchu.

Před samotným měřením, byla zavedena do aplikace data o věku, váze a pohlaví měřeného jedince. Ta slouží algoritmu aplikace pro určení co nejpřesnějšího výsledku a nastavení 5 zón intenzity tepových frekvencí. Pro každého probanda byly vypočteny hodnoty aplikací zvlášť. Apple Watch Series 2 byly vždy připevněny na levém zápěstí senzorem na dorsální straně. Senzor tepu musí doléhat přímo na pokožku, v opačném případě může dojít ke zkreslení měření. Před každým samostatným měřením docházelo ke kontrole opasku a kontaktu se zápěstím. Mobilní telefon spárovaný s hodinkami byl během záznamu uschován v kapse u kalhot měřeného probanda pro správnou funkci akcelerometru a gyroskopu. Dále jsme mohli přejít k samotnému testování.

Proband se postavil na startovní čáru atletického okruhu. Na hodinkách pomocí tlačítka Start v aplikaci Walkmeter Walking & Hiking GPS Elite spustil měření. Zároveň vyrazil co nejvyšší možnou rychlostí chůze po běžecké dráze. Běh je u tohoto testu zakázán, je tedy důležité dodržet parametry chůze a mít vždy alespoň jednu dolní končetinu v kontaktu s podložkou. Aplikace probanda během testování upozorňuje o uplynulém čase každou minutu. Bohužel tento software neumí sám měření ukončit po stanoveném čase, v našem případě 6 minut. Proband tedy musí manuálně stiskem tlačítka Stop na sportovních hodinkách měření v 6 minutách ukončit. Po proběhlém záznamu byla data uložena v telefonu a zároveň odeslána na server vývojářů aplikace jako záloha.

5.3.1 Měřicí zařízení

Záznam dat probíhal pomocí sportovních hodinek Apple Watch Series 2 a mobilního telefonu iPhone 5S (obrázek 8).

Obrázek 8: Apple Watch Series 2 a iPhone 5S



Zdroj 7: apple.com

Obě tato zařízení byla spolu během měření spárovaná pomocí bezdrátové technologie Bluetooth a komunikovala spolu. Jako software pro měření byla zvolena aplikace Walkmeter Walking & Hiking GPS ve verzi Elite od vývojářského studia Abvio Inc. Tento měřicí program byl vybrán pro měření dat potřebných pro naši práci a jeho široké možnosti nastavení a přehledný výstup dat v grafech. Data, která jsme zaznamenávali byla ušlá vzdálenost, počet kroků, tempo a SF. Apple Watch Series 2 sloužili k záznamu SF ze zápěstí měřené osoby, dále využívají GPS data a data z gyroskopu senzoru a akcelerometru přímo ve sportovních hodinkách k měření kroků, vzdálenosti a tempa. K měření srdeční frekvence senzor Apple Watch Series 2 používá tzv. fotopletysmografii. Jednoduše řečeno senzor pracuje s odrazem světla. Krev je červená a odráží červené světlo, zelené absorbuje. Pomocí zelených diod a fotodiod umístěných zespod sportovních hodinek se měří průtok krve. Při srdečním úderu se průtok zvýší a tím se pohltí více světla. Zelená dioda bliká stokrát za sekundu, na základě toho hodinky vypočtou, kolik úderů srdce provede v jedné minutě. Rozmezí, které dokážou detekovat, je 30 – 210 BPM. iPhone 5S obsahuje koprocesor M7, který opět zpracovává data akcelerometru, gyroskopu a kompasu a na základě toho je schopen počítat kroky, ušlou vzdálenost, rychlost chůze a tempo kroku. Měření tedy neprobíhá pouze na základě GPS měření, ale vstupují do něho i výše zmíněné proměnné. Naměřená data obě zařízení porovnávají pro co nejlepší výsledek. Následně byla data z aplikace zpracována v PC.

6 VÝSLEDKY

6.1 Hypotéza 1

Předpokládám, že se u skupiny s RS zlepší výsledek 6MWT o 5 % při posledním měření oproti měření prvnímu.

Tabulka 2 Výsledky 6MWT probanda A, probanda B

Proband A				
měření	1.	2.	3.	
vzdálenost (km)	0,69	0,79	0,89	25,4 %
Proband B				
měření	1.	2.	3.	
vzdálenost (km)	0,71	0,72	0,82	15,5 %

Zdroj: vlastní

Z výsledků je patrné, že se výsledek u 6MWT zvýšil více jak o 5 % u obou probandů s RS.

Odpověď: Hypotézu 1 lze potvrdit

6.2 Hypotéza 2

Předpokládám, že dojde k většímu procentuálnímu snížení průměrné SF mezi 1. a 3. měřeními oproti procentuálnímu snížení SF mezi 1. a 2. měřeními.

Tabulka 3 Průměrná SF a její procentuální změny

Proband			
A	Ø SF	% rozdíl 1. a 2. měření	% rozdíl 1. a 3. měření
1.	125	+16,8 %	+7,2 %
2.	146		
3.	134		
B			
1.	111	+3,6 %	+4,5 %
2.	115		
3.	116		
C			
1.	139	+3,5 %	- 6,5 %
2.	142		
3.	130		
D			
1.	130	+3,6 %	+0,8 %
2.	132		
3.	131		

Zdroj: vlastní

Vlivem vytrvalostního tréninku by mělo dojít ke snížení průměrné tepové frekvence. Z výsledků je patrné, že k procentuálnímu snížení dochází pouze u probanda C, a to mezi 1. a 3. měřeními. U všech ostatních výsledků nacházíme zvýšení SF.

Odpověď: Hypotézu 2 nelze potvrdit.

6.3 Hypotéza 3

Předpokládám, že procentuální zlepšení výsledku 6MWT bude vyšší mezi 1. a 3. měřením v porovnání výsledku mezi 1. a 2. měřením.

Tabulka 4 Výsledky 6MWT a jejich procentuální změny

Proband			
A	Vzdálenost (km)	% rozdíl 1. a 2. měření	% rozdíl 1. a 3. měření
1.	0,69	+14,5 %	+29,9 %
2.	0,79		
3.	0,89		
B			
1.	0,71	+1,4 %	+15,5 %
2.	0,72		
3.	0,82		
C			
1.	0,87	+9,2 %	+17,2 %
2.	0,95		
3.	1,02		
D			
1.	0,84	+3,6 %	+11,9 %
2.	0,87		
3.	0,94		

Zdroj: vlastní

Z výsledků v tabulce je patrné, že všichni probandi dosáhli lepších výsledků mezi 1. a 3. měřením oproti 1. a 2. měření.

Odpověď: Hypotézu 3 lze potvrdit.

7 DISKUZE

V minulosti bylo provedeno mnoho studií, které se zabývaly vlivem aerobní aktivity na pacienty s RS. Rodgers (1999) prokázal minimální vliv 6 měsíčního aerobního tréninku na zlepšení patologické chůze, kdy u pacientů byla snížena rychlost chůze a kadence kroků. Naopak Romberg (2004) ve své studii uvádí, že se po 6 měsících aerobního tréninku zvýšila rychlost chůze u pacientů s RS. V další studii od Kileffa (2005) dospěli k závěru, že se zlepšila ušlá vzdálenost při 6MWT u lidí trpících RS po 2 tréninkových jednotkách týdně na bicyklovém ergometru po dobu 12 týdnů. Na základě těchto výsledků jsme pro náš výzkum zvolili 12 týdenní tréninkové období. Zlepšení výkonu o 10 % na ergometru signalizuje zvýšení kondice (Schapiro, 1988). Aerobní trénink dle Koláře (2012) přispívá ke zlepšení plicních funkcí, zvýšení utilizace kyslíku, koncentrace myoglobinu a aktivity oxidativních enzymů, zvýšení kapilarizace činných svalů, zvětšení počtu mitochondrií, zlepšení aerobního prahu a dalším změnám.

American College of Sports Medicine (2013) doporučuje aerobní aktivitu v rozmezí 60 – 85% SF_{max} . Pokud nahlédneme do příloh 25 – 36, můžeme si ověřit, že všichni probandi se během 6MWT drželi převážně v tomto rozmezí. Zeleně je označeno rozmezí 60 – 70% SF_{max} , žlutě 70 – 80 SF_{max} , oranžově 80 – 90 SF_{max} a 90 – 100 SF_{max} červeně. Tato pásma byly pro každého jedince vypočtena námi použitou měřicí aplikací na základě pohlaví, věku a váhy. Během tréninkových jednotek, tedy mimo měření 6MWT, probandi nedisponovali sporttesterem pro ověření SF, můžeme však předpokládat, že submaximální chůzí toto rozmezí nepřekročili.

V první hypotéze jsme předpokládali zvýšení ušlé vzdálenosti o 5 % mezi prvním a posledním měřením 6MWT, které dělilo 12 týdnů. Tento procentuální nárůst byl zvolen na základě studie z roku 2007 (Rampello), kde se zvýšila vzdálenost po aerobním tréninku u probandů s RS v průměru o 7 %. Tato hypotéza se ukázala jako platná. Procentuální nárůst vyhodnocený měřením byl dokonce mnohem vyšší, než byl náš odhad před samotným výzkumem.

Studie provedená Stevenssem (1999) hovoří o nevhodnosti testování výkonnostní kapacity cyklickou aktivitou kolem hranice submaximální intenzity pomocí ergometru. Pacienti u tohoto měření nejsou schopni udržet stálé tempo, dokonce ani v nízkých otáčkách, čímž může být tento test nedostatečně vypovídající. Dále dodává, že testy reprezentované

chůzí bývají v tomto kontextu podceňovány. Solway (2001) považuje 6MWT jako objektivní hodnocení funkční kapacity, které je pro testované pacienty snadno proveditelné a pochopitelné, čímž může lépe odrážet úroveň fyzické aktivity při každodenních činnostech. Na základě těchto studií jsme se rozhodli pro testování právě pomocí 6MWT.

Chetta (2004) uvádí souvislost mezi nízkým stupněm postižení (EDSS 1 – 3,5) a vytrvalostní kapacitou chůze, která je snížena oproti kontrolní zdravé skupině. Dále zmiňuje, že to je způsobeno inaktivitou ve fázi relapsu nemoci, kdy tato kapacita klesá společně s příznaky nemoci. Většina pacientů udává jako nejhorší symptom únavu. Data Havrdové (2000) nám ukazují, že je to až 25 % všech pacientů, přičemž zbytek ji řadí mezi tři nejvíce invalidizující symptomy. S inaktivitou pacienta dochází také k dekonduci. Motl (2003) uvádí, že fyziologická dekonduce je manifestována redukcí aerobní kapacity, svalovou silou a rovnováhou, což nepříznivě ovlivní parametry chůze. Řasová (2007) to doplňuje o změnu vazivových struktur, řídicí funkce CNS, metabolismus, funkční kapacitu tělesných systémů, únavnost a psychický stav. Stejný tréninkový podnět by mohl budovat lepší odezvu u takto postižených jedinců oproti zdravým, u kterých k dekonduci vlivem nemoci nedochází. To může být vodítkem, proč se vzdálenost procentuálně zvýšila více než jsme předpokládali.

V druhé hypotéze jsme předpokládali, že dojde k většímu procentuálnímu snížení průměrné SF mezi 1. a 3. měřením oproti procentuálnímu snížení mezi 1. a 2. měřením. Z výsledků v tabulce 3 můžeme konstatovat, že je hypotéza vyvrácena. Vycházeli jsme z údajů publikovaných Neumannem (2005), který udává, že k vyšší úrovni adaptace organismu dochází ve 4. - 6. týdnu tréninku, tedy minimálně po 4 týdnech správně nastaveného tréninku je dosaženo vyšší výkonnostní úrovně. Předpokladem pro nás byl fakt, že tepová frekvence je ukazatelem fyzické zdatnosti (Benson, 2012) a bude se s postupujícím tréninkem snižovat jakožto ukazatel trénovanosti jedince. Snížení SF mezi 1. a 2. měřením, které dělilo 4 týdny by mělo být dle našeho předpokladu nižší, než snížení mezi 1. a 3. měřením, které dělilo 12 týdnů aerobně vytrvalostního tréninku. Z výsledků (tabulka 3) je patrné, že se náš předpoklad nepotvrdil. U probandů A, B a D nedochází vůbec k žádnému snížení SF ani v jednom z měření. Výjimkou je proband C, u kterého se sníží SF mezi 1. a 3. měření. Vodítko proč tomu tak je bychom mohli hledat v tabulce 4. Pokud se podíváme na vzdálenosti naměřené během 6MWT, vidíme průběžné zvyšování u všech probandů. Překonání delší vzdálenosti představuje vyšší nároky na kardiovaskulární systém, které je

potřeba pokrýt. Řasová (2007) ve své publikaci popisuje vliv aerobního tréninku na srdeční variabilitu nemocných s RS. Minimálně po 2 měsících dochází ke zlepšení funkce ANS a hodnot sympatikovagové reakce, což je v porovnání s délkou našeho výzkumu kratší časové období. Můžeme se tedy domnívat, že u probandů A a B vlivem dekondice způsobené fází relapsu onemocnění došlo k posunu rovnováhy ve prospěch sympatiku a tím zvýšení SF v zátěži korespondující s vyšším tempem a ušlou vzdáleností. Otázkou zůstává, jestli tímto problémem byl některý z probandů zastižen.

Z výsledků je dále patrné, že proband A má ze všech měření průměrnou tepovou frekvenci nejvyšší, naopak proband B nejnižší. Důvodem může být porucha ANS. Havrdová (2013) ve své publikaci uvádí, že v pokročilých fázích nemoci se můžeme setkat se sklonem k posturální hypotenzi. Adamec (2013) doplňuje, že se vyskytuje již v počátečních fázích onemocnění, což by korespondovalo s naším probandem B. Poslední možností může být posun ANS rovnováhy ve prospěch parasympatiku. Dále může docházet k poruchám kožní vazomotoriky, která se projeví jako změna barvy a teploty v akrálních částech končetin (Havrdová 2013). Zaznamenali jsme problém s měřením právě u probanda B, kdy jsme pro absenci dat SF museli měření opakovat. Měřicí zařízení, které jsme použili funguje na principu odrazu světla od krve proudící v kapilárách a bylo umístěno na akru horní končetiny. Adamec (2013) uvádí, že poruchy ANS jednoznačně patří mezi projevy RS, avšak mnoho jeho symptomů bývá často poddiagnostikováno a klinická manifestace není dostatečně zohledněna škálou EDSS, kde jsou zaznamenávány pouze sfinkterové a sexuální poruchy. V chladném a suchém počasí může docházet k falešnému zpomalení SF. Dochází k menší evaporaci potu a vlivem suchého prostředí se tělo navíc velice efektivně ochlazuje. Tím by mohlo docházet ke zkresleným údajům a mohli bychom z toho vyvozovat nízkou intenzitu tréninku, i když je trénink nastavený správně (Benson, 2012).

Ve třetí hypotéze jsme předpokládali vyšší procentuální zlepšení 6MWT mezi 1. a 3. měřením, oproti procentuálnímu zlepšení mezi 1. a 2. měřením. Tato hypotéza se ukázala jako platná. Opět jsme vycházeli z předpokladu adaptace v 6. týdnu. V tabulce 5 vidíme, že všichni probandi dosáhli lepšího výsledku mezi 1. a 3. měřením. Proband A dosáhl mezi 1. a 3. měření zlepšení o 29,9 % a proband B 15,5 %. Ačkoliv výsledek probanda B není druhý nejvyšší z námi naměřených, podíváme-li se na zlepšení mezi 1. a 2. měřením, je tato hodnota pouze 1,4 %. Z toho vyplývá, že zlepšení probanda B bylo rapidní. Na základě těchto faktů si dovolíme tvrdit, že probandi A a B reagovali lépe na 12 – ti týdenní

vytrvalostní trénink, než probandi C a D. Otázkou však zůstává jaké byly na začátku výzkumu jejich další výkonnostní parametry jako např. VO_{2max} , který mohl být vlivem dekondice snížen, a tak na stejný tréninkový podnět mohly tyto 2 skupiny reagovat rozdílně. O tom by mohl svědčit fakt z tabulky 4, kdy je patrné, že probandi C a D dosahovali obecně delších vzdáleností během 6MWT. Další odpovědí by mohla být studie, kde je potvrzeno, že tréninkem dochází k synaptogenezi (Rossi, 2009) a ke zvýšení nervových růstových faktorů (White, 2008), tím by mohlo dojít k částečnému obnovení funkce CNS a zlepšení neuromuskulární odezvy na trénink.

Limity naší práce byly bezpochyby nastavené parametry pro probandy s RS. Skóre EDSS pro výběr bylo vybráno v rozmezí mezi 0 – 4. Horní hranice byla nastavena s ohledem na 6MWT, kdy je stupeň 4 EDSS definován jako *„Schopnost chůze bez pomůcky a odpočinku na alespoň 500 m, činnost 12 hodin denně navzdory relativně těžké disabilitě sestávající z 1 FS stupně 4 (ostatní 0 nebo 1) nebo kombinace nižších stupňů přesahující limity předchozích stupňů“* (Havrdová, 2013). Pro nás stěžejní údaj představovala hlavně hodnota 500 m chůze bez pomůcky a odpočinku. Pokud by tento parametr nebyl splněn, nebyli bychom schopni dostatečně objektivně pacienta změřit, popřípadě porovnávat se zdravými probandy. Dalším limitem byl výběr mužského pohlaví. Poměr postižení mezi muži a ženami je 1:2 jak udává Havrdová (2013). Nejen tím se nám zúžil výběr pacientů pro naši práci, protože roli hrál i věk. Limitujícím faktorem bylo bez pochyby i zařízení, pomocí kterého byly měřeny výsledky pro tuto práci. Rozhodně se nejedná o profesionální nástroj pro záznam dat u námi použitého měření. Mohlo tedy docházet k určité odchylce.

K dosažení co nejvyšší kvality práce jsme se snažili docílit pomocí přesně předem daných pravidel pro náš výzkum a ty co nejlépe aplikovat u všech provedených měření. Ačkoliv Enright (2003) uvádí, že by se 6MWT měl provádět v interiéru, zvolili jsme možnost měřit ve venkovním prostředí. Námi zvolené zařízení pracuje s GPS a záznamem kroků pomocí gyroskopu a akcelerometru. Pokud bychom zvolili možnost měřit v interiéru, GPS by nebyla schopna dostatečně, popřípadě vůbec, zaznamenat vzdálenost na tak malém prostoru a docházelo by k velkým chybám. Záznam by byl tedy proveden pouze pomocí krokoměru, což by nebylo objektivní vzhledem k různé délce kroku u jednotlivých probandů a došlo by k větší odchylce měření. Studie od Weverse (2011) však prokázaly, že 6MWT je spolehlivým i ve venkovním prostředí. Ke zpřesnění pásem SF by mohlo být provedeno

spirometrické vyšetření na bicyklovém ergometru. Při tomto testu se postupně zvyšuje zátěž do subjektivního maxima. Z naměřených hodnot se vypočte optimální tréninková SF.

ZÁVĚR

V práci byl hodnocen vliv vytrvalostního tréninku u pacientů s roztroušenou sklerózou. Ten je obecně pacientům s RS doporučován jako jedna z možností rehabilitace a jeho pozitivní vliv potvrdilo mnoho autorů před námi. Nikdo z nich si však už nepoložil otázku, zda stejný tréninkový podnět povede k rozdílným výsledkům mezi pacienty trpících roztroušenou sklerózou v remisi a zdravých jedinců.

Probandi s RS se nacházeli ve fázi remise a během výzkumu nebyli nemocí limitováni. Výsledky byly porovnávány s kontrolní skupinou zdravých probandů. Abychom mohli vést práci co nejobjektivněji, snažili jsme se výběr účastníků výzkumu předem definovat a tím předejít k výrazným rozdílům mezi jednotlivci, kteří byli předmětem našeho bádání. K dosažení cílů práce jsme vznesli 3 hypotézy, které jsme se snažili ověřit výzkumem založeném na tréninku vytrvalostní kapacity testovaných jedinců a ten zhodnotit pomocí Six Minute Walk testu, který je objektivním hodnotitelem funkční zdatnosti u neurologicky nemocných. Při testu byla také zaznamenávána srdeční frekvence ze zápěstí jakožto ukazatel trénovanosti jedince.

V hypotézách jsme zaměřili pozornost především na rozdíly, které by mohly nastat po 12 týdenním tréninkovém cyklu. Zajímalo nás, jak moc velká změna nastane ve vzdálenosti, kterou probandi RS urazí mezi 1. a 3. měřením. Dále jsme vznesli otázku nad tím, jaká reakce kardiovaskulárního systému nastane na námi zvolený trénink, kdy jsme porovnávali jednotlivá kontrolní měření mezi sebou. V poslední hypotéze jsme se domnívali, že se procentuálně více zlepší výsledek Six Minute Walk testu mezi 1. a 3. měřením oproti 1. a 2. měřením.

Z našich výsledků můžeme konstatovat, že došlo k pozitivní reakci na zvolený trénink u všech probandů, přičemž výsledky, kterých dosáhli probandi s RS pro nás byly překvapivé. Bylo zaznamenáno znatelné zlepšení ve vzdálenosti na konci třetího měsíce. Bylo by zajímavé pozorovat vliv delšího období.

Námětem pro další výzkum, by mohlo být porovnání vlivu rychlé chůze vůči pomalému běhu u takto nemocných lidí.

LITERATURA

ADAMEC, Ivan; HABEK, Mario. Autonomic dysfunction in multiple sclerosis. *Clinical neurology and neurosurgery*, 2013, 115: S73-S78. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303846713003806>

AMBLER, Zdeněk. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 7. vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-707-3.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, et al. (ed.). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Lippincott Williams & Wilkins, 2013.

BENSON, Roy a Declan CONNOLLY. *Trénink podle srdeční frekvence: jak zvýšit kondici, vytrvalost, laktátový práh, výkon*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4036-2.

DALGAS, Ulrik, et al. Aerobic intensity and pacing pattern during the six-minute walk test in patients with multiple sclerosis. *Journal of rehabilitation medicine*, [online]. 2014, 46.1: 59-66. [cit. 2018-02-20] DOI: 10.2340/16501977-123. ISSN 1650-1977. Dostupné z: <https://www.medicaljournals.se/jrm/content/html/10.2340/16501977-1231>

DAVIES, Brenda L., David J. ARPIN, Min LIU, Heidi REELFS, Kathleen G. VOLKMAN, Kathleen HEALEY, Rana ZABAD a Max J. KURZ. Two Different Types of High-Frequency Physical Therapy Promote Improvements in the Balance and Mobility of Persons With Multiple Sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2016, 97(12), 2095-2101.e3 [cit. 2018-02-20]. DOI: 10.1016/j.apmr.2016.05.024. ISSN 00039993. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999316302660>

DECKX, Nathalie, Inez WENS, Amber H. NUYTS, et al. 12 Weeks of Combined Endurance and Resistance Training Reduces Innate Markers of Inflammation in a Randomized Controlled Clinical Trial in Patients with Multiple Sclerosis. *Mediators of Inflammation* [online]. 2015, 2015, 1-13 [cit. 2017-06-20]. DOI: 10.1155/2016/6789276. ISSN 0962-9351. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/mi/2016/6789276/>

ENRIGHT, Paul L. The six-minute walk test. *Respiratory care*, [online] 2003, 48.8: 783-785. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <http://rc.rcjournal.com/content/respcare/48/8/783.full.pdf>

GOLDMAN, Myla D.; MARRIE, Ruth Ann; COHEN, Jeffrey A. Evaluation of the six-minute walk in multiple sclerosis subjects and healthy controls. *Multiple Sclerosis Journal*, 2008, 14.3: 383-390. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1352458507082607>

HAVRDOVÁ, Eva. *Roztroušená skleróza v praxi*. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-189-6.

HAVRDOVÁ, Eva. *Roztroušená skleróza: průvodce ošetřujícího lékaře*. Praha: Maxdorf, 2005. Farmakoterapie pro praxi. ISBN 80-7345-069-0.

HAVRDOVÁ, Eva. *Roztroušená skleróza*. Vyd. 2. Praha: Triton, 2000. Levou zadní. ISBN 80-7254-117-x.

HRADÍLEK, Pavel. Demyelinizace a remyelinizace v CNS. *Neurologie pro praxi* [online]. 2010, 2010(4), 256-259 [cit. 2018-01-12]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2010/04/12.pdf>

CHETTA, Alfredo, et al. Cardiorespiratory response to walk in multiple sclerosis patients. *Respiratory medicine*, 2004, 98.6: 522-529. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: [http://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111\(03\)00428-1/fulltext](http://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111(03)00428-1/fulltext)

JUNQUEIRA, Luiz Carlos Uchôa, José CARNEIRO a Robert O. KELLEY. *Základy histologie*. Jinočany: H & H, 1997. ISBN 80-85787-37-7.

KESSELRING, Jürg a Serafin BEER. Symptomatic therapy and neurorehabilitation in multiple sclerosis. *The Lancet Neurology* [online]. 2005, 4(10), 643-652 [cit. 2017-06-20]. DOI: 10.1016/S1474-4422(05)70193-9. ISSN 14744422. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442205701939>

KILEFF, J.; ASHBURN, A. A pilot study of the effect of aerobic exercise on people with moderate disability multiple sclerosis. *Clinical rehabilitation*, 2005, 19.2: 165-169. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1191/0269215505cr839oa>

KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2012. ISBN 978-80-7262-657-1.

KURTZKE, John F. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, 1983, 33.11: 1444-1444. [cit. 2018-02-20]
Dostupné z: <http://n.neurology.org/content/33/11/1444.short>

LEHNERT, Michal. *Sportovní trénink I* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014 [cit. 2018-03-11]. ISBN 978-80-244-4330-0. Dostupné z: <https://publi.cz/books/148/Cover.html>

MOTL, Robert W. a Brian M. SANDROFF. Benefits of Exercise Training in Multiple Sclerosis. *Current Neurology and Neuroscience Reports* [online]. 2015, 15(9), - [cit. 2017-06-20]. DOI: 10.1007/s11910-015-0585-6. ISSN 1528-4042. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11910-015-0585-6>

MOTL, Robert W. Benefits, safety, and prescription of exercise in persons with multiple sclerosis. *Expert review of neurotherapeutics*, 2014, 14.12: 1429-1436. [cit. 2018-02-20]
Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1586/14737175.2014.983904>

MOTL, Robert W., et al. Evidence for the different physiological significance of the 6-and 2-minute walk tests in multiple sclerosis. *BMC neurology*, 2012, 12.1: 6. [2018-02-20]
Dostupné z: <https://bmcnneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2377-12-6>

MOTL, Robert W.; MCAULEY, Edward; SNOOK, Erin M. Physical activity and multiple sclerosis: a meta-analysis. *Multiple Sclerosis Journal*, 2005, 11.4: 459-463. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1191/1352458505ms1188oa>

NEDELJKOVIC, Una, Emilija DUBLJANIN-RASPOPOVIC, Nela ILIC, Jelena DACKOVIC a Irena DUJMOVIC. Endurance and resistance training in rehabilitation of patients with multiple sclerosis. *Vojnosanitetski pregled* [online]. 2014, 71(10), 963-968 [cit. 2017-06-20]. DOI: 10.2298/VSP130116003N. ISSN 0042-8450. Dostupné z: <http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0042-84501400003N>

NEUMANN, G.; PFÜTZNER, A.; HOTTENROTT, K. *Trénink pod kontrolou*. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-0847-3

OPAVSÝ, Jaroslav. *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2003. ISBN 80-244-0625-x.

PETAJAN, Jack H., Eduard GAPPMAIER, Andrea T. WHITE, Mark K. SPENCER, Lizbeth MINO a Richard W. HICKS. Impact of aerobic training on fitness and quality of life in multiple sclerosis. *Annals of Neurology* [online]. 1996, 39(4), 432-441 [cit. 2017-06-20]. DOI: 10.1002/ana.410390405. ISSN 03645134. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ana.410390405>

PUČELÍK, Pavel. *Obecná fyziologie vzrušivých tkání*. Praha: Univerzita Karlova, 1984.

RAMPELLO, Anais, et al. Effect of aerobic training on walking capacity and maximal exercise tolerance in patients with multiple sclerosis: a randomized crossover controlled study. *Physical therapy*, 2007, 87.5: 545-555. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <https://academic.oup.com/ptj/article/87/5/545/2742184>

RODGERS, Mary M., et al. Gait characteristics of individuals with multiple sclerosis before and after a 6-month aerobic training program. *Journal of rehabilitation research and development*, 1999, 36.3: 183. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/215293175?pq-origsite=gscholar>

ROMBERG, A., et al. Effects of a 6-month exercise program on patients with multiple sclerosis A randomized study. *Neurology*, 2004, 63.11: 2034-2038. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <http://n.neurology.org/content/63/11/2034>

ROSSI, Silvia, et al. Exercise attenuates the clinical, synaptic and dendritic abnormalities of experimental autoimmune encephalomyelitis. *Neurobiology of disease*, 2009, 36.1: 51-59. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: https://ac.els-cdn.com/S0969996109001636/1-s2.0-S0969996109001636-main.pdf?_tid=b3fb362e-c4c9-49ea-98ec-21c1947560c9&acdnat=1522229188_3e576a25a52e381244bc83a52486d2eb

ŘASOVÁ, Kamila. *Fyzioterapie u neurologicky nemocných (se zaměřením na roztroušenou sklerózu mozkomíšni)*. Praha: Ceros, 2007. ISBN 978-80-239-9300-4.

SOLWAY, Sherra, et al. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*, 2001, 119.1: 256-270. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: [http://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(15\)37593-0/pdf](http://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(15)37593-0/pdf)

STEJSKAL, Pavel. *Proč a jak se zdravě hýbat*. Břeclav: Presstempus, 2004. ISBN 80-903350-2-0.

STEVENS, Damien, et al. Comparison of hallway and treadmill six-minute walk tests. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 1999, 160.5: 1540-1543. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/ajrccm.160.5.9808139>

TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5.

WEVERS, Lotte EG; KWAKKEL, Gert; VAN DE PORT, Ingrid GL. Is outdoor use of the six-minute walk test with a global positioning system in stroke patients' own neighbourhoods reproducible and valid?. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 2011, 43.11: 1027-1031. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <http://www.ingentaconnect.com/content/mjl/sreh/2011/00000043/00000011/art00011#>

WHITE, Lesley J.; CASTELLANO, Vanessa. Exercise and Brain Health—Implications for Multiple Sclerosis. *Sports medicine*, 2008, 38.2: 91-100. [cit. 2018-02-20] Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200838020-00001>

ZAHRADNÍK, David a Pavel KORVAS. *Základy sportovního tréninku* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2012 [cit. 2018-2-22]. ISBN 978-80-210-5890-3. Dostupné z: <http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-5/Cover.html>

SEZNAM ZKRATEK

ANS – autonomní nervový systém

AP – akční potenciál

FS – funkční systém

KMP – klidový membránový potenciál

MFSS – modified fatigue severity scale

MP – myelinová pochva

NS – nervový systém

CNS – centrální nervový systém

PNS – periferní nervový systém

RS – roztroušená skleróza

RZ – ranviérův zářez

6MWT – six minute walk test

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Neuron.....	14
Obrázek 2: Demyelinizová pochva v porovnání s neporušenou	16
Obrázek 3: Relaps - remitentní forma.....	24
Obrázek 4: Chronicko - progresivní forma	25
Obrázek 5: Primárně progresivní forma.....	25
Obrázek 6: Relabující progresivní forma.....	26
Obrázek 7: Superkompenzace	34
Obrázek 8: Apple Watch Series 2 a iPhone 5S	42

SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ

Zdroj 1: Junqueira (1997, str. 154).....	14
Zdroj 2: mayoclinic.org.....	16
Zdroj 3: Havrdová (2013, str. 143).....	24
Zdroj 4: Havrdová (2013, str. 144).....	25
Zdroj 5: Havrdová (2013, str. 144).....	25
Zdroj 6: Havrdová (2013, str. 145).....	26
Zdroj 7: apple.com.....	42

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 EDSS	29
Tabulka 2 Výsledky 6MWT probanda A, probanda B	44
Tabulka 3 Průměrná SF a její procentuální změny.....	45
Tabulka 4 Výsledky 6MWT a jejich procentuální změny	46

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 1. měření probanda A – přehled naměřených hodnot.....	64
Příloha 2 2. měření probanda A – přehled naměřených hodnot.....	64
Příloha 3 3. měření probanda A – přehled naměřených hodnot.....	64
Příloha 4 1. měření probanda B – přehled naměřených hodnot.....	64
Příloha 5 2. měření probanda B – přehled naměřených hodnot.....	64
Příloha 6 3. měření probanda B – přehled naměřených hodnot.....	64
Příloha 7 1. měření probanda C – přehled naměřených hodnot.....	64
Příloha 8 2. měření probanda C – přehled naměřených hodnot.....	64
Příloha 9 3. měření probanda C – přehled naměřených hodnot.....	65
Příloha 10 1. měření probanda D – přehled naměřených hodnot.....	65
Příloha 11 2. měření probanda D – přehled naměřených hodnot.....	65
Příloha 12 3. měření probanda D – přehled naměřených hodnot.....	65
Příloha 13 Legenda - grafy.....	65
Příloha 14 1. měření probanda A - graf.....	66
Příloha 15 2. měření probanda A - graf.....	66
Příloha 16 3. měření probanda A - graf.....	67
Příloha 17 1. měření probanda B - graf.....	67
Příloha 18 2. měření probanda B - graf.....	68
Příloha 19 3. měření probanda B - graf.....	68
Příloha 20 1. měření probanda C - graf.....	69
Příloha 21 2. měření probanda C - graf.....	69
Příloha 22 3. měření probanda C - graf.....	70
Příloha 23 1. měření probanda D - graf.....	70
Příloha 24 2. měření probanda D - graf.....	71
Příloha 25 3. měření probanda D - graf.....	71
Příloha 26 1. měření probanda A – zóny SF.....	72
Příloha 27 2. měření probanda A – zóny SF.....	72
Příloha 28 3. měření probanda A – zóny SF.....	72
Příloha 29 1. měření probanda B – zóny SF.....	72
Příloha 30 2. měření probanda B – zóny SF.....	72
Příloha 31 3. měření probanda B – zóny SF.....	72
Příloha 32 1. měření probanda C – zóny SF.....	73

Příloha 33 2. měření probanda C – zóny SF	73
Příloha 34 3. měření probanda C – zóny SF	73
Příloha 35 1. měření probanda D – zóny SF	73
Příloha 36 2. měření probanda D – zóny SF	73
Příloha 37 3. měření probanda D – zóny SF	73
Příloha 38 1. měření probanda A – kadence kroků	74
Příloha 39 2. měření probanda A – kadence kroků	74
Příloha 40 3. měření probanda A – kadence kroků	74
Příloha 41 1. měření probanda B – kadence kroků.....	74
Příloha 42 2. měření probanda B – kadence kroků.....	74
Příloha 43 3. měření probanda B – kadence kroků.....	75
Příloha 44 1. měření probanda C – kadence kroků.....	75
Příloha 45 2. měření probanda C – kadence kroků.....	75
Příloha 46 3. měření probanda C – kadence kroků.....	75
Příloha 47 1. měření probanda D – kadence kroků	75
Příloha 48 2. měření probanda D – kadence kroků	76
Příloha 49 3. měření probanda D – kadence kroků	76
Příloha 50 1. měření probanda A - tempo	76
Příloha 51 2. měření probanda A - tempo	76
Příloha 52 3. měření probanda A - tempo	76
Příloha 53 1. měření probanda B - tempo	77
Příloha 54 2. měření probanda B - tempo	77
Příloha 55 3. měření probanda B - tempo	77
Příloha 56 1. měření probanda C - tempo	77
Příloha 57 2. měření probanda C - tempo	77
Příloha 58 3. měření probanda C - tempo	78
Příloha 59 1. měření probanda D - tempo	78
Příloha 60 2. měření probanda D - tempo	78
Příloha 61 3. měření probanda D - tempo	78
Příloha 62 Souhrnná tabulka dat všech měření	78

PŘÍLOHY

Příloha 1 1. měření probanda A – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,69	6:00	8:41	8:01	58	125	132	121	131	729

Zdroj: vlastní

Příloha 2 2. měření probanda A – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,79	6:00	7:36	6:57	73	145	158	127	138	760

Zdroj: vlastní

Příloha 3 3. měření probanda A – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,89	6:00	6:45	4:26	68	134	163	124	136	746

Zdroj: vlastní

Příloha 4 1. měření probanda B – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,71	6:00	8:24	7:49	43	110	141	117	134	703

Zdroj: vlastní

Příloha 5 2. měření probanda B – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,72	6:00	8:17	7:40	47	114	125	119	138	714

Zdroj: vlastní

Příloha 6 3. měření probanda B – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,82	6:00	7:22	5:54	56	115	129	118	135	709

Zdroj: vlastní

Příloha 7 1. měření probanda C – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,86	6:00	6:57	5:07	45	138	147	121	131	729

Zdroj: vlastní

Příloha 8 2. měření probanda C – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,95	6:00	6:20	5:04	47	142	155	122	134	731

Zdroj: vlastní

Příloha 9 3. měření probanda C – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	1,02	6:00	5:52	4:34	39	129	146	121	131	727

Zdroj: vlastní

Příloha 10 1. měření probanda D – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,84	6:00	7:11	5:23	59	129	137	128	135	769

Zdroj: vlastní

Příloha 11 2. měření probanda D – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,87	6:00	6:52	5:36	66	131	138	126	134	755

Zdroj: vlastní

Příloha 12 3. měření probanda D – přehled naměřených hodnot

Name	Distance km	Walk Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
Walk	0,94	6:00	6:22	4:59	66	131	141	127	136	759

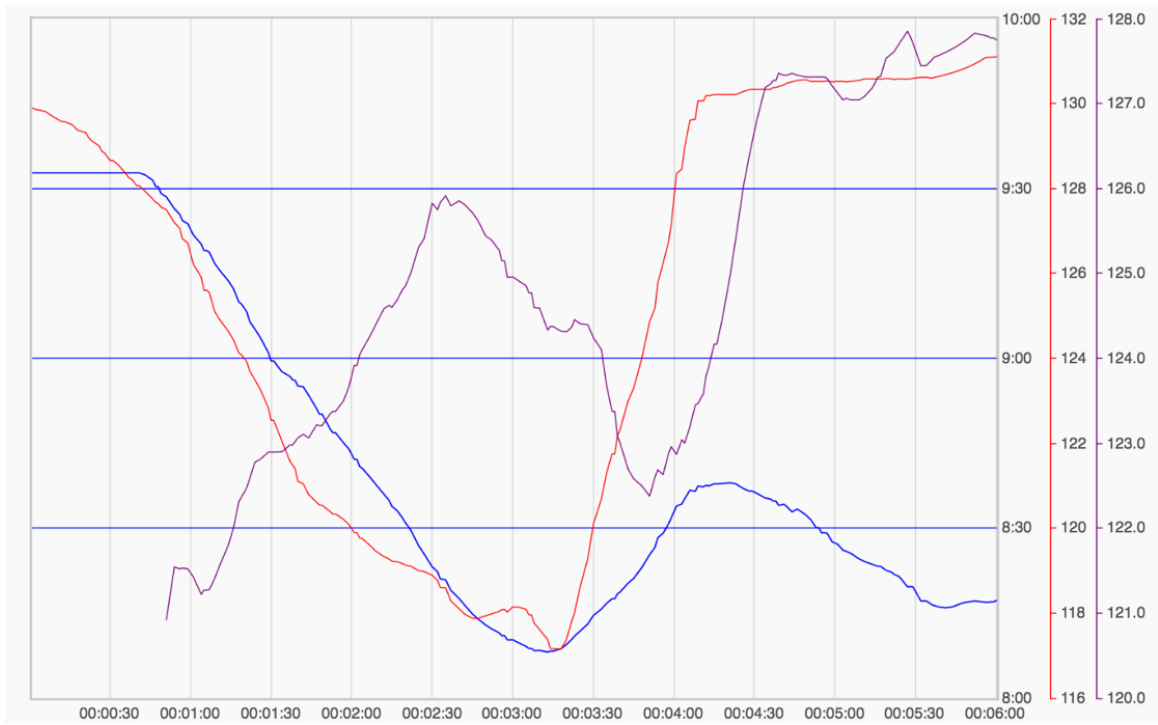
Zdroj: vlastní

Příloha 13 Legenda - grafy

<input checked="" type="checkbox"/>	Pace /km
<input checked="" type="checkbox"/>	Heart Rate bpm
<input checked="" type="checkbox"/>	Cadence steps/min

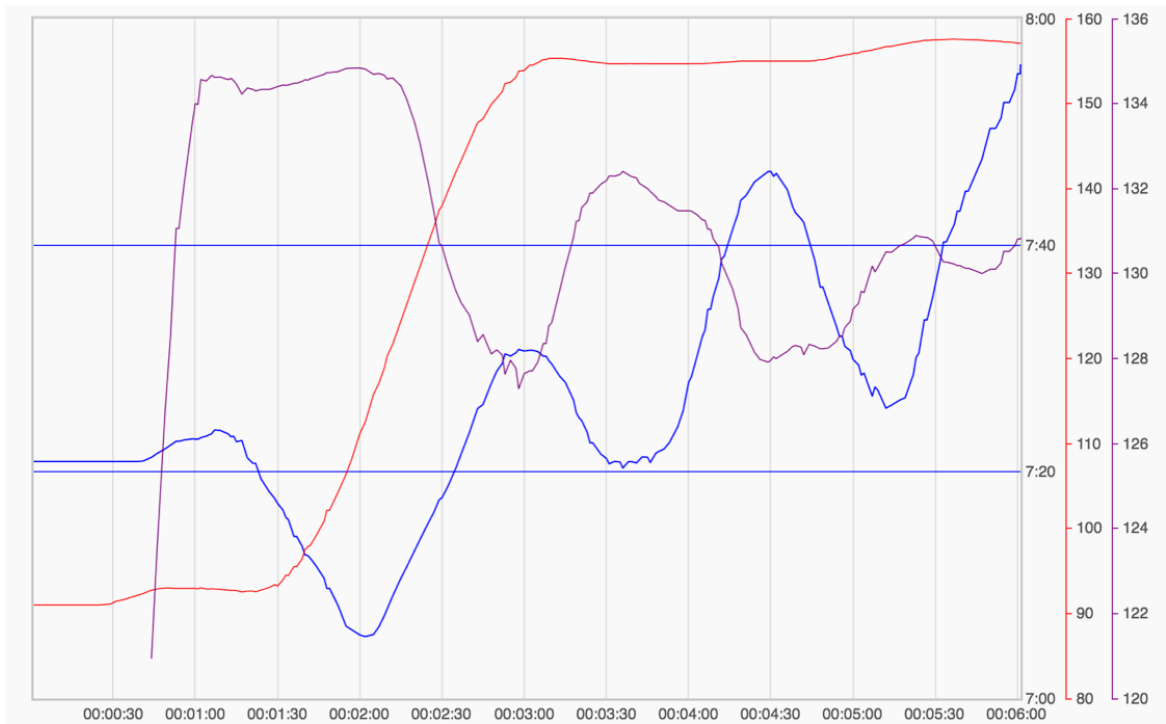
Zdroj: vlastní

Příloha 14 1. měření probanda A - graf



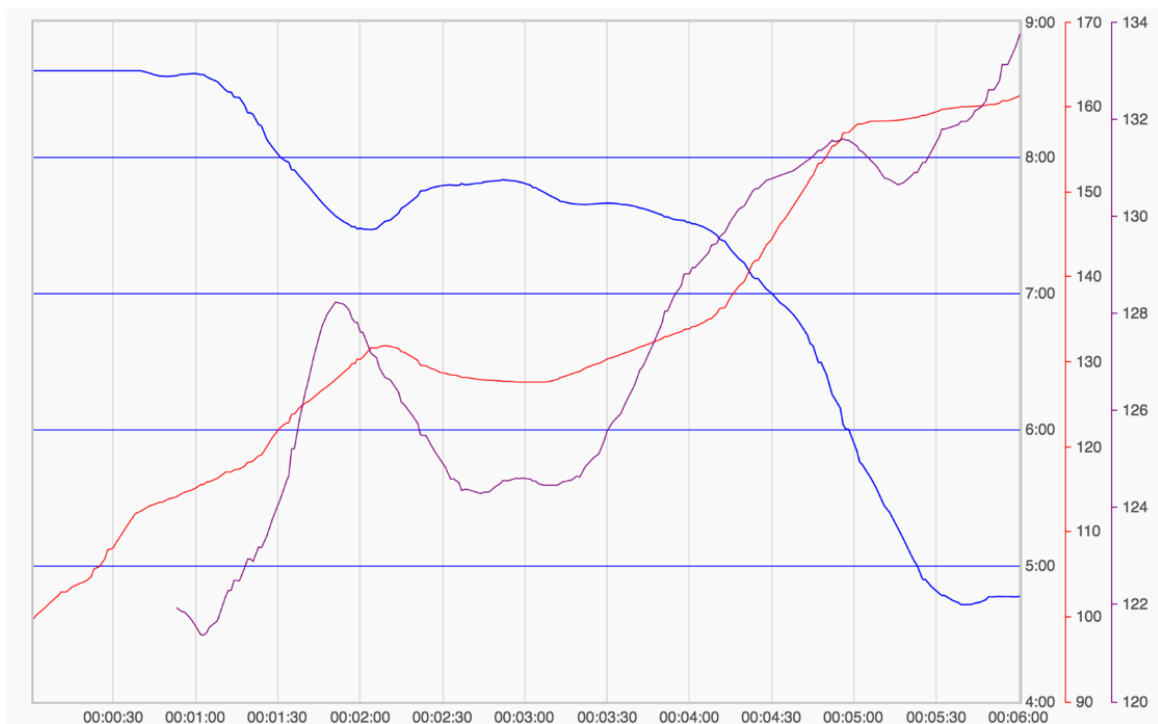
Zdroj: vlastní

Příloha 15 2. měření probanda A - graf



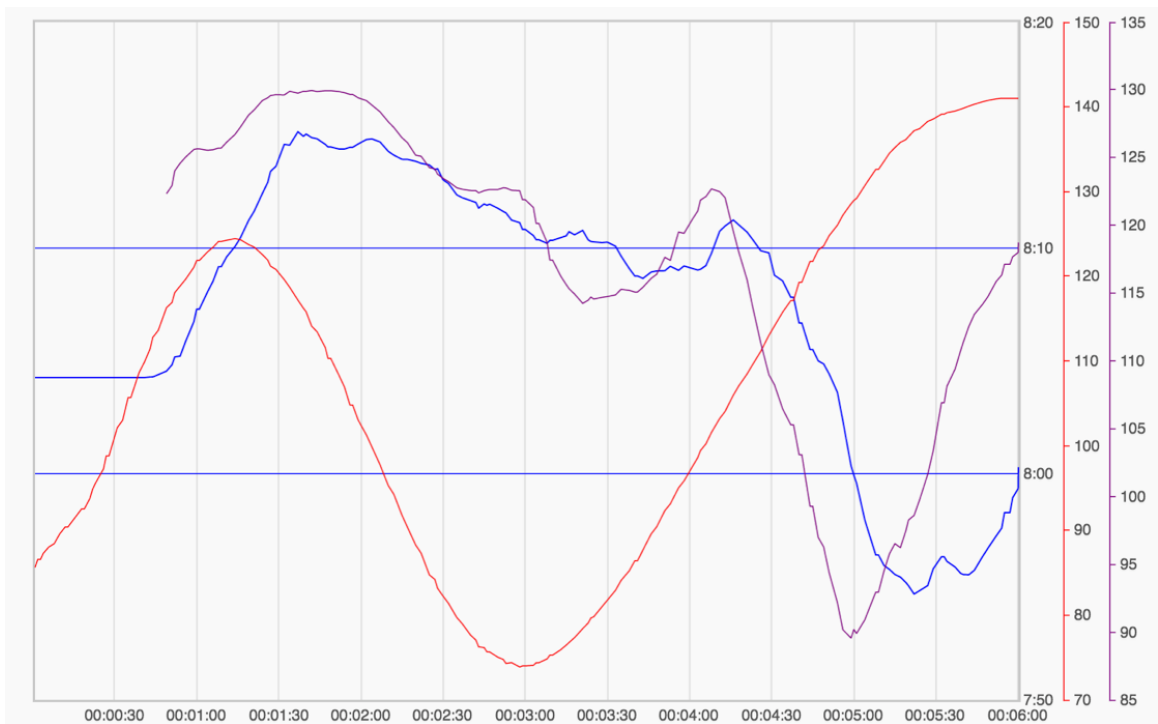
Zdroj: vlastní

Příloha 16 3. měření probanda A - graf



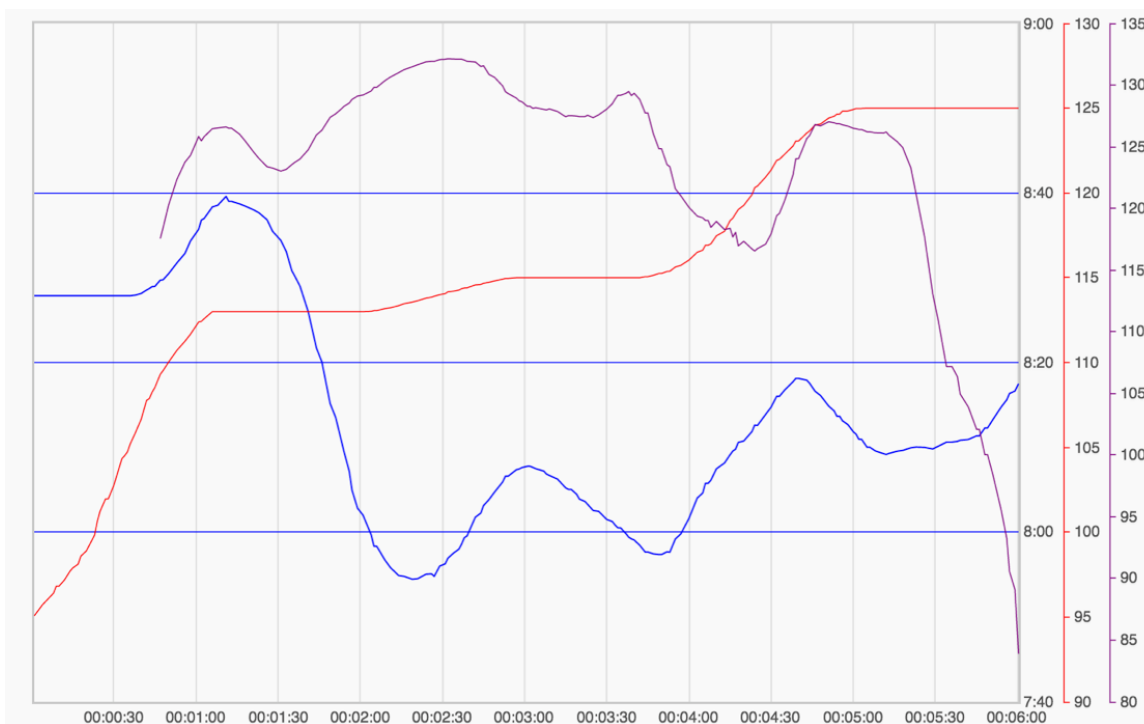
Zdroj: vlastní

Příloha 17 1. měření probanda B - graf



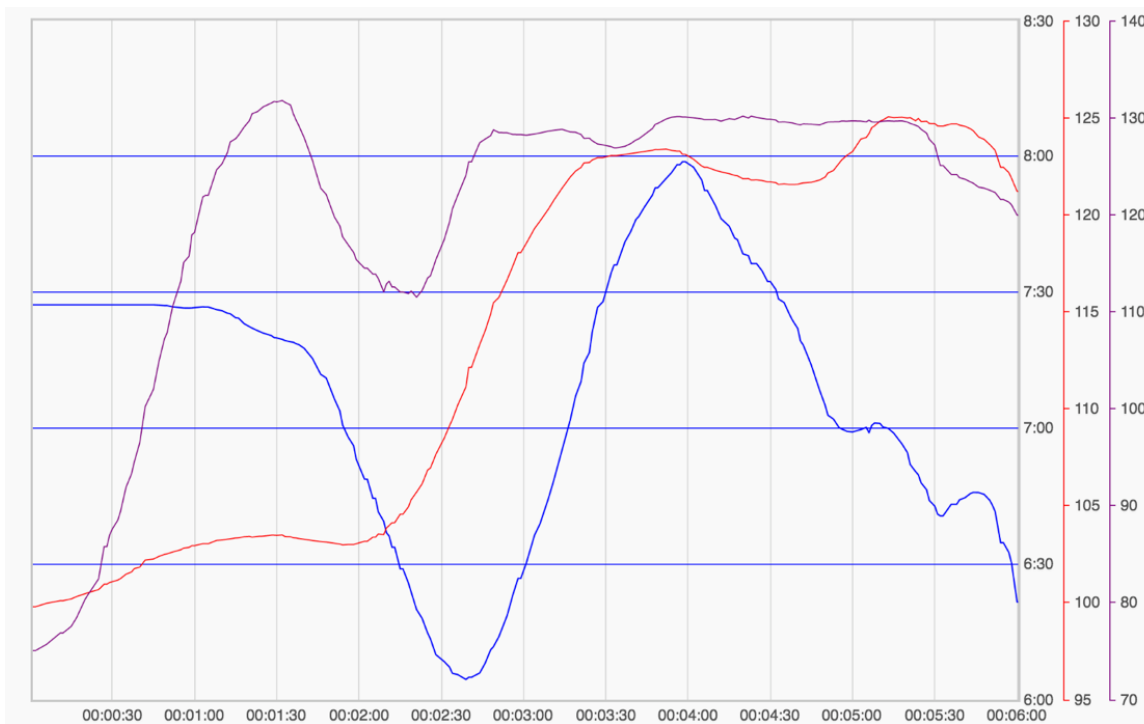
Zdroj: vlastní

Příloha 18 2. měření probanda B - graf



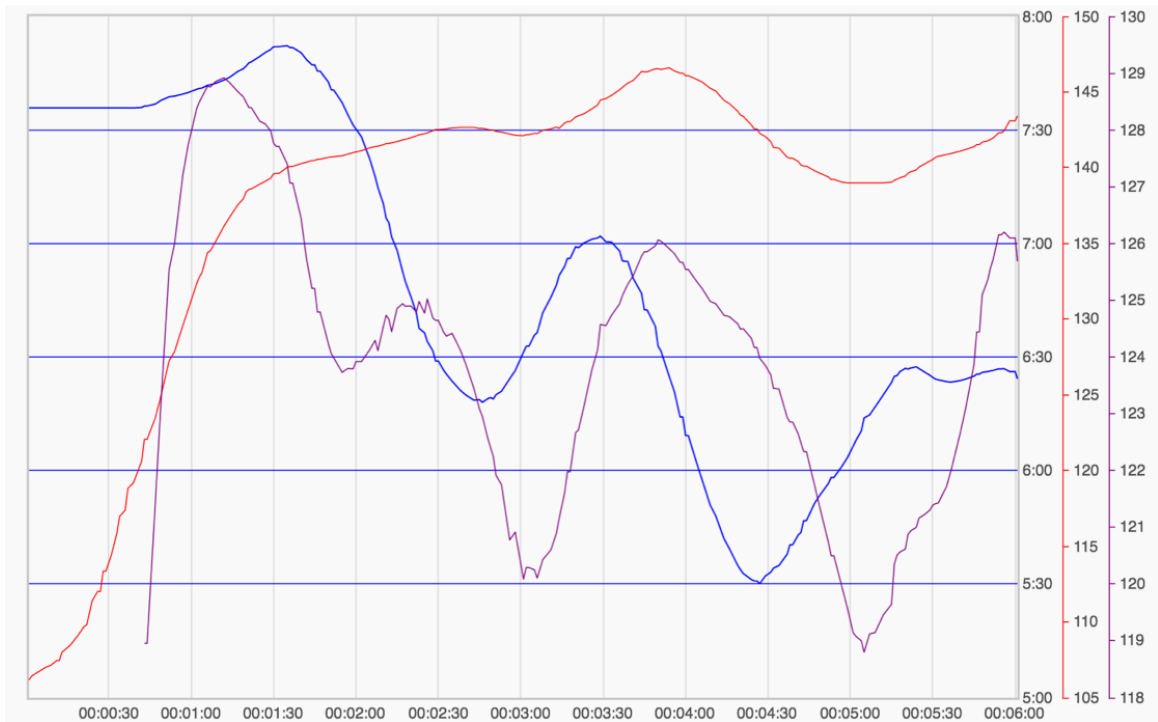
Zdroj: vlastní

Příloha 19 3. měření probanda B - graf



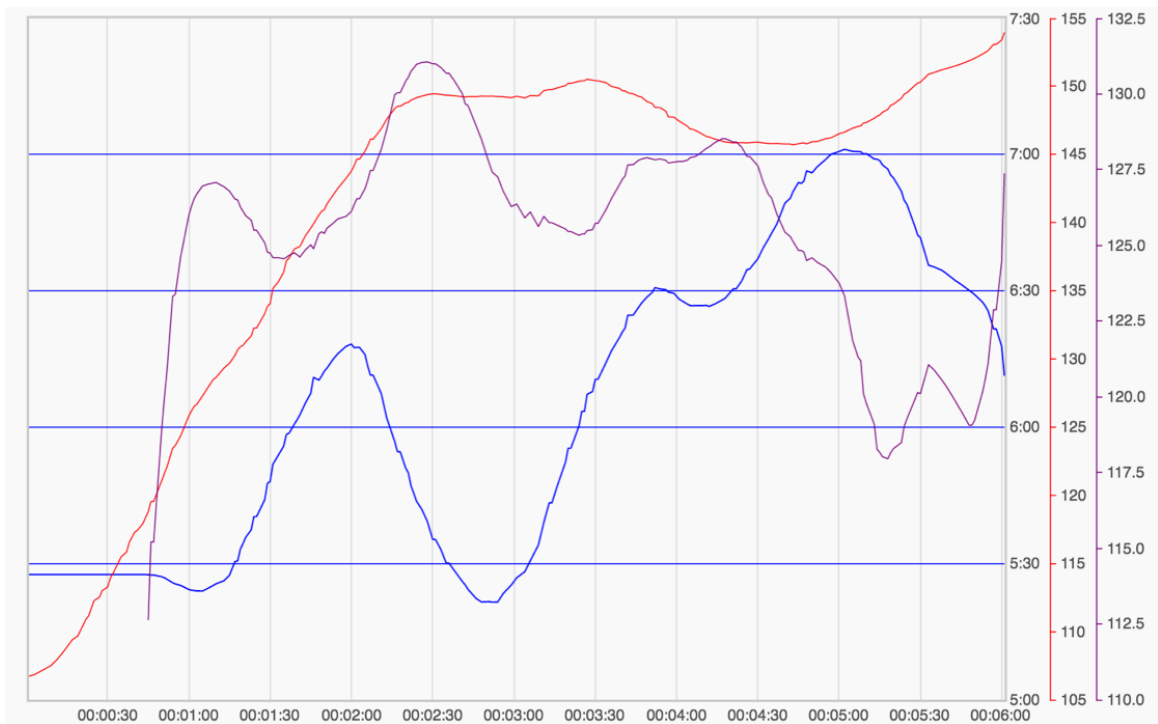
Zdroj: vlastní

Příloha 20 1. měření probanda C - graf



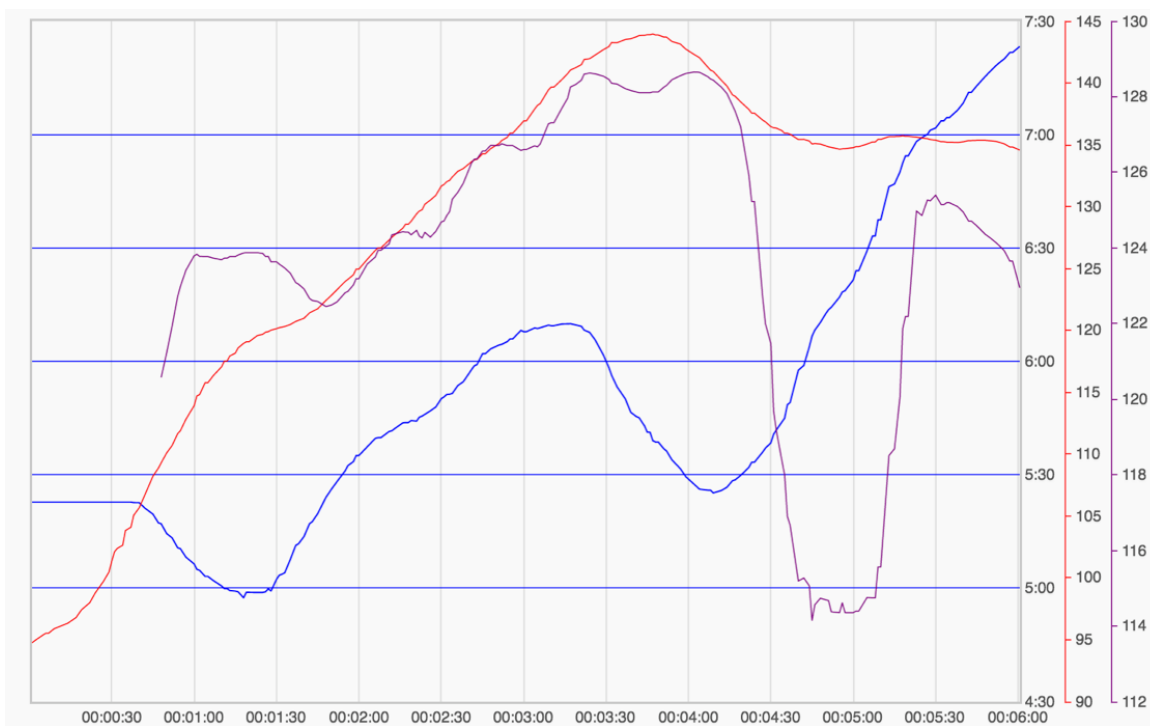
Zdroj: vlastní

Příloha 21 2. měření probanda C - graf



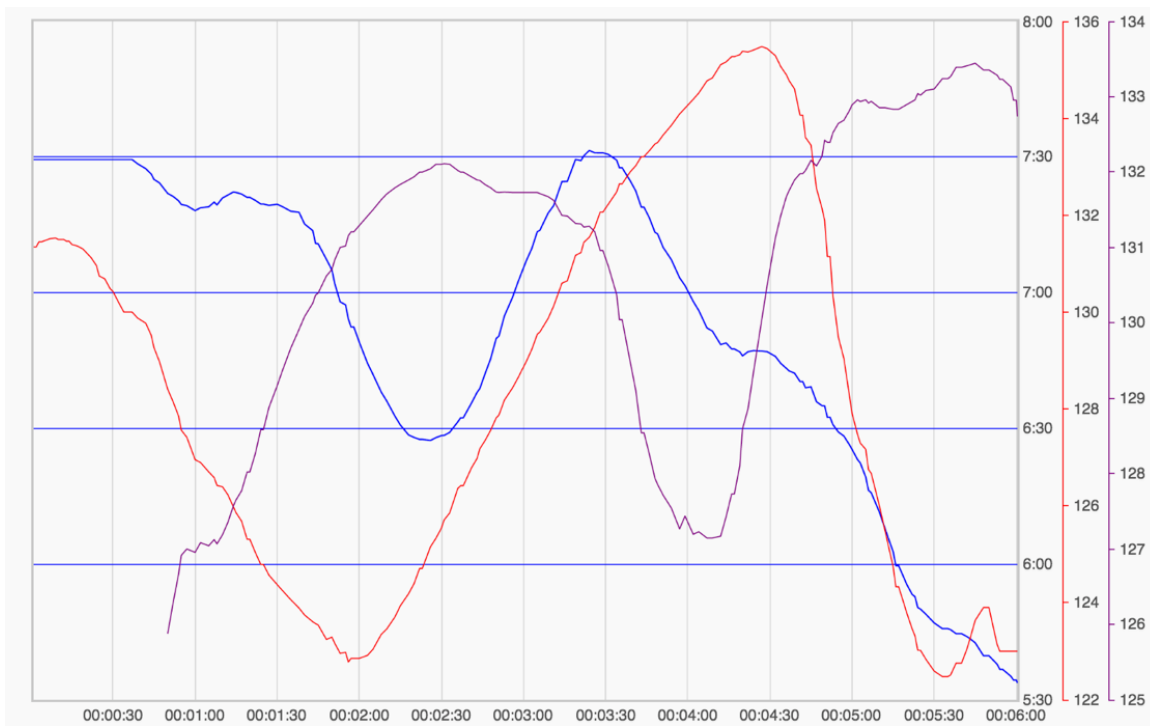
Zdroj: vlastní

Příloha 22 3. měření probanda C - graf



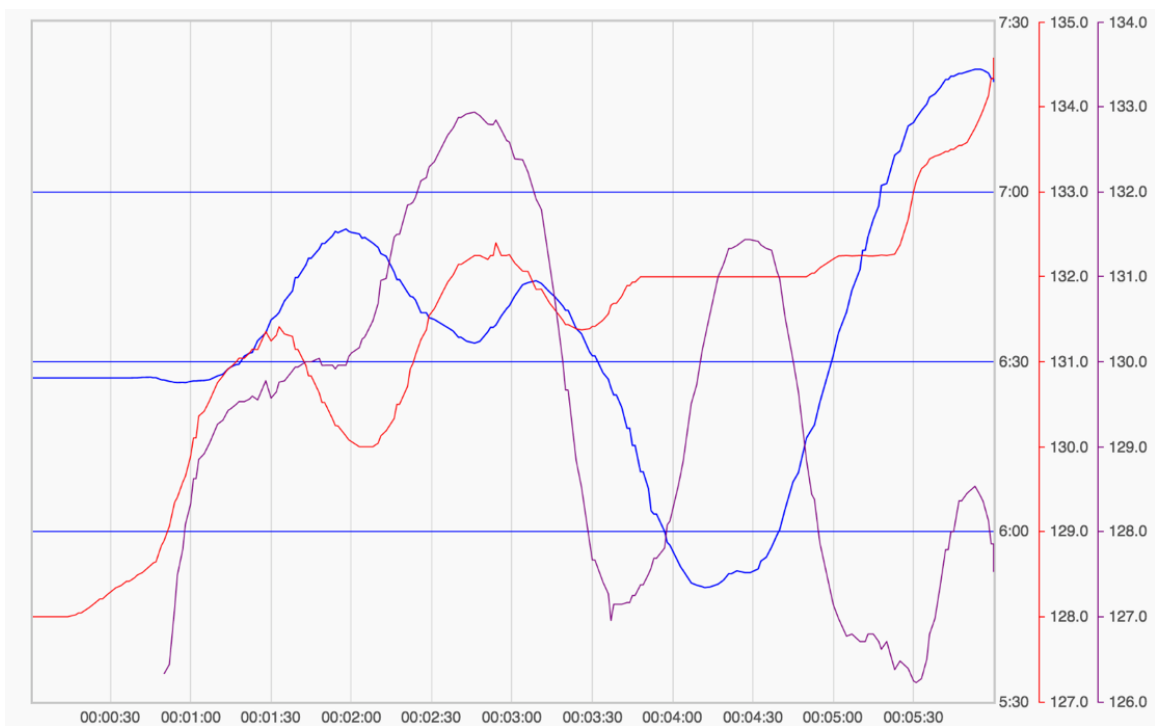
Zdroj: vlastní

Příloha 23 1. měření probanda D - graf



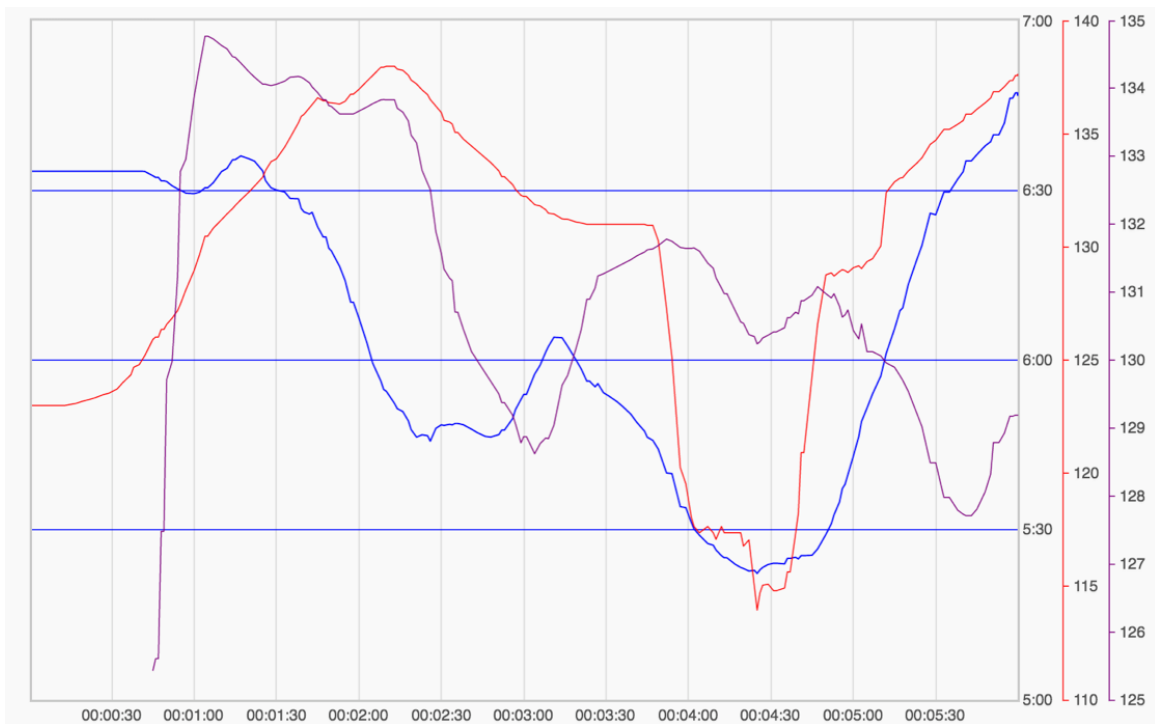
Zdroj: vlastní

Příloha 24 2. měření probanda D - graf



Zdroj: vlastní

Příloha 25 3. měření probanda D - graf



Zdroj: vlastní

Příloha 26 1. měření probanda A – zóny SF

Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	Time	%									
96 - 116	0:23	7%	0,07	5:51	5:51	3	114	115	125	126	48
116 - 135	5:09	93%	0,62	8:21	8:10	55	126	132	131	131	676
135 - 154	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
154 - 174	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
174 - 193	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 27 2. měření probanda A – zóny SF

Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	Time	%									
< 96	0:28	9%	0,08	5:44	5:44	3	90	91	135	136	63
96 - 116	0:22	7%	0,15	2:25	2:25	2	95	96	360	360	131
116 - 135	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
135 - 154	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
154 - 174	4:18	84%	0,54	7:55	6:57	68	155	158	130	136	561
174 - 193	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 28 3. měření probanda A – zóny SF

Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	Time	%									
< 96	0:03	1%	0,02	2:50	2:50	0	91	91	200		10
96 - 116	0:43	13%	0,08	8:59	8:38	6	112	113	126	127	90
116 - 135	3:08	55%	0,38	8:09	7:20	34	127	135	125	130	392
135 - 154	0:20	6%	0,05	6:20	6:20	4	137	138	132	132	44
154 - 174	1:30	26%	0,36	4:13	4:13	23	158	163	130	135	195
174 - 193	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 29 1. měření probanda B – zóny SF

Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	Time	%									
< 94	2:05	38%	0,26	8:03	8:03	5	74	84	115	134	240
94 - 112	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
112 - 131	1:16	23%	0,15	8:33	8:04	13	125	126	126	133	160
131 - 150	2:10	39%	0,25	8:37	7:49	25	136	141	113	129	245
150 - 168	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
168 - 187	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 30 2. měření probanda B – zóny SF

Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Descent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	Time	%										
94 - 112	0:33	11%	0,07	8:02	8:02	4	0	99	105	104	106	57
112 - 131	4:24	89%	0,54	8:05	7:40	43	12	116	125	127	138	558
131 - 150	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					
150 - 168	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					
168 - 187	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 31 3. měření probanda B – zóny SF

Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	Time	%									
94 - 112	2:08	37%	0,32	6:37	6:12	17	102	104	113	134	241
112 - 131	3:39	63%	0,48	7:32	5:54	40	123	129	125	135	455
131 - 150	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
150 - 168	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
168 - 187	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 32 1. měření probanda C – zóny SF

	Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Ascent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	92 - 111	0:21	6%	0,06	5:37	5:37	2	0	109	110	120	120	42
	111 - 129	0:21	6%	0,05	7:25	7:25	2	0	128	128	126	129	44
	129 - 148	5:05	88%	0,74	6:49	5:07	41	15	141	147	125	132	633
	148 - 166	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					
	166 - 185	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 33 2. měření probanda C – zóny SF

	Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	92 - 111	0:17	5%	0,07	3:47	3:47	1	107	109	113	113	32
	111 - 129	0:42	12%	0,11	6:22	5:28	4	122	124	130	130	91
	129 - 148	2:08	37%	0,29	7:24	5:10	18	142	147	123	130	263
	148 - 166	2:39	46%	0,47	5:40	5:04	24	150	155	129	134	342
	166 - 185	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 34 3. měření probanda C – zóny SF

	Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Ascent metres	Descent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	92 - 111	0:36	10%	0,17	3:38	3:38	2	0	0	102	110	135	135	81
	111 - 129	1:23	24%	0,29	4:50	4:34	8	0	0	120	128	121	127	167
	129 - 148	3:45	65%	0,57	6:33	5:06	29	27	27	137	146	125	131	470
	148 - 166	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0	0					
	166 - 185	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 35 1. měření probanda D – zóny SF

	Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	94 - 113	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
	113 - 132	3:58	73%	0,56	7:06	5:54	42	127	133	130	135	518
	132 - 150	1:27	27%	0,20	7:13	6:36	17	135	137	132	135	191
	150 - 169	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
	169 - 188	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 36 2. měření probanda D – zóny SF

	Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	94 - 113	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
	113 - 132	2:00	37%	0,36	5:31	5:31	24	129	130	154	154	307
	132 - 150	3:24	63%	0,49	6:53	5:36	42	133	138	130	134	441
	150 - 169	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
	169 - 188	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 37 3. měření probanda D – zóny SF

	Range bpm	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	< 94	0:15	5%	0,02	10:49	5:43	1	75	76	156	156	39
	94 - 113	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
	113 - 132	2:21	43%	0,46	5:07	5:00	28	129	131	147	147	344
	132 - 150	2:52	52%	0,45	6:23	5:19	37	135	141	131	135	376
	150 - 169	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
	169 - 188	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 38 1. měření probanda A – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%									
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
90 - 120	0:20	6%	0,08	4:09	4:09	2	129	131	125	125	42
120 - 150	5:11	94%	0,60	8:38	8:01	56	125	132	124	131	644
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 39 2. měření probanda A – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%									
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:05	2%	0,05	1:37	1:37	0			138	138	12
90 - 120	0:12	4%	0,03	6:30	6:30	19	156	156	136	136	28
120 - 150	5:21	95%	0,69	7:45	6:57	55	142	158	131	138	703
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 40 3. měření probanda A – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%									
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
90 - 120	0:18	5%	0,09	3:25	3:25	6	113	120	125	125	37
120 - 150	5:13	95%	0,80	6:30	4:26	62	136	163	127	136	666
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 41 1. měření probanda B – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%									
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:22	7%	0,07	5:31	5:31	22	135	136	155	155	57
90 - 120	1:48	33%	0,25	7:14	7:14	4	111	141	111	119	200
120 - 150	3:21	61%	0,39	8:37	8:03	17	94	126	122	134	407
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 42 2. měření probanda B – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Descent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					
60 - 90	0:19	6%	0,07	4:38	4:38	2	0	95	101	118	118	37
90 - 120	0:49	14%	0,11	7:33	7:33	2	0	104	115	116	119	94
120 - 150	4:29	80%	0,54	8:22	7:40	43	12	116	125	125	138	560
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 43 3. měření probanda B – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:23	7%	0,05	0:00	7:06	7:06	3	100	102	96	96	36
90 - 120	0:52	15%	0,16	0:00	6:46	5:54	7	108	122	123	123	106
120 - 150	4:29	78%	0,60	0:00	7:29	5:59	46	118	129	127	135	567
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 44 1. měření probanda C – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Ascent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					
60 - 90	0:05	1%	0,05	1:48	1:48	1	0	108	109	130	130	11
90 - 120	1:01	18%	0,14	7:09	6:14	7	15	134	144	124	124	125
120 - 150	4:33	81%	0,67	6:50	5:07	38	0	140	147	125	132	567
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 45 2. měření probanda C – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%									
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:10	3%	0,07	2:15	2:15	1	107	109	125	125	21
90 - 120	0:38	11%	0,06	10:10	5:28	5	144	150	131	131	83
120 - 150	4:51	86%	0,81	5:58	5:04	41	143	155	127	134	613
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 46 3. měření probanda C – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Ascent metres	Descent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%											
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0	0					
60 - 90	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0	0					
90 - 120	0:40	12%	0,15	4:18	4:18	4	14	13	118	136	128	128	85
120 - 150	4:56	88%	0,87	5:41	4:34	36	13	13	131	146	125	131	615
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0	0	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 47 1. měření probanda D – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
90 - 120	0:03	1%	0,05	0:00	0:54	0:54	3	132	134	140	140	6
120 - 150	5:31	99%	0,79	0:00	6:47	5:23	56	129	137	131	135	720
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 48 2. měření probanda D – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
90 - 120	0:10	3%	0,08	0:00	2:03	2:03	0			125	125	21
120 - 150	5:23	97%	0,79	0:00	6:33	5:36	66	131	138	129	134	696
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 49 3. měření probanda D – kadence kroků

Range steps/min	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
0 - 60	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
60 - 90	0:05	1%	0,05	0:00	1:32	1:32	0			130	130	11
90 - 120	0:10	3%	0,03	0:00	5:34	5:34	0	123	123	137	137	23
120 - 150	5:23	96%	0,86	0:01	6:01	5:00	65	130	141	132	136	708
150 - 180	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
180 - 210	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					

Zdroj: vlastní

Příloha 50 1. měření probanda A - tempo

Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
5,75 - 7,00	2:51	48%	0,31	0:00	9:09	8:35	27	125	131	118	128	336
> 7,00	3:08	52%	0,38	0:00	8:19	8:01	31	124	132	125	131	393

Zdroj: vlastní

Příloha 51 2. měření probanda A - tempo

Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
> 7,00	6:00	100%	0,79	0:00	7:26	6:57	73	145	158	127	138	760

Zdroj: vlastní

Příloha 52 3. měření probanda A - tempo

Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	0:00	0%										
2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
5,75 - 7,00	1:19	22%	0,15	0:00	9:00	8:38	11	113	120	113	127	148
> 7,00	4:41	78%	0,74	0:01	6:39	4:26	57	139	163	128	136	598

Zdroj: vlastní

Příloha 53 1. měření probanda B - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	> 7,00	5:59	100%	0,71	0:01	8:08	7:49	43	110	141	117	134	703

Zdroj: vlastní

Příloha 54 2. měření probanda B - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Descent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	5,75 - 7,00	0:33	9%	0,06	0:00	8:36	8:36	0	0			122	137	67
	> 7,00	5:27	91%	0,66	0:01	8:11	7:40	47	12	114	125	119	138	647

Zdroj: vlastní

Příloha 55 3. měření probanda B - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	> 7,00	5:59	100%	0,82	0:00	7:05	5:54	56	115	129	118	135	709

Zdroj: vlastní

Příloha 56 1. měření probanda C - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Ascent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0					
	> 7,00	6:00	100%	0,87	0:00	6:45	5:07	45	15	138	147	121	132	724

Zdroj: vlastní

Příloha 57 2. měření probanda C - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	> 7,00	6:00	100%	0,95	0:00	6:01	5:04	47	142	155	122	134	733

Zdroj: vlastní

Příloha 58 3. měření probanda C - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Ascent metres	Descent metres	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0	0					
	5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0	0	0					
	> 7,00	6:00	100%	1,02	0:00	5:46	4:34	39	27	27	129	146	122	131	729

Zdroj: vlastní

Příloha 59 1. měření probanda D - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	> 7,00	5:59	100%	0,84	0:00	6:50	5:23	59	129	137	128	135	769

Zdroj: vlastní

Příloha 60 2. měření probanda D - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	> 7,00	5:59	100%	0,87	0:01	6:33	5:36	66	131	138	126	134	755

Zdroj: vlastní

Příloha 61 3. měření probanda D - tempo

	Range km/h	Walk Time		Distance km	Stopped Time	Average Pace /km	Fastest Pace /km	Calories	Average Heart Rate bpm	Maximum Heart Rate bpm	Average Step Cadence steps/min	Maximum Step Cadence steps/min	Steps
	2,50 - 3,25	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	3,25 - 4,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,00 - 4,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	4,75 - 5,75	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	5,75 - 7,00	0:00	0%	0,00	0:00	0:00	0:00	0					
	> 7,00	5:59	100%	0,94	0:01	6:04	5:00	66	130	141	127	136	759

Zdroj: vlastní

Příloha 62 Souhrnná tabulka dat všech měření

Proband								
A	Vzdálenost (km)	Ø tempo/min	Max. tempo/min	Ø SF	Max. SF	Ø kroky/min	Max. kroky/min	Kroky celkem
1.	0,69	8:41	7:54	125	132	121	131	729
2.	0,79	7:36	6:57	146	158	126	128	760
3.	0,89	6:45	4:26	134	163	124	136	746
B								
1.	0,71	8:24	7:39	111	141	117	134	703

2.	0,72	8:17	7.39	115	125	119	138	714
3.	0,82	7:22	5:49	116	129	118	135	709
C								
1.	0,87	6:57	5:07	139	147	120	132	724
2.	0,95	6:20	5:03	142	155	122	134	733
3.	1,02	5:53	4:34	130	146	121	131	729
D								
1.	0,84	7:11	5:22	130	137	128	135	769
2.	0,87	6:52	5:33	132	138	126	134	755
3.	0,94	6:22	4:59	131	141	127	136	759

Zdroj: vlastní