Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

OVĚŘENÍ PŘESNOSTI MĚŘENÍ POČTU KROKŮ U FITNESS NÁRAMKŮ PŘI CHŮZI A BĚHU V KONTROLOVANÝCH PODMÍNKÁCH

Diplomová práce

Autor: Bc. Barbora Sládečková, TV-UAJ
Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
Olomouc 2017

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autorky: Bc. Barbora Sládečková

Název bakalářské práce: Ověření přesnosti měření počtu kroků u fitness náramků při chůzi a běhu v kontrolovaných podmínkách

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantroplogii

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Rok obhajoby: 2017

Abstrakt:

Cílem práce bylo ověřit přesnost měření přístrojů Garmin VivoFit 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart a Polar Loop 2 při běhu a chůzi v kontrolovaných podmínkách. Sběru dat se účastnilo 20 probandů, jejichž úkolem bylo dvakrát překonat danou rychlostí vzdálenost 1000 m na 400m atletickém ovále s umělým povrchem. Validita byla stanovena na základě porovnání zaznamenaných počtu kroků na jednotlivých přístrojích se skutečným počtem kroků zjištěných metodou přímého pozorování a záznamu počtu kroků dvěma pozorovateli. Studie porovnává naměřené hodnoty v chůzi a běhu, rozdíly v naměřených hodnotách mezi muži a ženami, rozdíly mezi pravou a levou stranou. Zkoumaná zařízení se ukázala jako závislá na rychlosti lokomoce. Přístroje Garmin VivoFit2 a Garmin VivoSmart poskytují výrazně přesnější výsledky při běhu než při chůzi. Rozdíly mezi pravou a levou stranou jsou malé. Nejpřesnějším fitness náramkem je Polar Loop 2 upevněný na levé ruce.

Klíčová slova: Pohybová aktivita, monitoring, fitness náramky, krokoměry, validita

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Bc. Barbora Sládečková

Title of the bachelor thesis: Verification of accuracy of measuring the number of steps while walking and running in activity trackers under control conditions

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

The year of presentation: 2017

Abstract:

The aim of the thesis was to verify measuring of activity trackers Garmin VivoFit 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart, and Polar Loop 2 while running and walking under control conditions. The sample consisted of 20 volunteers. Each volunteer covered a distance of 1,000 m in prescribed pace on the hard surface of a 400-meter long athletic stadium in two stages (walking and running). Validity was determined by comparing the number of steps recorded on individual devices and the actual number of steps detected by direct observation by two observers. The study compares the differences of measured data while walking and running, comparison of measured data for men and women, the differences between the right and left side and the most accurate evaluation fitness tracker. Examining devices showed dependence on speed of locomotion. Garmin VivoFit2 and Garmin VivoSmart provide more accurate results while walking than while running. Differences between right and left side are minimal and differences between men and women are also negligible. The most accurate activity tracker is Polar Loop 2 worn on the left side.

Keywords: Physical activity, monitoring, activity trackers, pedometers, validity

I agree with lending the thesis within the library sevices.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. 4. 2017 ……..

Tato diplomová práce byla realizována v rámci projektu IGA s názvem Využití fitness náramků pro monitoring pohybové aktivity: Validita přístrojů ve vybraných podmínkách a jejich reliabilita v segmentech dne (IGA_FTK_2017_002, hlavní řešitel Mgr. Adam Šimůnek).

Děkuji Mgr. Filipu Neulsovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce, a všem, kteří se zúčastnili měření.

OBSAH

1 ÚVOD 8
2 PŘEHLED POZNATKŮ 9
2.1 Pohybová aktivita 9
2.1.1 Dělení pohybové aktivity 10
2.1.2 Objem a intenzita pohybové aktivity 10
2.1.3 Chůze a běh jako nejjednodušší pohybová aktivita 13
2.1.4 Doporučení pohybové aktivity 14
2.2 Biomechanika chůze 16
2.3 Biomechanika běhu 18
2.4 Vlastnosti motorických testů a jejich charakteristiky 20
2.4.1 Monitorování pohybové aktivity 22
2.5 Možnosti měření pohybové aktivity 23
2.5.1 Akcelerometry 25
2.5.2 Monitory srdeční frekvence 25
2.5.3 Krokoměry (pedometry) 26
2.5.4 Fitness náramky 27
2.5.5 Běžecké hodinky 28
3 CÍLE 29
3.1 Hlavní cíl práce 29
3.2 Dílčí cíle 29
3.3 Výzkumné otázky 29
4 METODIKA 30
4.1 Charakteristika výzkumu 30
4.2 Charakteristika výzkumného souboru 31
4.3 Charakteristika měřících přístrojů 31
4.3.1 Garmin VivoFit 2 31
4.3.2 Garmin VivoFit 3 32
4.3.3 Garmin VivoSmart 33
4.3.4 Polar Loop 2 34
4.4 Charakteristika zpracování dat 34
5 VÝSLEDKY 36
5.1 Hodnocení rozdílů mezi chůzí a během 39

5.2 Hodnocení rozdílů mezi muži a ženami 40
5.3 Hodnocení rozdílů mezi pravou a levou stranou 45
6 DISKUZE 47
6.1 Limity studie 48
7 ZÁVĚRY 49
8 SOUHRN 50
9 SUMMARY 51
10 REFEREČNÍ SEZNAM 52

1 ÚVOD

Nejen stále rostoucí trend obezity vede k stále větší propagaci pohybové aktivity jakožto nedílné součástí života každého jedince. Odborníci přicházejí stále s novými studiemi, které potvrzují pozitivní vliv pohybové aktivity na zdraví osob a délku života (Rudwill et al., 2015; Tudor-Locke et al., 2011; WHO, 2016). Na tyto studie reagují organizace po celém světě, které vytvářejí doporučení pro pohybovou aktivitu. Tato doporuční jsou obvykle vyjádřena v parametrech trvání, frekvence, intenzity nebo počtem kroků (Kokkinos, Giannelou, Manolis, & Pittaras, 2009; Sigmundová, Sigmund, & Šnoblová, 2010). Současná technologie umožňuje sledování těchto parametrů pomocí malých nositelných zařízení, jako jsou fitness náramky, krokoměry nebo akcelerometry. Z široké nabídky možností dnešní doby si vybere i nejnáročnější uživatel. Chytré hodinky a fitness náramky jsou nejen skvělým pomocníkem při sledování pohybové aktivity, ale dnes také i vhodným módním doplňkem.

Mnoho vědeckých prací zabývajících se pohybovou aktivitou přichází s výsledky potvrzujícími nárůst pohybové aktivity u osob vlastnící fitness náramky (Karapanos, Gouveia, Hassenzahl, & Forlizzi, 2016). Thorup et al. (2016) ve své studii uvedli, že bezprostřední zpětná vazba o počtu kroků se pozitivně projevuje v motivaci k pohybové aktivitě.

Zájem o nositelná zařízení každým rokem roste. Dokazuje to jak nárůst provedených studií zabývající se nositelnou elektronikou, tak i statistiky prodeje. Někteří prodejci elektroniky uvádějí nárůst prodeje u fitness náramků, chytrých hodinek a dalších zařízení, které napomáhají lidem udržet krok se zdravým životním stylem, o více než 100 % (Dancinger, 2016).

Práce obsahuje studii ověřující validitu a reliabilitu fitness náramků Garmin VivoFit 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart a Polar Loop 2 a krokoměru Yamax SW 700 v kontrolovaných podmínkách při běhu a chůzi. Přesnost naměřených dat je kontrolována dle přímého pozorování a záznamu počtu kroků dvěma pozorovateli.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Pohybová aktivita

Pokyny EU pro pohybovou aktivitu (2008) definují pohybovou aktivitu jako „jakýkoli tělesný pohyb spojený se svalovou kontrakcí, která zvyšuje výdej energie nad klidovou úroveň“. Pohybová aktivita bývá úzce spojována se zdravým životním stylem a kvalitou života. Mnoho autorů uvádí, že pravidelná pohybová aktivita, jako je chůze, jízda na kole nebo jiný druh sportovní aktivity, může snížit riziko vzniku kardiovaskulárních problémů, cukrovky, rakoviny tlustého střeva a prsu či deprese (Minarovjech, 1988; WHO, 2016). Mnohé studie opakovaně potvrdily vliv pohybové aktivity realizované v dětství a adolescenci na budoucí provozování pohybové aktivity v dospělosti (Sigmundová & Sigmund, 2015). Vařeková a Daďová (2014) doplňují, že pravidelná pohybová aktivita střední intenzity má pozitivní vliv na kognitivní funkce. Kopřivová, Sekot, Štaud a Žecová (2013) uvádí následující cíle pohybové aktivity:

- upevnění či zachování zdraví,
- redukce hmotnosti těla,
- formování či zachování tělesných proporcí,
- prodloužení délky aktivního věku,
- zvýšení či zachování pohybové výkonnosti.

Opakem pohybové aktivity je pohybová inaktivita, kterou popisuje Frömel, Novosad a Svozil (1999) jako „…neúčast v pravidelné pohybové aktivitě kromě běžných denních činností“. Negativní dopad inaktivity na zdraví člověka je obsahem několika odborných článků a studií. Rudwill et al. (2015) provedli studii, ve které prokázali zvýšené riziko rozvoje metabolických chorob, inzulinové rezistence a hypertriglyceridemie při snížené pohybové aktivitě. Sekot (2015, 18) doplňuje Stejskala (2004) a odpovídá na základní otázku „proč je pohyb důležitý“ jednoznačně „…člověk je geneticky na pohyb naprogramován a sedavý způsob života mu škodí“.

2.1.1 Dělení pohybové aktivity

V literatuře nacházíme různé pohledy na dělení pohybové aktivity. Frömel et al. (1999) rozdělují pohybovou aktivitu na organizovanou a neorganizovanou. Organizovanou pohybovou aktivitu charakterizují jako intencionální pohybovou aktivitu prováděnou pod vedením učitele, trenéra, nebo cvičitele. Neorganizovaná pohybová aktivita je typická svou emotivní podmíněností a je prováděná bez pedagogického vedení.

Dobrý, Čechovská, Kračmar a Psotta (2009) rozlišují pohybovou aktivitu nestrukturovanou, do níž zahrnují práci doma, na zahradě, cestu do zaměstnání, chůzi po schodech, pochůzky po nákupech. Tyto běžné denní aktivity jsou vyvolány situacemi vzniklými v denním režimu a nevyžadují žádné speciální vybavení ani prostor. Naopak pohybové aktivity strukturované mají dovednostní charakter a specifická pravidla, která vyžadují speciální pomůcky, prostor a oblečení. Takové aktivity jsou plánované a můžeme je popsat jednotkami času, vzdálenosti, intenzity a frekvence.

2.1.2 Objem a intenzita pohybové aktivity

Frömel et al. (1999) řadí objem a intenzitu mezi nejzávažnější indikátory pohybové aktivity. Jansa s Dovalilem (2009) spojují intenzitu zatížení s úsilím při dané pohybové aktivitě. V jistém smyslu intenzita vyjadřuje množství vykonané práce v čase (fyzikální výkon měřený ve W).

Úroveň intenzity je dána velikostí vynaloženého úsilí, které může být nízké až maximální. Tyto pojmy vychází buď z objektivně monitorované úrovně pohybové aktivity, nebo ze subjektivního vnímání jedincem při její realizaci. Ohodnocení vnímaného úsilí patří k nejjednodušším metodám, jak intenzitu posoudit. Autorem této metodiky je švédský fyziolog Gunnar Borg a jejím základem je pocit, kterým člověk hodnotí vlastní úsilí. Borgův systém je založen na škále od 6 bodů do 20 bodů (tabulka 1). Hodnocení intenzity na základě subjektivních pocitů je však vhodné spíše pro osoby s dlouhodobou zkušeností (Stejskal, 2004).

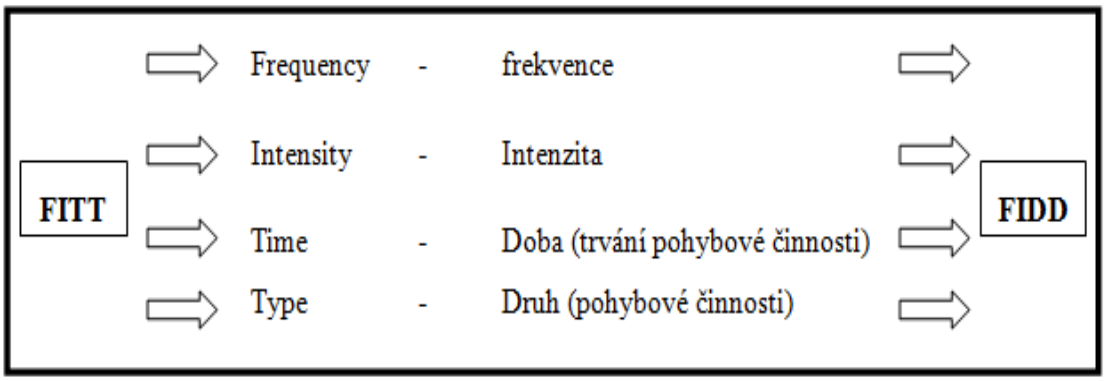
Ukazatelé intenzity se nejčastěji orientují na rychlost pohybu (přímá rychlá lokomoce, frekvence pohybu, velikost překonané výšky či vzdálenosti). Intenzita zatížení se měří ve W/kg (výkon ve wattech na 1 kg hmotnosti), kdy vyjadřujeme velikost zatížení kardiovaskulárního systému. Pro vyjádření intenzity zatížení se nejčastěji používá údaj o

velikosti srdeční frekvence, spotřebě kyslíku nebo v násobcích klidového metabolismu (MET). 1 MET znázorňuje výdej energie při nečinném sedu, kdy dospělá osoba spotřebuje jednu kilokalorii na jeden kilogram tělesné hmotnosti za jednu hodinu. Tabulka 2. ukazuje pásma intenzity pohybové aktivity vyjádřené v METs (Perič & Dovalil, 2010).

Jansa s Dovalilem popisují objem jako kvantitativní složku zatížení, která vypovídá o množství tréninkové činnosti. Objem je dán dobou trvání cvičení či pohybové aktivity i počtem opakování. Dovalil et al. (2002) vyjadřují objem pomocí obecných a specifických ukazatelů.

- obecné – doba pohybové aktivity (délka a počet tréninkových jednotek, počet odpracovaných hodin),
- specifické – např. počet vrhů či hodů, množství ujetých kilometrů.

Frömel et al. (1999) popisují pomocí FITT (F = frequency, I = Intensity, T = Time, T = Type) charakteristik základní ukazatele pohybové aktivity. Do češtiny jsou tyto charakteristiky přeloženy jako FIDD (F = frekvence, I = intenzita, D = doba trvání, D = druh pohybové aktivity).



Obrázek 1. Základní ukazatelé pohybové aktivity (upraveno dle Frömela, Novosada, & Svozila 1999)

FITT (FIDD) charakteristiky napomáhají vyjádřit jednotlivé parametry pohybové aktivity. Optimalizují pohybovou aktivitu tím, že napomáhají doporučení druhu a způsobu cvičení, jelikož jejich různé zastoupení působí odlišně na zatížení organismu. Kombinace FITT charakteristik pohybové aktivity, denního počtu kroků a dalších doporučení má přispívat k vyšší srozumitelnosti a praktické použitelnosti navrhovaných doporučení pro pohybovou aktivitu (Sigmundová, Sigmund, & Šnoblová, 2010).

Tabulka 1. Borgův systém pro hodnocení vynaloženého úsilí (Stejskal, 2004)

Bodové hodnocení vnímaného úsilí (RPE)	Slovní popis RPE
6	
7	Velmi, velmi lehké
8	
9	Velmi lehké
10	
11	Docela lehké
12	
13	Poněkud těžké
14	
15	Těžké
16	
17	Velmi těžké
18	
19	Velmi, velmi těžké
20	

Vysvětlivky: RPE – z angličtiny „rating of perceived exertion“

Tabulka 2. Pásma intenzity pohybové aktivity vyjádřené v METs (Norton K., Norton L., & Sadgrove, 2010, upraveno)

KATEGORIE INTENZITY	VÝDEJ ENERGIE	POPIS ČINNOSTI
sedavá	< 1.6 METs	Činnosti, které mají velmi nízkou energetickou náročnost. Obvykle zahrnují sezení nebo ležení.
lehká	1.6 < 3 METs	Aerobní aktivita, která nezpůsobuje výrazné změny v rychlosti dýchání. Intenzita, kterou lze udržet nejméně po dobu 60 minut.
střední	3 < 6 METs	Aerobní aktivita, kterou lze provádět za stálého mluvení. Intenzita, kterou lze udržet po dobu 30 až 60 minut.
vysoká	6 < 9 METs	Aerobní aktivita, při které nejsme schopní bez přerušení konverzovat. Intenzita cvičení, kterou lze udržet po dobu 30 minut.
velmi vysoká	≥ 9 METs	Intenzita cvičení, která nemůže být vykonávána po dobu delší než 10 minut.

2.1.3 Chůze a běh jako nejjednodušší pohybová aktivita

Sekot (2015) charakterizuje chůzi jako nejpřirozenější pohybovou aktivitu člověka. Jedná se o vhodnou formu aerobní pohybové aktivity. Pravidelná chůze představuje zdravotně prospěšný pohyb, který lze provozovat téměř kdykoliv, kdekoliv a může ji vykonávat téměř kdokoliv. Chůzi je možné začít vykonávat téměř okamžitě, je tedy ideální pohybová startovací aktivita, která je navíc organizačně, časově i finančně nenáročná a přitom užitečná aerobní aktivita. Mnoho odborníků na zdravý životní styl i řada specializovaných běžeckých serverů doporučuje zařadit chůzi jako vhodné aerobní cvičení pro sportovce začátečníky, popřípadě ji kombinovat s během. Toto tvrzení potvrzuje Stejskal (2004), který řadí chůzi jako vhodnou aktivitu pro osoby, které měly delší dobu málo pohybu a začínají prakticky „od

nuly“. Po 6–12 týdnech tréninku je možné začít chůzi prokládat během. Běh klade zvýšené nároky na kosti a klouby zejména dolních končetin a páteře, proto je nutné správně volit povrch, po kterém běháme. Běh je vhodnou pohybovou aktivitou zejména pro zdatnější jedince, pro něž je chůze neefektivní z důvodů neoptimální intenzity zatížení.

Při správném určení času, délky trasy a optimální intenzity je chůze i běh vhodnou aktivitou, kterou lze výrazně ovlivnit metabolismus a tím tělesnou hmotnost, obě aktivity mají vliv na snížení krevního tlaku a zlepšuje funkčnost kardiovaskulárního systému. Při správném provedení je i prevencí proti křečovým žilám a osteoporóze (Stejskal, 2004).

2.1.4 Doporučení pohybové aktivity

Výsledky mnoha studií dokazují, že obezita již není výsadou bohatých, nyní postihuje osoby všech věkových kategorií, ve všech regionech na celém světě. Její nárůst je alarmující (Ng et al., 2014). Tendence zvyšování obezity, nadváhy a různých onemocnění spojených s nedostatkem pohybové aktivity vedla k vytvoření mnoha doporučení týkající se pohybové aktivity. Tato doporučení prošla v posledních desítkách let razantním vývojem díky technologickému pokroku monitorovacích přístrojů. Studie se většinou zaměřují na konkrétní věkovou kategorii nebo na speciální skupinu osob a jsou vyjádřeny v parametrech trvání, frekvence, intenzity nebo počtem kroků. Pro formulování zdravotně orientovaných doporučení se častěji používá hodnot energetického výdeje spolu s FITT charakteristikami pohybové aktivity (viz obrázek 1) nebo denním počtem kroků (Sigmundová, Sigmund, & Šnoblová, 2010).

Tabulka 3. Příklady studií a organizací zabývajících se doporučením pro pohybovou aktivitu

Zdroj	**Doporučení pro pohybovou aktivitu**
Toshiki, Izumi, & Yumiko (2000)	Děti v období růstu: minimálně 60 minut denně hraním ve venkovním prostředí s využitím různých fyzických aktivit, které zapojí celé tělo. Děti v pozdním věku by se měly věnovat pohybové aktivitě alespoň 200 minut týdně při intenzitě 60 % maximální spotřeby kyslíku. Dospělí: 140–180 minut týdně při intenzitě 50–60 % maximální spotřeby kyslíku. Osoby starší 65 let: 140 minut týdně při intenzitě 50 % maximální spotřeby kyslíku.

Tudor-Locke, & Bassett (2004)	Zdravé dospělé osoby by měly ujít denně orientačně 7 000 až 13 000 kroků – minimálně 30 minut pohybové aktivity o střední intenzitě denně vychází cca na 3 000 až 4 000 kroků/30 minut.
Tudor-Locke et al. (2004)	Doporučení pro dívky ve věkové kategorii 6–12 let je 12 000 kroků za den a pro chlapce 15 000 kroků za den.
Kokkinos, Giannelou, Manolis, & Pittaras (2009)	Pro prevenci a léčbu hypertenze doporučují fyzickou aktivitu o střední intenzitě zatížení (60–85 % maximální srdeční frekvence / 40–60 % VO2max) s intervalem cvičení minimálně 30 minut nejlépe každý den.
Nanesen & LeBlanc (2010)	Děti ve věku 5–17 let by měly být fyzicky aktivní minimálně 60 minut denně o nejméně střední intenzitě zatížení s převahou aktivit v aerobní zóně.
Sigmundová, Sigmund, & Šnoblová (2010)	Doporučují 13 000 kroků v převažujícím počtu dnů v týdnu u dětí v předškolním věku. Předškoláci by měli každodenně provádět alespoň 60 minut organizované a 60 minut neorganizované pohybové aktivity alespoň střední intenzity. Děvčata v mladším školním věku by měla v převažujícím počtu dnů v týdnu provést alespoň 12 000 kroků, chlapci ještě o 2 000 kroků více. Děti v období mladšího školního věku by se měly věnovat pohybové aktivitě alespoň střední intenzity nejméně 90 minut denně.
Tudor-Locke et al. (2011)	Pro osoby starší 65let doporučuje 7 100 kroků za den jako průměrné denní doporučení během celého týdne.
Department of Health (2011)	Doporučuje jedincům s nadváhou a obezitou fyzickou aktivitu s frekvencí minimálně 5x týdně o střední až vysoké intenzitě zatížení, 45–60 minut, v celkovém týdenním souhrnu 225–300 minut. Vysoká intenzita zatížení není ze zdravotních důvodů vhodná pro jedince s BMI (body mass index) nad 35 kg/m^2. Cvičením s vysokou intenzitou zatížení by měl předcházet 4–12týdenní pohybový program o střední intenzitě zatížení.
UKK Institute (2015)	Zdravé ženy s normálním průběhem těhotenství mohou zlepšit svou vytrvalostní kapacitu pohybovou aktivitou o celkovém objemu 150 minut týdně střední intenzitou, minimálně 3x týdně. Doporučení PA po porodu je shodné s doporučením pro těhotné ženy.

2.2 Biomechanika chůze

Chůze je charakterizována jako pohyb těla z jednoho místa na druhé za střídavé a opakující se výměny polohy dolních končetin, s podmínkou, že alespoň jedno chodidlo zůstává v kontaktu s podložkou. Jinými slovy nesmí dojít k letové fázi. Whittle (2007) popisuje chůzi jako lokomoci charakteristickou střídavým pohybem dolních končetin.

Při analýze chůze je nutné rozlišit krok a dvojkrok. Za krok se považuje pohyb, začínající kontaktem paty s podložkou a končí opět kontaktem paty s podložkou souhlasné dolní končetiny. Dva po sobě jdoucí kroky jsou charakterizovány jako dvojkrok neboli chodecký cyklus (Kirtley, 2006).

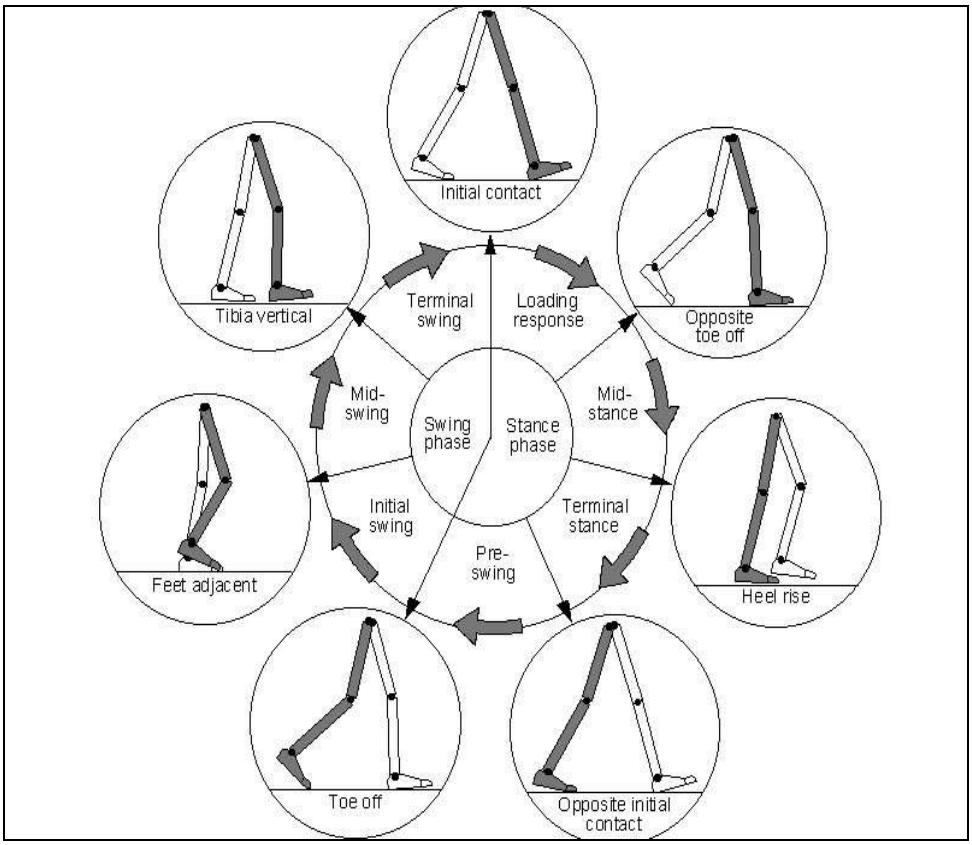
Stojná fáze kroku trvá 60 % času (pro jeden chodecký cyklus – dvojkrok, tvoří oporová fáze 120 % času, z toho 20% tvoří doba, kdy se opíráme o obě dolní končetiny, k čemuž dochází na začátku a konci každé fáze). Ve zbývajících 40 % probíhá fáze švihová jednooporová (Perry & Burnfield, 2010). Obrázek 2 ukazuje hlavní části během jednoho kroku. Čtyři z těchto částí jsou součástí oporové fáze a tři náleží k fázi švihové.

Oporová fáze trvá od počátečního kontaktu po přechod z dvojí opory do jednooporového „mezistoje“ a je dále rozdělena na následující fáze (viz obrázek 2):

1. Přenesení váhy (loading response),
2. „Mezistoj“ (mid-stance),
3. Konečný stoj (terminal stance),
4. Předšvih (pre-swing).

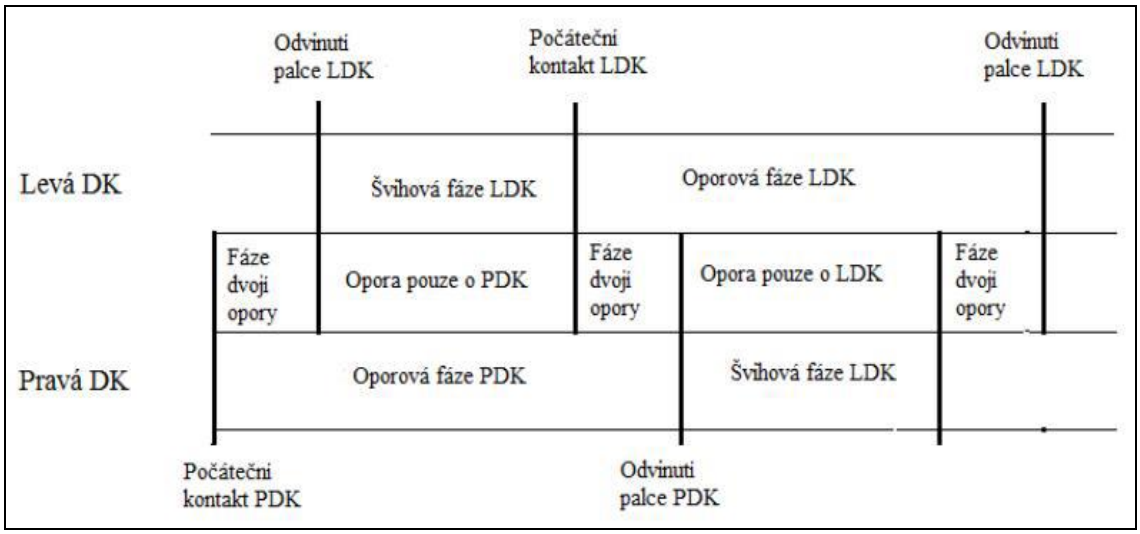
Švihová fáze začíná přechodem z dvojí opory do jednooporového mezistoje a končí další počáteční fází a je dále rozdělena na následující fáze (viz obrázek 2):

1. Počáteční švih (initial swing),
2. Mezišvih (mid-swing),
3. Konečný švih (terminal swing).



Vysvětlivky: 1. Initial contact (počáteční kontakt), 2. Opposite toe off (přechod z dvojí opory do jednooporového „mezistoje“), 3. Heel rise (zvednutí paty), 4. Opposite initial contact (počáteční kontakt opačné nohy), 5. Toe off (přechod z dvojí opory do jednooporového „mezistoje“), 6. Feet adjacent (Přechod z počáteční švihové fáze do „mezišvihu“, 7. Tibia vertical (zakončení švihové fáze)

Obrázek 2. Pozice nohou během jednoho kroku dle Whittlea (2007)



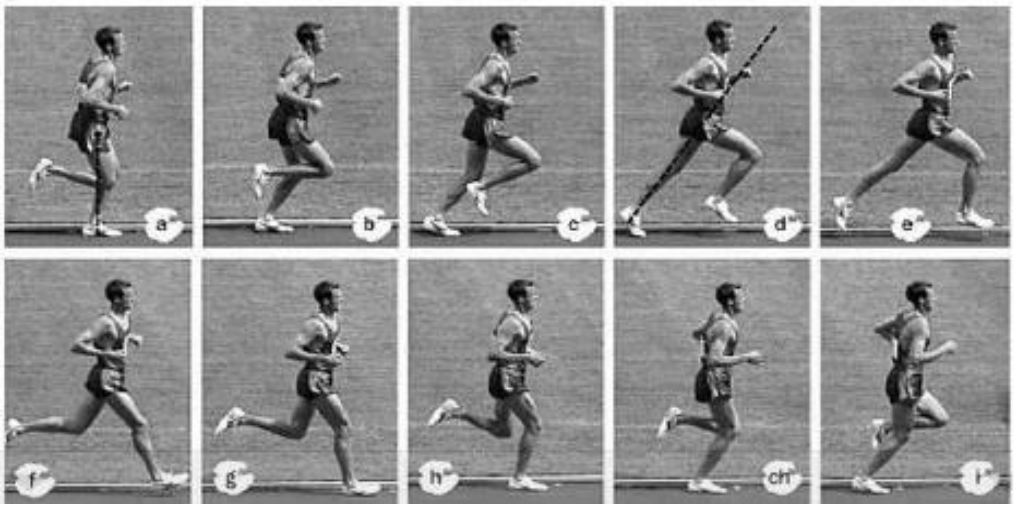
Obrázek 3. Načasování jednooporové a dvouoporové fáze během chodeckého cyklu

2.3 Biomechanika běhu

Základním rozdílem mezi chůzí a během je okamžik, kdy běžec není v kontaktu se zemí, říkáme mu letová fáze. Při běhu tak dochází ke střídání jednooporové fáze a letové fáze. Střídáním těchto fází dochází ke změně polohy těžiště. Nejvyšší bod těžiště se nachází v letové fázi, naopak nejníže je těžiště položeno v momentě vertikály v oporové fázi. Snahou běžců je docílit co nejmenšího rozsahu těchto dvou bodů (Prukner & Machová, 2011).

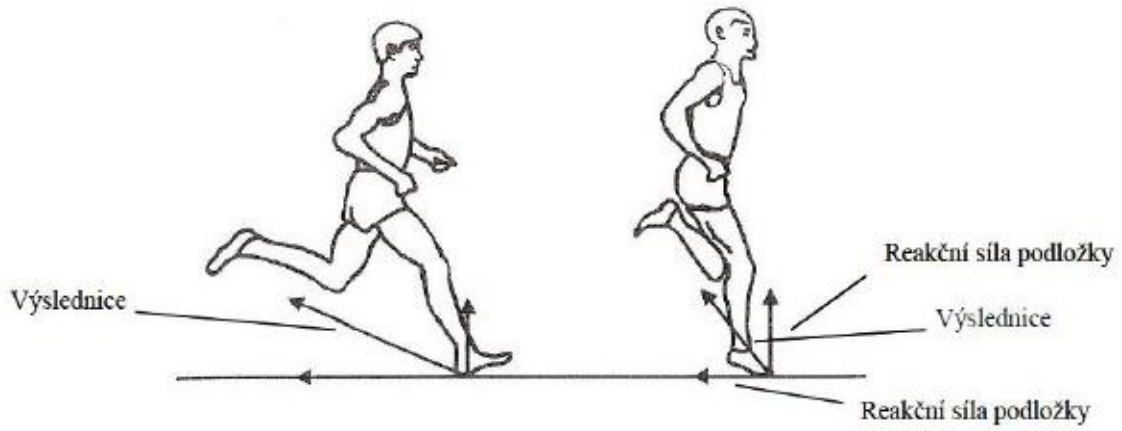
V dnešní době rozlišujeme šlapavý a švihový způsob běhu, jejichž využití je závislé na typu běžecké disciplíny. Švihový způsob běhu je však základním kamenem pro většinu běžeckých disciplín (Tvrzník, Škorpil, & Soumar, 2006). Celý cyklus běžeckého kroku se dělí na tři základní fáze:

- Aktivní oporová fáze – běžec je v kontaktu s podložkou a provádí odraz do následujícího kroku (obrázek 4a-d). Tato fáze začíná se začátkem propínání odrazové dolní končetiny a končí v okamžiku, kdy odrazová noha opouští podložku.
- Letová fáze – zde dochází k aktivnímu pohybu bérce švihové dolní končetiny vpřed s aktivním došlapem (přes patu) na podložku. Odrazová dolní končetina se sbaluje pod hýždě. Fáze končí s došlapem švihové končetiny (obrázek 4e-f).
- Pasivní oporová fáze – řadíme zde došlap a následné odvíjení chodidla od podložky (obrázek 4g-i).



Obrázek 4. Kinogram běžeckého kroku (Tvrzník, Škorpil, & Soumar, 2006)

Došlap je jednou z nejdůležitějších fází běhu, která v konečném důsledku ovlivňuje jeho efektivitu a účinky na pohybový aparát. Obrázek 5 ukazuje rozložení sil v okamžiku dokroku při dvou různých technikách běhu. Z obrázku je zřejmé, že při dopadu přes patu dochází ke kontaktu s podložkou daleko před těžištěm, což způsobí mnohem větší ztráty rychlosti a energie. Při technice běhu přes přední část chodidla nastává první kontakt s povrchem mnohem blíže svislici spuštěné z těžiště, a proto dochází k menším ztrátám hybnosti vpřed a k menším výkyvům ve vertikální poloze těžiště.



Obrázek 5. Síly působící na chodidlo běžce v okamžiku došlapu při technice běhu přes přední část chodidla a přes patu (Neumann & Hottenrott, 2002)

2.4 Vlastnosti motorických testů a jejich charakteristiky

Měkota a Blahuš (1983) charakterizují motorický test jako souhrn pravidel pro přiřazování čísel alternativám splnění pohybového úkolu, tj. pohybovým výkonům nebo řešením. Mezi základní vlastnosti testů řadí validitu, reliabilitu a objektivitu. Validita a reliabilita jsou nejdůležitější vlastnosti testu, neboť charakterizují hodnověrnost měřícího prostředku. Při nenaplnění těchto vlastností nemohou být pomocí měřícího prostředku získávány platné výsledky a vyvozovány důvěryhodné závěry (Sigmund, 2012).

Validita představuje míru, do jaké výzkum nebo sběr dat měří to, co má měřit, nebo odpovídá tomu, pro co byl navržen. Důležité je v tomto případě pojem kritérium, k němuž test vztahujeme. Test může být vhodný k jednomu účelu, ale nemusí být vhodný k účelu jinému. Rozlišujeme několik typů validity, validita logická (obsahová), kriteriální (souběžná), predikční, konstruktová a ekologická.

- Logická (obsahová) validita posuzuje, do jaké míry měřící prostředek měří stanovený obsah.
- Kriteriální (souběžná) validita je uplatňována při současném měření dvěma nebo více měřícími prostředky a sleduje míru shody naměřených výsledků.
- Predikční validita hodnotí platnost předpovědi neboli míru shody naměřeného a budoucího výsledku.
- Konstruovaná validita zkoumá vlastnosti, které mohou způsobit neshodu výsledků měření.
- Ekologická validita posuzuje průběh výzkumu během monitorování pohybové aktivity v terénu. Hodnotí, zda je design a průběh výzkumu vnímán podle předpokladů výzkumníka a zda umožňuje zobecňování výsledků do běžné reality (Sigmund, 2012).

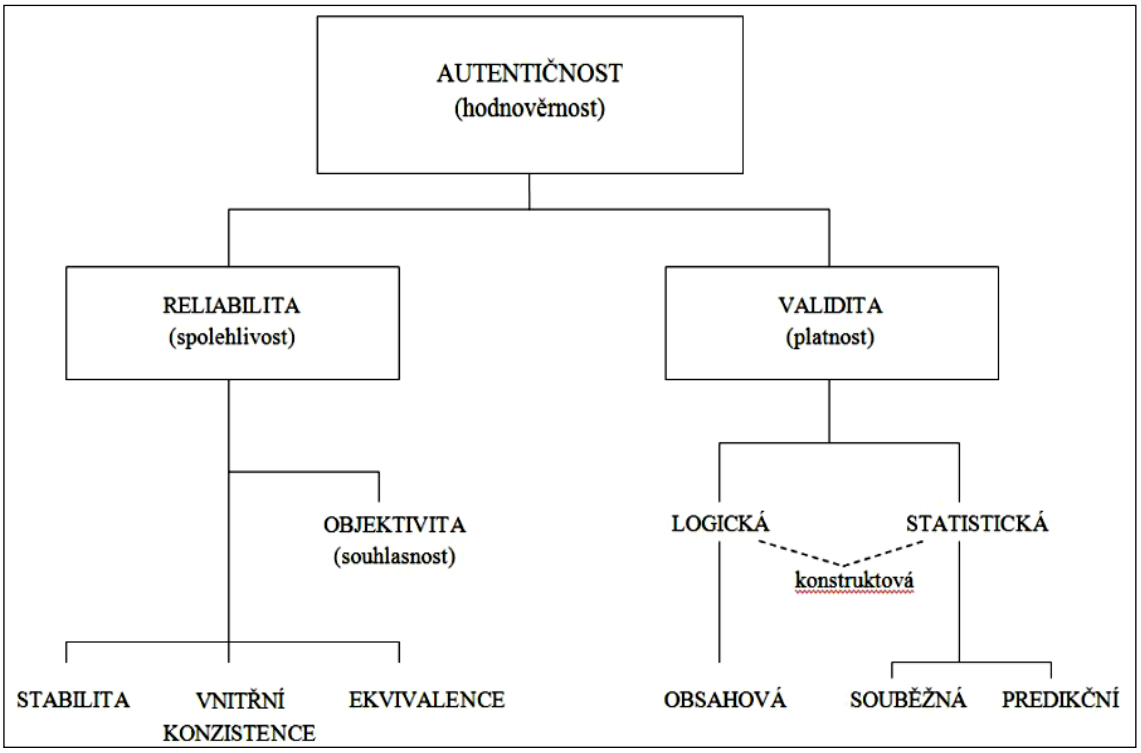
Reliabilita neboli spolehlivost posuzuje, jak přesně daná metoda nebo přístroj měří to, co má být měřeno (Wienclaw, 2015). Reliabilita poukazuje na velikost chyb při měření a znázorňuje míru opakovatelnosti získaných výsledků měřicím přístrojem. Vysoká spolehlivost se tedy projevuje tím, že při opakovaném testování u stejných osob za stejných podmínek obdržíme velmi podobné výsledky. Podmínky testování mohou být narušeny řadou chyb při provádění testu, Měkota a Blahuš (1983) uvádí tyto důsledky chyb:

- Nestálost podmínek prostředí – změny tlaku, teploty, osvětlení atd.
- Nestálost vlastností testovaných osob – motivace, únava atd.

- Nestálost zařízení a pomůcek používaných při testování – nepřesnosti vlastního měření, odchylka od předepsané hmotnosti používaného náčiní atd.

Objektivita je určena stupněm shody testových výsledků, které získají současně různí vedoucí testování např. rozhodčí, časoměřiči.

Sběr dat nemůže být validní (platný) pokud není reliabilní (spolehlivý). Reliabilitu totiž chápeme jako nutný předpoklad validity – test může být spolehlivý (reliabilní), ale může měřit něco jiného, než co potřebujeme, což poukazuje na nízkou validitu testu. Reliabilitu lze zvýšit počtem položek při testování (Měkota & Blahuš, 1983).



Obrázek 6. Aspekty realiability a validity testu či měření (upraveno dle Měkoty, Kováře, & Štěpničky, 1989)

2.4.1 Monitorování pohybové aktivity

Měření pohybové aktivity je velmi obtížné, protože zahrnuje široký komplex pohybového chování člověka. Výsledkem monitorování pohybové aktivity je písemný nebo obrazový záznam získaný měřením, záznamem srdeční frekvence apod. (Frömel, Novosad, & Svozil, 1999). Pohybovou aktivitu lze měřit různými způsoby – na základě energetického výdeje (kcal, kJ, METs), vykonané práce (watt), času aktivity (minuty, hodiny) nebo počtem kroků měřenými krokoměry, fitness náramky a další. Bunc (2009) uvádí, že pohybovou aktivitu lze monitorovat kvalitativním nebo kvantitativním způsobem. Dále lze pohybovou aktivitu monitorovat krátkodobě (např. během tréninkové jednotky) nebo dlouhodobě (monitoring habituální pohybové aktivity po dobu týdne, měsíce či delší). Podle místa provádění testu, se testy rozdělují na laboratorní a terénní.

Monitoring laboratorními metodami poskytuje stále podmínky měření a použití citlivých měřících přístrojů. Laboratoř je však prostředí umělým a jen zřídka dovoluje testovat pohybové činnosti prostorově rozsáhlejší. Laboratoř neposkytuje přirozené podmínky pro mnoho testovaných osob (např. plavci). Laboratorní testování je finančně, personálně i časově náročné (Měkota & Blahuš, 1983).

Monitorování terénní pohybové aktivity představuje souhrn nezbytných činností, přístrojů a technik zabezpečujících validní sledování a analyzování mimolaboratorní pohybové aktivity. Patří zde nabíjení, kalibrování a individuální nastavování neinvazivních přístrojů (např. akcelerometrů, pedometrů), přípravu tiskovin (záznamové archy, dotazníky atd.), představování způsobu práce a manipulace s přístroji, kontrolu správnosti zaznamenávání dat a používání přístrojů a dalších činností vedoucích k minimalizování chyb a nepřesností při sledování pohybové aktivity a zpracování získaných dat (Sigmund, 2012). Armstrong a Welsman (2006) rozlišují objektivní měření, do kterého řadí přímé pozorování, dvojitě izotopicky značenou vodu a nepřímou kalorimetrii, snímače srdeční frekvence, akcelerometry, pedometry a multifunkční přístroje. Za subjektivní měření považují dotazníky, záznamní archy a rozhovory.

2.5 Možnosti měření pohybové aktivity

Metody hodnocení úrovně pohybové aktivity ovlivňují přesnost výsledků, sílu a limity jednotlivých studií. Výsledky studií se liší v závislosti na použitých metodách hodnocení pohybové aktivity. Přehled metod a monitorovacích přístrojů, které se využívají pro hodnocení úrovně pohybové aktivity, je uveden v tabulce 4.

Tabulka 4. Přehled metod užívaných k hodnocení pohybové aktivity (PA), (Warren et al., 2010, in Sigmundová & Sigmund, 2014).

Metoda	Měření	Výstupy	Aspekt validity
Dvojitě značkovaná voda	Produkce CO_2	Celkový energetický výdej	Validní
Akcelerometr	Akcelerace těla nebo jeho segmentů v jednom či více směrech	Akcelerace Odhad intenzity, frekvence a trvání pohybu	Validní pro energetický výdej při PA v závislosti na typu akcelerometru pro skupinové srovnání energetického výdeje PA
Monitory srdeční frekvence	Srdeční frekvence za minutu	Srdeční frekvence, intenzita a trvání středně až vysoce intenzivní PA Odhad energetického výdeje	Validní pro skupinové srovnání energetického výdeje při PA vyšších intenzit
Kombinované přístroje pro měření srdeční frekvence spolu s akcelerometrem	Akcelerace těla a srdeční frekvence	Akcelerace a srdeční frekvence, aktivní energetický výdej, intenzita, frekvence a trvání PA	Validní pro skupinové srovnání aktivního energetického výdeje
Krokoměry	Počet kroků	Realizovaný počet kroků Překonaná vzdálenost Odhad energetického výdeje	Validní pro počet kroků, není validní pro hodnocení energetického výdeje v běžných podmínkách
Přímé pozorování	Kategorizace aktivity	Počet úseků (celků) a čas strávený pohybovou aktivitou v různých intenzitách Odhad energetického výdeje pomocí energetického ekvivalentu MET	Validní pro odhad energetického výdeje
Dotazník (self-report)	Četnost různých typů pohybových aktivit a čas strávený jejich realizací. Čas vztažený k odlišným doménám pohybové aktivity.	Četnost a čas strávený pohybovými aktivitami různých intenzit Energetický výdej odvozen pomocí energetického ekvivalentu MET daných aktivit a příslušné délky jejch trvání	Validní odlišná validita pro kategorizaci jednotlivců do skupin a pro tvorbu pořadí jednotlivců Není validní pro hodnocení energetického výdeje na individuální úrovni

2.5.1 Akcelerometry

Akcelerometry jsou malé, lehké a přenosné neinvazivní zařízení, které měří pohyb z hlediska akcelerace – změna rychlosti a polohy v závislosti na čase. Modernější akcelerometry dokáží rozpoznat zrychlení ve třech rovinách, tedy ve 3D. Přístroje poskytují odhad frekvence, intenzity a délky trvání pohybové aktivity.

Přístroj může být umístěn na kotník, zápěstí, paži, boky nebo spodní část zad. Provedené studie potvrdily, že přístroj vykazuje nejpřesněji naměřené hodnoty při umístění na bocích a spodní části zad (Varum & André, 2011). Mezi výhody akcelerometrů patří objektivita měřených údajů, možnost využití v terénních podmínkách, vysoká přesnost měření. Nevýhodou je vysoká finanční náročnost (Sigmundová & Sigmund, 2004).

Obrázek 7. Akcelerometr Actigraph GT3X+ (www.actigraphcorp.com, 2017)

2.5.2 Monitory srdeční frekvence

Monitory srdeční frekvence pracují na principu EKG, který zaznamenává časové vzdálenosti mezi dvěmi sousedícími R-vlnami (R-R interval).

Monitory srdeční frekvence se ve většině případů skládají z hodinek a hrudního pásu, který obsahuje dvě elektrody, které zaznamenávají srdeční frekvenci a posílají záznam do paměti, která je umístěná v hodinkách. Současné technologie umožňují měření srdeční frekvence bez hrudního pásu, kdy jsou elektrody umístěny přímo v hodinkách.

Pro potřebu sportovních her, kdy je zakázáno hrát s hodinkami, byl vyvinut systém, který má paměť přímo v hrudním pásu nebo hrudní pás vysílá informace do počítače (Hůlka, Bělka, & Weisser, 2015).

2.5.3 Krokoměry (pedometry)

První zmínky o krokoměrech pochází již z 15. století. Využívání krokoměrů ke sledování pohybové aktivity tak patří k nejstarším způsobům měření pomocí přístrojové techniky. Od té doby se krokoměry staly velmi populární jako každodenní příslušenství lidí při udržení kondice, váhy nebo při hledání motivace jak zhubnout.

Krokoměr je malé, přenosné a elektronické zařízení, které počítá počet provedených kroků. Některé krokoměry pracují na základě detekce pohybů boků člověka, jiné reagují na změnu elektronických impulsů vlivem vertikální oscilace pokaždé, když člověk udělá krok (Cooper, 2016). Např. krokoměr řady Yamax Digiwalker (obrázek 8) započítá krok ve chvíli, kdy je oscilace silnější než práh citlivosti přístroje (0,35 g). Pedometry jsou schopny zaznamenávat pouze počet nadprahových vertikálních oscilací. Nejsou schopny rozpoznat druh pohybové aktivity, zvýšený energetický výdej ani zaznamenat oscilace při jízdě na kole, na bruslích nebo lyžích (Sigmund, 2012).

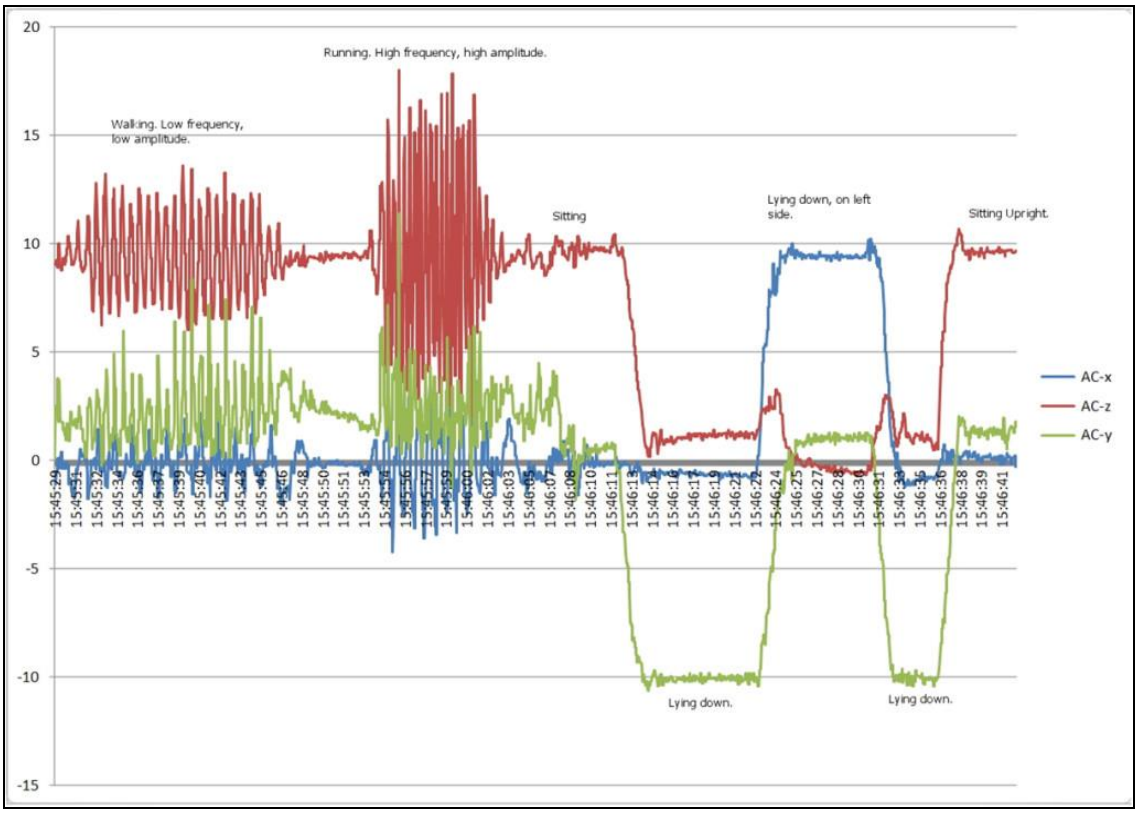
Obrázek 8. Krokoměr Yamax Digiwalker SW-700 s popisem ovládacích prvků (převzato od Sigmunda, 2012, 13)

2.5.4 Fitness náramky

Jedná se o malé elektronické zařízení, které bývá často označováno také jako „nositelná elektronika“ nebo anglickým výrazem „wearables“. Fitness náramky jsou v dnešní době schopny provádět mnoho stejných výpočetních úloh jako například mobilní telefony nebo počítače. Fitness náramky jsou obvykle přizpůsobeny k pohodlnému nošení na zápěstí nebo mohou být připnuty či začleněný do kusů oděvů. Mnoho fitness náramků poskytuje základní data přímo na displeji zařízení, mnohem podrobnější údaje jsou pak schopny poskytnout prostřednictvím počítače nebo mobilní aplikace (Cadmus-Bertram, 2017; Duffy, 2016).

Většina dnešních fitness náramků pracuje pomocí akcelerometru, díky němuž dokáže zařízení měřit pohyb v každém směru (tříosý akcelerometr). Někteří výrobci přicházejí s přístroji s vestavěným gyroskopem, který navíc zaznamenává otáčení a orientaci v prostoru. Gyroskop reaguje na otřesy při pohybové aktivitě. Měřením množství pohybu v čase je fitness náramek schopen určit čas a druh pohybové aktivity, stejně jako množství provedených kroků nebo intenzitu pohybu. Některé přístroje monitorují i dobu spánku a sledují fyziologické funkce. Výsledný záznam je pak závislý na matematice a algoritmech, nikoliv pouze na otřesech. Například při rozlišování mezi během a chůzí software interpretuje frekvenci impulsů v jednotlivých osách, na jejichž základě systém vypočítá výsledný záznamu. Fitness náramky jsou schopné generovat mnohem podrobnější a užitečnější informace než tradiční pedometry, které bývají vybaveny pouze jednoosým akcelerometrem (Nield, 2016; Wellocracy, 2013).

Mnohé studie potvrzují pozitivní vliv fitness náramků na pohybovou aktivitu. Karapanos, Gouveia, Hassenzahl a Forlizzi (2016) ve své studii zjistili, že „monitory aktivity“ mnohým napomáhají k pocitu nezávislosti díky získané kontrole nad režimem pohybové aktivity. Fitness náramky jsou pro mnohé nástrojem ke zvýšení sebevědomí a cestou k přiblížení se svým ideálům.



Obrázek 9. Záznam pohybu fitness náramkem (www.wellocracy.com, 2013)

2.5.5 Běžecké hodinky

Sportovní běžecké hodinky už dávno neslouží jen k měření času. Moderní přístroje jsou navrženy tak, aby sloužily jako motivace, trenér i jako záznamník výkonů. S nástupem GPS technologií, dostaly sportovní hodinky možnost měřit nejen tepovou frekvenci a čas, ale také rychlost, vzdálenost, počet kroků nebo výškový profil. Uběhlou trasu je navíc později možné projít krok po kroku nad mapou, kterou je přístroj schopen zobrazit prostřednictvím počítače nebo mobilní aplikace. Hodinky jsou navíc navrženy pro využití ve více sportovních odvětvích (Garmin, 2016).

3 CÍLE

3.1 Hlavní cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je zjistit přesnost měření fitness náramků Garmin VivoFit 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart a Polar Loop 2 v kontrolovaných podmínkách.

3.2 Dílčí cíle

- Stanovit validitu a reliabilitu fitness náramků Garmin VivoFit 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart a Polar Loop 2 a krokoměru Yamax SW 700 v kontrolovaných podmínkách.

3.3 Výzkumné otázky

- Jaké jsou odchylky u fitness náramků Garmin VivoFit 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart, Polar Loop 2 a krokoměru Yamax SW 700 při měření počtu kroků při chůzi a při běhu?
- Jsou měřicí přístroje stejně přesné na levé a právě straně při chůzi a běhu?
- Jsou měřicí přístroje stejně přesné pro muže a ženy při chůzi a běhu?
- Který ze zkoumaných přístrojů je nejpřesnější?

4 METODIKA

4.1 Charakteristika výzkumu

Výzkumný soubor tvořilo 20 osob (10 mužů a 10 žen) ve věku 17–41 let. Každý proband dvakrát překonal předepsaným tempem (chůzí a během) vzdálenost jednoho kilometru na 400m atletickém ovále s umělým povrchem. Tempo pro chodecký úsek bylo stanoveno na 5–6 km/h (1 km za 10–12 min), pro běžecký úsek 10–12 km/h (1 km za 5–6 min). Každý proband měl na každé horní končetině umístěny čtyři měřicí přístroje.

Výzkum probíhal v Olomouci na atletickém stadionu TJ Lokomotiva Olomouc od 11. 3. 2017 do 18. 3. 2017. Každý proband si náhodně vybral dva přístroje z každého testovaného druhu, které byly každé z osob nasazeny určitým způsobem (obrázek 10). Před každým testováním byli probandi poučení o průběhu testování. Při každém měření proband ušel a poté uběhl vzdálenost přesně 1000 m. Před měřením a po měření chodeckého i běžeckého úseku byl u každého přístroje odečteny počty naměřených kroků, jejichž rozdílem byla určena naměřená hodnota. Aktuální (reálný, skutečný) počet kroků byl stanoven metodou přímého pozorování a záznamu počtu kroků dvěma pozorovateli.

Obrázek 10. Umístění fitness náramků na ruce

4.2 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořilo 20 probandů, z toho 10 mužů a 10 žen. Všichni probandi uvedli, že netrpí žádnými zdravotními problémy. Charakteristiku výzkumného souboru ukazuje tabulka 5.

Tabulka 5. Souhrnné údaje o výzkumném souboru (M ± SD)

	Celkem (n = 20)	Muži (n = 10)	Ženy (n = 10)
Věk (let)	26,10 ± 5,04	25,70 ± 3,50	26,50 ± 6,40
Hmotnost (kg)	73,00 ± 11,77	82,10 ± 7,37	63,90 ± 7,34
Výška (cm)	175,20 ± 8,92	182,60 ± 5,02	167,80 ± 4,59
BMI (kg/m^2)	23,59 ± 2,26	24,49 ± 1,81	22,68 ± 2,39

Vysvětlivky: n – počet probandů, M – průměr, SD – směrodatná odchylka

4.3 Charakteristika měřících přístrojů

4.3.1 Garmin VivoFit 2

Garmin VivoFit 2 (obrázek 11) je lehký náramek, obsahující mikro-elektromechanický triaxiální akcelerometr. K výpočtu hodnot využívá algoritmické rovnice. Tento model fitness náramků řady Garmin je vybaven podsvíceným displejem a poskytuje informace o překonané vzdálenosti, kalorickém výdeji, akusticky motivuje k aktivitě, monitoruje spánek. Je vybaven stopkami a při spárování s hrudním pásem ukazuje tepovou frekvenci. Zařízení lze propojit s mobilní aplikací či s počítačem. Náramek vydrží fungovat až jeden rok bez nutnosti nabíjení (Okay, n. d.).

Obrázek 11. Garmin VivoFit 2 (Okay, n. d.)

4.3.2 Garmin VivoFit 3

Elegantní fitness náramek Garmin VivoFit 3 (obrázek 12) slouží především jako motivace k pohybu. Během dne poskytuje informace o míře pohybu a navíc prostřednictvím zvukového či vibračního upozornění vybízí majitele k vyšší pohybové aktivitě a většímu počtu kroků. Zařízení poté vypočítá, kolik minut se uživatel věnuje pohybové aktivitě za týden.

Garmin VivoFit 3 měří překonanou vzdálenost, monitoruje spánek, odhaduje kalorický výdej, počítá kroky a je vybaven stopkami. Zařízení je schopno automaticky detekovat sportovní aktivity jako např. běh, chůze, kolo, plavání, eliptický trenažér. Výhodou je jednoduché ovládání a odolnost proti vodě, která umožňuje se s náramkem sprchovat a dokonce i plavat. Náramek je schopen pracovat na jednu baterii až jeden rok, poté lze baterii jednoduše vyměnit. Další výhodou je vyměnitelný řemínek a možnost nastavení vzhledu hodin (Garmin, 2016).

Obrázek 12. Garmin VivoFit 3 (Garmin, 2016)

4.3.3 Garmin VivoSmart

Garmin VivoSmart je fitness náramek, který zaznamenává nejen míru pohybu, ale díky zabudovanému snímači je schopen poskytnou informaci o tepové frekvenci přímo ze zápěstí. Navíc je vybaven barometrem, díky kterému dokáže poskytnout informace o počtu ušlých pater během dne, Při propojení s chytrým telefonem zobrazuje příchozí volání, SMS a další notifikace a upozorní na něj uživatele vibrací. Garmin VivoSmart je vybaven dotykovým displejem a je nutné ho pravidelně nabíjet. Na jedno nabití vydrží fungovat přibližně 1 týden. Veškeré informace lze zobrazit v mobilní aplikaci nebo v počítači (Garmin, 2016).

Obrázek 13. Garmin VivoSmart (Garmin, 2016)

4.3.4 Polar Loop 2

Polar Loop 2 je zařízení, které sleduje a vyhodnocuje denní aktivitu. Náramek je schopen určit úroveň tělesné zátěže i denní počet kroků, ty rozlišit podle frekvence na běh či chůzi. Zaznamenává množství spálených kalorií a monitoruje kvalitu spánku. Na zařízení lze nastavit denní cíle (například úroveň kalorického výdeje), o jejichž míře plnění náramek informuje. Po určité době nečinnosti náramek upozorňuje na neaktivitu. Funkce počítání kroků se odhaduje na základě frekvence, intenzity a pravidelnosti pohybů zápěstí (Polar, 2016).

Obrázek 14. Polar Loop 2 (Polar, 2016)

4.4 Charakteristika zpracování dat

Pro sledované parametry byly vypočítány základní statistické veličiny a další statistické výpočty:

- aritmetický průměr – součet všech hodnot vydělený jejich počtem,
- směrodatná odchylka – určuje, jak se hodnoty rozprostírají a nakolik se odchylují od průměru,
- průměrná odchylka měření (počet kroků),
- průměrná procentuální odchylka od aktuálních hodnot (%),
- Pearsonův korelační koeficient – určuje míru závislosti, viz tabulku 6,
- hladina statistické významnosti byla stanovena na $p = 0,05$.

Tabulka 6. Interpretace hodnot korelačního koeficientu (Chráska, 2000)

$\|r\| = 1$	Naprostá závislost (funkční závislost)
$1{,}00 > \|r\| \geq 0{,}90$	Velmi vysoká závislost
$0{,}90 > \|r\| \geq 0{,}70$	Vysoká závislost
$0{,}70 > \|r\| \geq 0{,}40$	Střední závislost
$0{,}40 > \|r\| \geq 0{,}20$	Nízká závislost
$0{,}20 > \|r\| \geq 0{,}00$	Slabá (nepoužitelná) závislost
$r\| = 0$	Naprostá nezávislost

Pro vyhodnocení přesnosti naměřených dat jsme si určili hranici přesnosti měření ±3 % aktuálních kroků. Tento standard vychází z japonské normy, která stanovuje tuto maximální hranici chybovosti pro pedometry (Hatano, 1993).

Tabulka 7. Seznam použitých zkratek

Název	Zkratka
Yamax Digiwalker SW-700	Yamax
Garmin VivoFit 2	Garmin VF2
Garmin VivoFit 3	Garmin VF3
Garmin VivoSmart	Garmin VS
Polar Loop 2	Polar
Pravá strana	P
Levá strana	L

5 VÝSLEDKY

Tabulka 8 ukazuje průměrnou hodnotu skutečného počtu kroků a průměrně naměřené hodnoty u jednotlivých přístrojů při chůzi u celého výzkumného souboru. Dále můžeme z tabulky 8 vyčíst směrodatné odchylky, průměrnou odchylku vyjádřenou počtem kroků a její procentuální vyjádření. Kritérium ±3 % odchylky splnily přístroje Yamax, Garmin VF3 a Polar na levé straně.

Největší směrodatné odchylky zaznamenaly přístroje Garmin VF2. Průměrně Garmin VF2 naměřil o 18,59 % méně kroků na pravé straně a o 19,80 % méně kroků na levé straně. U přístroje Garmin VS byly taktéž naměřeny velké procentuální odchylky (-10,54 % a -7,64 %). Tyto hodnoty u obou přístrojů vypovídají o velké nepřesnosti měření. Naopak nejmenší odchylky naměřil náramek Garmin VF3 a krokoměr Yamax kde se odchylka od průměru skutečného počtu kroků pohybuje kolem 1 %, což značí velmi přesné měření. Yamax i Garmin VF3 měřily s tendencí nadhodnocovat skutečný počet kroků. Ostatní přístroje měly tendenci skutečný počet kroků podhodnocovat. Polar měřil s velmi malou odchylkou (0,94 %), ale pouze na levé straně. Velikost směrodatné odchylky však v tomto případě poukazuje na velké vzájemné odlišnosti v souboru zkoumaných hodnot.

Míra závislosti a statistická významnost mezi skutečnými a naměřenými hodnotami u jednotlivých přístrojů je vyjádřena v tabulce 9. Velmi vysoká závislost a vysoká závislost byla zjištěna u přístrojů Yamax, Garmin VF3 a Polar, což vypovídá o vysoké validitě měření. Hladina statistické významnosti u těchto přístrojů je $p < 0,001$ vypovídající o statisticky vysoce významné korelaci. Naopak střední a nízká závislost, tedy i nízká validita měření byla zjištěna u přístrojů Garmin VS a Garmin VF2. V kombinaci s hladinou statistické významnosti se jedná o velmi neprůkazné a nepřesné výsledky. U Garminu VF2 hodnota p odpovídá hodnotám statisticky nevýznamné korelace. Pro Garmin VS na levé straně odpovídá hodnota $p = 0,008$ což značí významnou korelaci mezi zkoumanými hodnotami.

Tabulka 8. Naměřený počet kroků a odchylky od skutečného počtu kroků v celém výzkumném souboru při chůzi

Přístroj	M ± SD	Odchylka (kroky)	Odchylka (%)
Skutečný počet kroků	**1156,65 ± 69,95**		
Yamax P	1167,80 ± 67,05	+11,15	+0,96
Yamax L	1168,70 ± 67,47	+12,05	+1,04
Polar P	1108,70 ± 78,61	-47,95	-4,15
Polar L	1145,75 ± 90,17	-10,90	-0,94
GVF2 P	941,60 ± 221,06	-215,05	-18,59
GVF2 L	927,65 ± 229,03	-229,00	-19,80
GVS P	1034,70 ± 182,00	-121,95	-10,54
GVS L	1068,25 ± 165,52	-88,40	-7,64
GVF3 P	1166,05 ± 67,10	+9,40	+0,81
GVF3 L	1168,25 ± 60,56	+11,60	+1,00

Vysvětlivky: M – průměr, SD – směrodatná odchylka

Tabulka 9. Hodnoty korelačních koeficientů s p hodnotami při porovnání aktuálního počtu kroků a hodnot naměřených jednotlivými přístroji u celého souboru při chůzi

Porovnávané hodnoty	r	p
Skutečný počet kroků vs. Yamax P	0,942	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. Yamax L	0,938	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. Polar P	0,722	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. Polar L	0,775	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF2 P	0,220	p = 0,353
Skutečný počet kroků vs. GVF2 L	0,282	p = 0,228
Skutečný počet kroků vs. GVS P	0,426	p = 0,061
Skutečný počet kroků vs. GVS L	0,574	p = 0,008
Skutečný počet kroků vs. GVF3 P	0,945	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF3 L	0,867	p < 0,001

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, p – hladina statistické významnosti

Při běhu nebyly zaznamenány tak výrazné rozdíly mezi odchylkami u jednotlivých přístrojů. Tabulka 10 ukazuje průměrnou hodnotu skutečného počtu kroků a průměrně naměřené hodnoty u jednotlivých přístrojů při běhu. Dále můžeme z tabulky 10 vyčíst směrodatné odchylky, odchylku vyjádřenou počtem kroků a její procentuální vyjádření. Při běhu měly všechny přístroje tendenci skutečné hodnoty nadhodnocovat, pouze Polar umístěný na pravé straně měřil s opačnou tendencí. Japonské kritérium ±3 % splnil Polar a Garmin VF2 umístěný na pravé straně.

Nejmenší odchylky od průměru skutečného počtu kroků byly zjištěny u zařízení Polar. Průměrná odchylka od skutečného počtu kroků byla 1,80 % respektive 0,87 %. Korelace naměřila velmi vysokou závislosti, p odpovídá statisticky významnému rozdílu. Tyto hodnoty potvrzují velmi přesné měření. Polar zde potvrdil fakt, že byl navržen spíše pro sportovní aktivity, nikoli pro aktivity vykonávané například pomalou chůzí (Fokkema, Kooiman, Krijnen, Van Der Schans, & De Groot, 2017).

Nejméně přesně měřil Yamax, avšak korelace u tohoto přístroje ukazuje velmi vysokou závislost, tedy vysokou reliabilitu. Odchylka od skutečného počtu kroků byla 4,62 %, respektive 4,73 %. Tento výsledek měření potvrzuje, že Yamax je přístroj určený zejména pro měření počtu kroků při chůzi, kde poskytl velmi přesné hodnoty, zatímco při běhu dochází k mnohem větším odchylkám. Z přístrojů značky Garmin měřil nejpřesněji Garmin VF2 umístěný na pravé straně, kde zaznamenal průměrnou odchylku 2,85 %. Ostatní přístroje značky Garmin měřily při běhu s podobnou odchylkou okolo 3–4 %. Tím sice nesplnily dané kritérium, ale těmito hodnotami se mu velmi přibližují.

Míra závislosti a statistická významnost mezi skutečnými a naměřenými hodnotami u jednotlivých přístrojů, je vyjádřena v tabulce 11. Statistická závislost u všech sledovaných přístrojů je $p < 0{,}001$, což značí statisticky významný rozdíl. Korelace značí kromě dvou případů velmi vysokou závislost, měření bylo dostatečně validní.

Tabulka 10. Naměřený počet kroků a odchylky od skutečného počtu kroků v celém výzkumném souboru při běhu

Přístroj	M ± SD	Odchylka (kroky)	Odchylka (%)
Skutečný počet kroků	**762,00 ± 85,22**		
Yamax P	792,00 ± 82,42	+35,00	+4,62
Yamax L	792,80 ± 82,49	+35,80	+4,73
Polar P	748,25 ± 88,05	-13,75	-1,80
Polar L	768,65 ± 86,07	+6,65	+0,87
GVF2 P	783,75 ± 82,92	+21,75	+2,85
GVF2 L	792,80 ± 79,83	+30,80	+4,04
GVS P	794,75 ± 82,21	+32,75	+4,30
GVS L	784,90 ± 83,55	+22,90	+3,01
GVF3 P	790,95 ± 81,45	+28,95	+3,80
GVF3 L	789,25 ± 81,60	+27,25	+3,58

Vysvětlivky: M – průměr, SD – směrodatná odchylka

Tabulka 11. Hodnoty korelačních koeficientů s p hodnotami pro srovnání aktuálního počtu kroků a hodnot naměřených jednotlivými přístroji u celého souboru při běhu

Porovnávané hodnoty	r	p
Skutečný počet kroků vs. Yamax P	0,954	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. Yamax L	0,953	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. Polar P	0,918	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. Polar L	0,909	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF2 P	0,950	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF2 L	0,905	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVS P	0,774	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVS L	0,956	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF3 P	0,801	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF3 L	0,950	p < 0,001

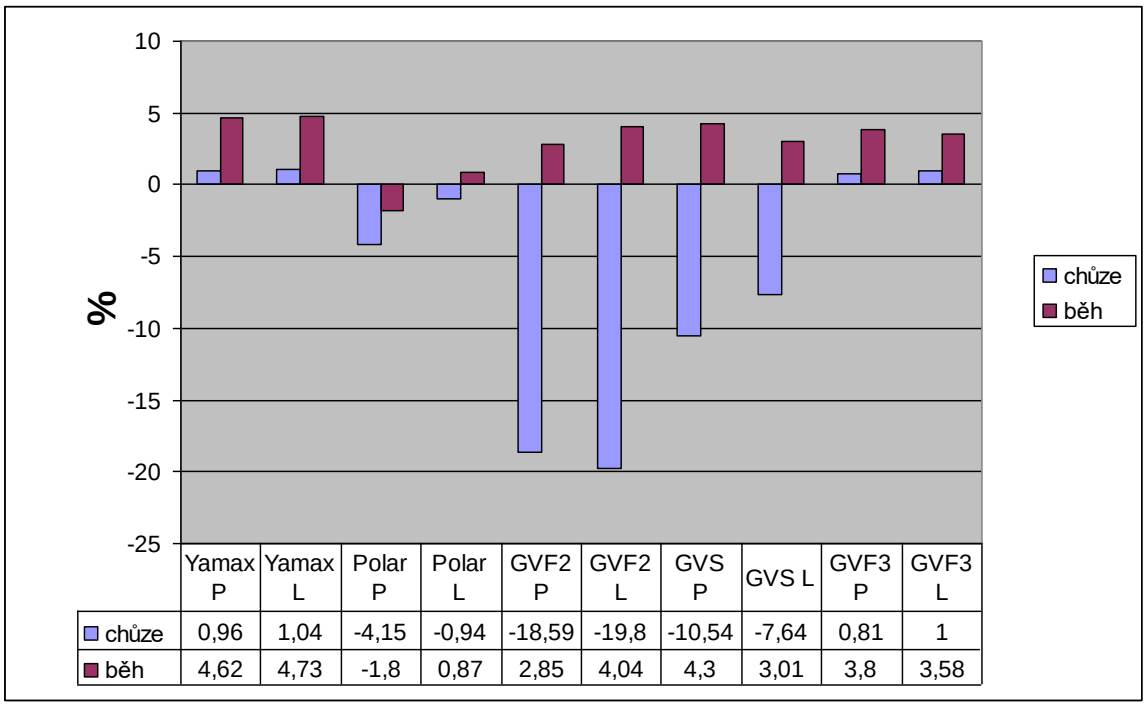
Vysvětlivky: r – korelační koeficient, p – hladina statistické významnosti

5.1 Hodnocení rozdílů mezi chůzí a během

Graf 1 přehledně ukazuje rozdíly mezi průměrnými procentuálními odchylkami od skutečného počtu kroků při chůzi a běhu u jednotlivých zařízení. Větší rozdíl mezi odchylkami značí větší souvislost mezi rychlostí lokomoce a přesností měření.

Yamax a Garmin VF3 zaznamenaly menší odchylku a tedy přesnější měření u chůze než u běhu. Tento výsledek vypovídá o tom, že tyto přístroje jsou spolehlivější spíše pro měření počtu kroků při chůzi. U všech ostatní přístrojů byla zjištěna výrazně menší odchylka při běhu.

Nejmenší rozdíly v průměrné odchylce mezi během a chůzi zaznamenaly přístroje značky Polar (0,1–2,4 %) na druhém místě byl Garmin VF3 a třetí nejmenší rozdíly naměřil Yamax. Největší rozdíly byly zjištěny u přístroje Garmin VF2. Rozdíly mezi chůzí a během byly okolo 15–16 % ve prospěch běhu. Všechny přístroje naměřily menší rozdíl mezi chůzí a během na levné straně. Z těchto výsledků vyplývá, že přístroje Garmin VF2 a Garmin VS jsou vhodnější spíše pro skupinové monitorování, kdy se dá předpokládat částečné vzájemné vyrušení nadhodnocených a podhodnocených dat.



	Yamax P	Yamax L	Polar P	Polar L	GVF2 P	GVF2 L	GVS P	GVS L	GVF3 P	GVF3 L
chůze	0,96	1,04	-4,15	-0,94	-18,59	-19,8	-10,54	-7,64	0,81	1
běh	4,62	4,73	-1,8	0,87	2,85	4,04	4,3	3,01	3,8	3,58

Graf 1. Rozdíly mezi odchylkami od skutečného počtu kroků při chůzi a běhu u jednotlivých přístrojů

5.2 Hodnocení rozdílů mezi muži a ženami

Tabulka 12 ukazuje rozdíly ve skutečných a naměřených hodnotách mezi muži a ženami při chůzi. Ženy průměrně vykonaly větší počet kroků než muži. Příčinou je delší délka kroků u mužů. Ukázalo se, že téměř všechny přístroje naměřily přesnější hodnoty u mužů. Yamax a Garmin VF3 měřily s tendencí skutečné hodnoty nadhodnocovat, bylo tomu tak u obou pohlaví. Ostatní zkoumané přístroje měřily s tendencí podhodnocovat jak u mužů, tak u žen.

Japonské kritérium ±3 % v průměrném hodnocení splnily u mužů přístroje Yamax, Garmin VF3 a Polar na levé straně. U žen kritériem prošel Yamax a Garmin VF3.

Yamax se ukázal jako velmi přesný u mužů i žen, o čemž vypovídá průměrné procentuální vyjádření odchylky od aktuálních hodnot. Z tabulky 13 vyplývá, že hodnoty odpovídají u mužů velmi vysoké závislosti, blížící se naprosté (funkční) závislosti. U žen korelace odpovídá vysoké závislosti. V obou případech můžeme hovořit o vysoké validitě měření. Hladina statistické významnosti odpovídá hodnotám statisticky významné korelaci.

Polar je jediný zkoumaný přístroj, který ženám naměřil přesnější hodnoty než mužům, konkrétně na levé straně. U obou pohlaví přístroj naměřil výrazně přesnější hodnoty na levé straně. Z tabulky je zřejmé, že Polar na levé straně naměřil ženám vůbec nejpřesnější

výsledky v porovnání s ostatními přístroji. Korelace u obou pohlaví ukazuje vysokou závislost (tabulka 13).

Garmin VF2 se ukázal jako nejméně přesný přístroj, o čemž vypovídají procentuální hodnoty odchylky od absolutních hodnot u mužů i u žen. U mužů byla průměrná odchylka na pravé straně 10,17 %, na levé straně 14,10 %, u žen dokonce 26,64 % a 25,24 %. Všechny tyto hodnoty vypovídají o velmi nepřesném měření. Ačkoliv byly přístroje u mužů přesnější než u žen, výsledek je méně validní, protože u žen je střední závislost korelace, u mužů nízká. Hladina statistické významnosti ukazuje nevýznamný rozdíl (tabulka 13).

Garmin VS naměřil u obou pohlaví velmi málo přesně hodnoty. U mužů byly naměřené hodnoty blíže skutečnému počtu kroků. Na pravé i levé straně byla naměřená podobná odchylka 5,53 % a 5,92 %. U žen 15,33 % na pravé straně a 9,29 % na straně levé. Hodnoty korelace odpovídají střední závislosti.

Garmin VF3 měřil u mužů přesnější hodnoty než u žen. V obou případech se však jedná o velmi přesné hodnoty. U mužů byla na pravé straně naměřená průměrná odchylka 0,27 %, na levé straně 0,83 %. U žen 1,34 % respektive 1,17 %. Hodnoty korelace mužů odpovídají velmi vysoké závislosti, blížící se naprosté (funkční) závislosti. U korelace naměřila vysokou závislost. Hodnoty statistické významnosti odpovídají statisticky významnému rozdílu.

Tabulka 12. Rozdíly ve skutečných a naměřených hodnotách mezi muži a ženami při chůzi

	MUŽI			ŽENY		
Přístroj	M ± SD	Odchylka (kroky)	Odchylka (%)	M ± SD	Odchylka (kroky)	Odchylka (%)
Skutečný počet kroků	**1130,30 ± 63,15**			**1183,00 ± 69,28**		
Yamax P	1134,60 ± 62,15	+4,30	+0,38	1201,00 ± 56,38	+18,00	+1,52
Yamax L	1134,40 ± 61,60	+4,10	+0,36	1203,00 ± 56,57	+20,00	+1,69
Polar P	1084,90 ± 81,10	-45,40	-4,02	1132,50 ± 72,18	-50,50	-4,27
Polar L	1112,80 ± 88,60	-17,50	-1,55	1178,70 ± 83,08	-4,30	-0,36
GVF2 P	1015,30 ± 165,08	-115,00	-10,17	867,90 ± 252,67	-315,10	-26,64
GVF2 L	970,90 ± 196,41	-159,40	-14,10	884,40 ± 260,77	-298,60	-25,24
GVS P	1067,80 ± 133,94	-62,50	-5,53	1001,60 ± 222,60	-181,40	-15,33
GVS L	1063,40 ± 122,70	-66,90	-5,92	1073,10 ± 206,71	-109,90	-9,29
GVF3 P	1133,30 ± 61,92	+3,00	+0,27	1198,80 ± 57,33	+15,80	+1,34
GVF3 L	1139,70 ± 56,55	+9,40	+0,83	1196,80 ± 52,27	+13,80	+1,17

Vysvětlivky: M – průměr, SD – směrodatná odchylka

Tabulka 13. Hodnoty korelačních koeficientů s p hodnotami pro porovnání aktuálního počtu kroků a hodnot naměřených jednotlivými přístroji zvlášť u mužů a žen při chůzi

Porovnávané hodnoty	MUŽI		ŽENY	
	r	p	r	p
Skutečný počet kroků vs.Yamax P	0,993	p < 0,001	0,892	p = 0,001
Skutečný počet kroků vs.Yamax L	0,990	p < 0,001	0,888	p = 0,001
Skutečný počet kroků vs. Polar P	0,791	p = 0,006	0,588	p = 0,074
Skutečný počet kroků vs. Polar L	0,752	p = 0,012	0,725	p = 0,018
Skutečný počet kroků vs. GVF2 P	0,262	p = 0,465	0,500	p = 0,141
Skutečný počet kroků vs. GVF2 L	0,279	p = 0,435	0,477	p = 0,163
Skutečný počet kroků vs. GVS P	0,708	p = 0,022	0,481	p = 0,160
Skutečný počet kroků vs. GVS L	0,515	p = 0,128	0,682	p = 0,030
Skutečný počet kroků vs. GVF3 P	0,994	p < 0,001	0,896	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF3 L	0,957	p < 0,001	0,736	p = 0,015

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, p – hladina statistické významnosti

Tabulka 14 ukazuje rozdíly ve skutečných a naměřených hodnotách mezi muži a ženami při běhu. Ženy průměrně vykonaly větší počet kroků než muži. Příčinou je delší délka kroků u mužů. Ukázalo se, stejně jako při chůzi, že také při běhu náramky měří přesněji pro mužskou část souboru. Pouze ve dvou případech byly ženám naměřeny přesnější hodnoty, jedná se o

Garmin VS a Garmin VF3 na pravé straně. V tomto případě všechny přístroje skutečné hodnoty nadhodnocovaly. Pouze Polar měřil s tendencí podhodnocovat.

Japonské kritérium ±3 % v průměrném hodnocení u mužů splnil Yamax, Polar, Garmin VF 2 na pravé straně a Garmin VS a Garmin VF3 na straně levé. U žen dané kritérium splnil pouze Polar. Ačkoliv u mužů byly naměřeny ve všech případech přesnější hodnoty, u žen všechny zjištěné korelace dosahují hodnot velmi vysoké závislosti (vyšší reliabilita) a statisticky významného rozdílu, což vypovídá o vysoce průkazných výsledcích.

Yamax u mužů měřil s odchylkou lehce pod 3 %, tento výsledek značí velkou přesnost měření. U žen se odchylka pohybovala lehce nad 5 %. V obou případech r dosahuje hodnot velmi vysoké závislosti a p značí významný rozdíl.

Polar měřil s velmi malou odchylkou u mužů (1,22 % a 1,19 %) i u žen (2,34 %, 2,74 %) a stal se tak při běhu nejpřesnějším přístrojem u obou pohlaví. U žen byla navíc naměřená velmi vysoká korelace a p odpovídá významnému rozdílu, což poukazuje na velmi průkazné výsledky. U mužů byla naměřená vysoká závislost.

Garmin VS naměřil mužům průměrnou odchylku 4,85 % na pravé straně a 1,98 % na levé straně. U žen se odchylka pohybovala těsně pod 4 % na obou stranách. Zde došlo k velkému rozdílu v reliabilitě u přístrojů na pravé straně. U žen r = 0,947 což značí velmi vysokou závislost, u mužů korelace dosahuje pouze nízké závislosti (r = 0,305).

Garmin VF3 měřil u mužů s průměrným výsledkem 4,34 % na pravé straně a 2,18 % na levé straně. U žen 3,31 % na pravé straně a 4,84 % na levé straně. Znova se ukázal velký rozptyl ve spolehlivosti měření na pravé straně jako u Garmin VS.

Tabulka 14. Rozdíly ve skutečných a naměřených hodnotách mezi muži a ženami při běhu

	MUŽI			ŽENY		
Přístroj	M ± SD	Odchylka (kroky)	Odchylka (%)	M ± SD	Odchylka (kroky)	Odchylka (%)
Skutečný počet kroků	**723,70 ± 55,41**			**800,30 ± 94,88**		
Yamax P	743,10 ± 45,19	+19,40	+2,68	840,90 ± 83,58	+40,60	+5,07
Yamax L	744,50 ± 46,47	+20,80	+2,87	841,10 ± 83,79	+40,80	+5,10
Polar P	714,90 ± 57,99	-8,80	-1,22	781,60 ± 102,63	-18,70	-2,34
Polar L	715,10 ± 48,46	-8,60	-1,19	822,20 ± 83,18	+21,90	+2,74
GVF2 P	738,10 ± 46,60	+14,40	+1,99	829,40 ± 87,83	+29,10	+3,64
GVF2 L	748,80 ± 52,49	+25,10	+3,47	836,80 ± 79,99	+36,50	+4,56
GVS P	758,50 ± 70,64	+35,10	+4,85	831,00 ± 79,74	+30,70	+3,84
GVS L	738,00 ± 47,86	+14,30	+1,98	831,80 ± 86,93	+31,50	+3,94
GVF3 P	755,10 ± 66,24	+31,40	+4,34	826,80 ± 82,22	+26,50	+3,31
GVF3 L	739,50 ± 47,65	+15,80	+2,18	839,00 ± 79,29	+38,70	+4,84

Tabulka 15. Hodnoty korelačních koeficientů s p hodnotami pro porovnání aktuálního počtu kroků a hodnot naměřených jednotlivými přístroji zvlášť u mužů a žen (běh)

Porovnávané hodnoty	MUŽI		ŽENY	
	r	p	r	p
Skutečný počet kroků vs.Yamax P	0,901	p < 0,001	0,975	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs.Yamax L	0,885	p = 0,001	0,975	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. Polar P	0,774	p < 0,009	0,946	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. Polar L	0,789	p < 0,007	0,938	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF2 P	0,869	p = 0,001	0,966	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF2 L	0,624	p < 0,054	0,979	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVS P	0,305	p = 0,392	0,947	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVS L	0,882	p = 0,001	0,974	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF3 P	0,365	p < 0,299	0,942	p < 0,001
Skutečný počet kroků vs. GVF3 L	0,903	p < 0,001	0,974	p < 0,001

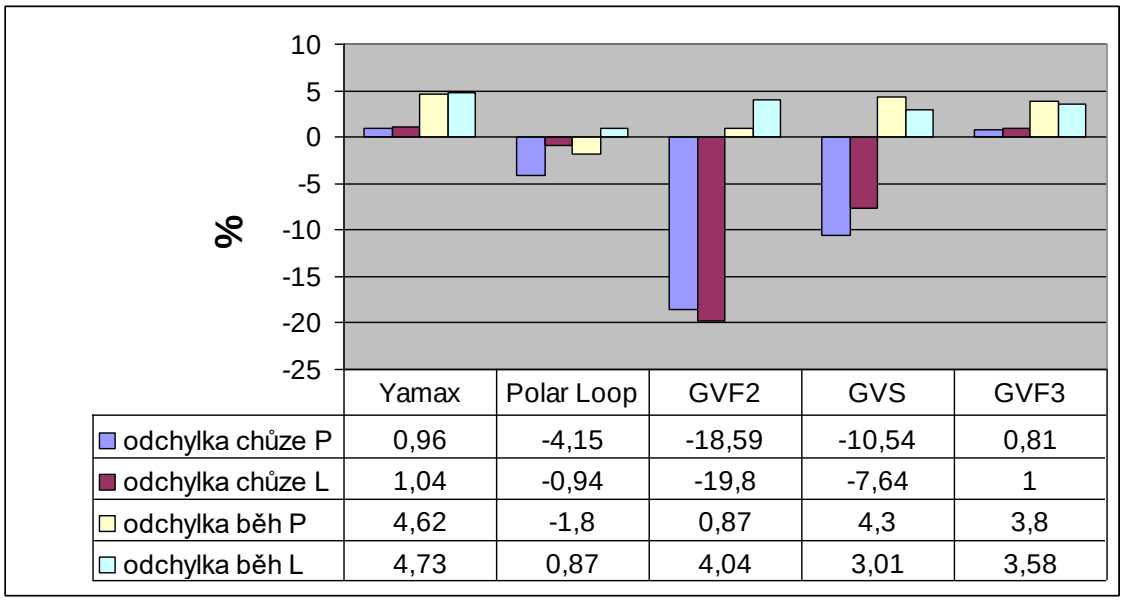
Vysvětlivky: r – korelační koeficient, p – hladina statistické významnosti

5.3 Hodnocení rozdílů mezi pravou a levou stranou

Graf 2 porovnává rozdíly mezi pravou a levou stranou při chůzi a při běhu. Ukázalo se, že při chůzi měřil Yamax, Polar, Garmin VS přesnější hodnoty na levé straně. Garmin VF2 a Garmin VF3 naměřily naopak přesnější hodnoty na pravé straně. Při běhu měřil na levé straně přesněji Polar, Garmin VS a Garmin VF3. Na pravé straně měřil přesnější hodnoty Yamax a Garmin VF2.

Při chůzi měl nejzanedbatelnější rozdíly mezi pravou a levou stranou Yamax (0,08 %). Korelace naměřila hodnoty blížící se naprosté funkční závislosti, což bylo potvrzeno i hodnotami p (tabulka 16). Na druhém místě byl Garmin VF3 s rozdílem 0,19 %. Velmi vysoká závislost a odpovídající hodnota p svědčí o vysoké reliabilitě měření. Garmin VF2 i Garmin VS měřily velmi nepřesné výsledky na obou stranách. Garmin VF2 měřil s rozdílem 1,21 % a Garmin VS 2,9 %. U obou přístrojů byla zjištěna střední závislost a statisticky významná korelace. Největší rozdíl zaznamenal Polar (3,21 %), odchylka na levé straně však splňuje kritérium. Statistická závislost ukazuje vysokou míru s odpovídající hodnotou p.

Při běhu zaznamenal nejmenší rozdíl mezi sledovanými stranami opět Yamax (0,11 %). Korelace naměřila hodnoty blížící se naprosté funkční závislosti, p ukázalo vysoce významnou hodnotu (tabulka 17). Výsledek však ani na jedné straně nesplňuje dané kritérium. Druhý nejmenší rozdíl byl zjištěn u přístroje Garmin VF3 (0,22 %). Korelace naměřila vysokou závislost a hodnota p značí vysokou statistickou významnost. Na třetím místě se umístil Polar s rozdílem 1,07 % mezi pravou a levou stranou. Přístroj umístěný na pravé straně měl tendenci skutečný počet kroků podhodnocovat, na levé straně nadhodnocovat. Korelační koeficient dosáhl hodnoty odpovídající vysoké závislosti ($r = 0,876$) s odpovídající hodnotou p. Hodnoty na obou stranách navíc splnily dané kritérium pro přesnost měření. Garmin VS měřil s rozdílem 1,29 % mezi pravou a levou stranou. Měření na levé straně jen těsně nesplnily kritérium ±3 %. U přístroje Garmin VF2 byla zaznamenána odchylka 3,17 % mezi pravou a levou stranou. Přístroj na pravé straně měřil výrazně přesněji. Korelace u obou přístrojů ukazuje velmi vysokou a vysokou závislost, p odpovídá statisticky významné korelaci.



	Yamax	Polar Loop	GVF2	GVS	GVF3
odchylka chůze P	0,96	-4,15	-18,59	-10,54	0,81
odchylka chůze L	1,04	-0,94	-19,8	-7,64	1
odchylka běh P	4,62	-1,8	0,87	4,3	3,8
odchylka běh L	4,73	0,87	4,04	3,01	3,58

Graf 2. Porovnání pravé/levé strany při chůzi a běhu u celého souboru

Tabulka 16. Hodnoty korelačních koeficientů s p hodnotami pro srovnání naměřeného počtu kroků na pravé (P) a levé (L) straně při chůzi u celého souboru

Porovnávané hodnoty	r	p
P vs. L Yamax	0,998	p < 0,001
P vs. L Polar	0,712	p < 0,001
P vs. L GVF2	0,623	p = 0,003
P vs. L GVS	0,651	p = 0,002
P vs. L GVF3	0,907	p < 0,001

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, p – hladina statistické významnosti

Tabulka 17. Hodnoty korelačních koeficientů s p hodnotami pro srovnání naměřeného počtu kroků na pravé a levé straně při běhu u celého souboru

Porovnávané hodnoty	r	p
P vs. L Yamax	0,999	p < 0,001
P vs. L Polar	0,876	p < 0,001
P vs. L GVF2	0,968	p < 0,001
P vs. L GVS	0,853	p < 0,001
P vs. L GVF3	0,867	p < 0,001

Vysvětlivky: r – korelační koeficient, p – hladina statistické významnosti

6 DISKUZE

Ověřování přesnosti měření počtu kroků u nejrůznějších přístrojů je stále častějším tématem mnoha studií. Studie zaměřené výhradně na krokoměry a akcelerometry nyní částečně vystřídaly studie ověřující populární fitness náramky. Studií ověřující přesnost měření je však stále nedostatek.

Záměrem této studie bylo ověřit přesnost měření počtu kroků u vybraných fitness náramků. Studie byla provedena v kontrolovaných podmínkách na 400m atletickém ovále. Z výsledků vyplývá, že přístroje Garmin VivoFit 2 a Garmin VivoSmart nejsou spolehlivým přístrojem pro měření počtu kroků při chůzi. Validita přístrojů Polar Loop 2 a Garmin VivoFit 3 byla při chůzi přijatelná. V běhu naměřil nejpřesnější výsledky Polar Loop 2. Přístroje značky Garmin měřily ve většině případů s odchylkou lehce nad 3 %. Nejpřesnějším přístrojem je Polar Loop 2.

Fokkema, Kooiman, Krijnen, Van Der Schans a De Groot (2017) provedli laboratorní studii, ve které zkoumali vliv rychlosti chůze na validitu a reliabilitu deseti fitness náramků. Ačkoliv tvrdí, že náramky měří mnohem přesnější údaje při střední (4,8 km/h) nebo rychlé chůzi (6,4 km/h), Polar Loop měřil při pomalé chůzi s odchylkou 26,4 %, při střední rychlosti s odchylkou 3,0 %, při rychlé chůzi byla odchylka 3,6 %. V porovnání s naší studí, kde Polar Loop 2 měřil vůbec nejpřesnější výsledky při běhu (pravá strana -1,80 %, levá -0,87 %) se potvrzuje, že tento fitness náramek byl vytvořen zejména pro sportovní aktivity, nikoliv pro aktivity vykonávané pomalou chůzí. Nejlépe v tomto měření dopadly hodinky Apple Watch s odchylkou 0 % u střední rychlosti chůze a 0,5 % u rychlé chůze. Matera (2016) ve své laboratorní studii zjistil, že Garmin VivoSmart a Garmin VivoFit měří přesnější hodnoty při pomalých rychlostech chůze. V kontrolovaných podmínkách oba tyto přístroje zaznamenávaly výrazně přesnější hodnoty při běhu. An, Jones, Kang, Welk a Lee (2017) porovnávali přesnost měření fitness náramků během tři různých testování. Garmin VivoFit 2 se v celkovém hodnocení řadil k méně přesným přístrojům. Dále uvádějí značnou variabilitu v přesnosti měření mezi jednotlivými přístroji a závislost rychlosti lokomoce a podmínek na validitě výsledků. Tyto výsledky se shodují s výsledky naší studie.

Na základě získaných dat bylo možné též vypočítat průměrnou délku kroku u zkoumaného souboru. Frömel, Novosad a Svozil (1999) uvádějí, že délka kroku dospělého člověka by při skupinových výzkumech měla být v přístrojích nastavena na 70 cm. Z naší studie vyplynulo, že průměrná délka kroku v daném souboru činila 86,5 cm při chůzi (muži 88,5 cm, ženy 84,5

cm). Šlo však o kontrolované podmínky, je tedy možné, že při habituální pohybové aktivitě by průměrná délka kroku byla kratší. Při běhu byla průměrná délka kroku v našem souboru 131,2 cm. Rozdíl v délce kroku byl mezi pohlavími výraznější než při chůzi (muži 138,2 cm, ženy 125,5 cm).

V této studii byly přístroje testovány v kontrolovaných podmínkách. K doplnění celkového pohledu na validitu a reliabilitu ověřovaných přístrojů by mělo být provedeno testování také v podmínkách terénních.

6.1 Limity studie

Při interpretaci výsledků je nutné brát ohled na jejich limity:

- Přesnost měření počtu kroků může být ovlivněná různou biomechanikou chůze a běhu.
- Na funkčnost náramků může mít vliv trajektorie atletického oválu (levé zatáčky).
- Rozdíl v hodnotách mezi pravou a levou stranou může ovlivnit dominantní ruka probandů.

7 ZÁVĚRY

- Na přesnost měření u jednotlivých přístrojů má vliv rychlost lokomoce. V chůzi nejpřesněji měří Yamax a Garmin VF3. V běhu je nejpřesnější Polar, naopak Yamax při běhu zaznamenal nevětší procentuální odchýlení od skutečného počtu kroků. Garmin VF2 a Garmin VS mají tendenci měřit výrazně přesněji v běhu než při chůzi.
- Přístroj Yamax i Garmin VF3 měří s podobně velmi malou odchylkou mezi pravou a levou stranou při chůzi i při běhu. U přístroje Garmin VF2, Garmin VS i Polar jsou odchylky mezi pravou a levou stranou o něco větší (0,93–3,21 %).
- Všechny zkoumané přístroje měří lépe u mužské části souboru. Pouze Polar upevněný na levé straně vykazuje při chůzi lepší výsledky u žen. Nejvýznamnější rozdíly mezi pohlavími zaznamenává přístroj Garmin VF2 a Garmin VS při chůzi. Při běhu neukazují zkoumané přístroje signifikantní rozdíly mezi pohlavími.
- Přístroje Garmin VivoFit 2 a Garmin VivoSmart se jeví jako vhodné spíše pro skupinové použití, zatímco Yamax, Polar Loop 2 a Garmin VivoFit 3 jsou vhodné pro individuální použití.
- Pro použití při běžných denních aktivitách, kdy se člověk pohybuje zejména chůzí, se jako nejpřesnější přístroj jeví Garmi VivoFit 3, druhý nejpřesnější přístroj je Yamax, třetí nejpřesnější přístroj v tomto ohledu je Polar připevněný na levé ruce. Velmi málo přesný je Garmin VivoSmart a nejméně přesný, téměř nepoužitelný je Garmin VivoFit 2.
- Jako vůbec nejpřesnější přístroj se jeví Polar upevněný na levé straně.

8 SOUHRN

Hlavním cílem diplomové práce bylo provést standardizační studii o validitě a reliabilitě přístrojů Garmin VivoFit 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart a Polar Loop 2 v kontrolovaných podmínkách při chůzi a běhu. Sledovány byly odchylky od skutečného počtu kroků, odchylky v naměřených datech u různých přístrojů a odchylky v naměřených datech u stejných přístrojů na pravé a levé straně. Validita přístroje byla určena na základě kritéria ± 3 %.

Ověřovací studie se zúčastnilo 20 probandů (10 mužů a 10 žen). Každý proband dvakrát překonal předepsaným tempem (chůzí a během) vzdálenost jednoho kilometru na 400 m atletickém ovále s umělým povrchem. Tempo pro chodecký úsek bylo stanoveno na 5-6 km/h (1 km za 10-12 min), toto tempo odpovídá střední až rychlé chůzi. Pro běžecký úsek 10-12 km/h (1 km za 5-6 min). Každý proband měl na každé horní končetině umístěny čtyři měřicí přístroje.

Z ověřovaných přístrojů prokázaly vysokou přesnost při chůzi Garmin VivoFit 3 a Polar Loop 2 upevněný na levé straně. Při běhu splnil stanovené rozmezí přijatelné chyby měření pouze přístroj Polar Loop 2 a Garmin VivoFit 2 na pravé straně. Všechny zbývající přístroje značky Garmin měřily s podobnou odchylkou (3 % - 4 %). Z tohoto výsledků tedy vyplývá, že příliš nezáleží na tom, který přístroj Garmin v běhu použijeme. Rozdíly mezi pravou a levou stranou jsou minimální. Všechny zkoumané přístroje měří lépe u mužské populace. Pouze Polar upevněný na levé straně vykazuje při chůzi lepší výsledky u žen. Přístroje Garmin VivoFit 2 a Garmin VivoSmart měřily s výraznou odchylkou při srovnání běhu a chůze. Z tohoto výsledku se dá vyvodit, že tyto přístroje jsou vhodnější spíše pro skupinové monitorování, kdy se dá předpokládat částečné vzájemné vyrušení nadhodnocených a podhodnocených dat.

9 SUMMARY

The main aim of the thesis was to realize standardization study about validity and reliability of the devices, Garmin VivoFit 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart and Polar Loop 2 in controlled conditions while walking and running. We observed following indicators - deviations from the actual number of steps as well as deviations in measured data for different devices and deviations in measured data for the same devices worn on the right and left side. The validity of devices was determined on the basis of the criterion ± 3 %.

The sample of verification study consisted of 20 volunteers (10 men and 10 women). All volunteers covered twice a distance of 1 kilometer at the prescribed pace (walking and running) on the hard surface of 400 meter long athletic oval. Pace for walking stage was prescribed on 5-6 km/h (1 km in 10-12 min), this pace corresponds with medium or fast walking. For running stage, the prescribed pace was 10-12 km/h (1 km in 5-6 min). All volunteers had four measuring devices on each upper limb.

From the verified devices showed the high accuracy while walking, Garmin VivoFit 3 and Polar Loop 2 worn on the left side. While running determined range of acceptable measurement error was achieved only by Polar Loop 2 and Garmin VivoFit 2 on the right side. The other examined Garmin devices measured with a similar deviation (3 % - 4 %).
This result shows that it does not really matter which Garmin device we use while running. The differences between right and left side are minimal. All examined devices provide more accurate data for men, only Polar Loop 2 worn on the left side shows better results for women. Garmin VivoFit 2 and Garmin VivoSmart measured with high deviation when comparing walking and running. From these results we can infer that these devices are more suitable for group monitoring where can be expected partial interference of overvalued and undervalued data.

10 REFEREČNÍ SEZNAM

ActiGraph (2017). *Activity monitors*. Retrieved 2. 3. 2017 from the World Wide Web: http://actigraphcorp.com/support/activity-monitors/gt3xplus/

An, H., Jones, G. C., Kang, S., Welk, G. J., & Lee, J. (2017). How valid are wearable physical activity trackers for measuring steps? *European Journal Of Sport Science, 17*(3), 360–368.

Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2006). The physical activity patterns of European youth with reference to methods of assessment. *Sports Medicine, 36*(12), 1067–1086.

Blahuš, P., & Měkota, K. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově* (1st ed.). Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

Bunc, V. (2009). Problémy a možnosti monitorování pohybových aktivit. In V. Mužík, & V. Süss (Eds.), *Tělesná výchova a sport mládeže v 21. století* (pp. 17–26). Brno: Masarykova univerzita.

Cadmus-Bertram, L. (2017). Using fitness trackers in clinical research: What nurse practitioners need to know. *The Journal For Nurse Practitioners, 13*, 34-40.

Cooper, P. G. (2016). *Pedometer*. Hackensack, NJ: Salem Press.

Dancinger, Š. (2016). *FitBit stále vede žebříček prodejů chytrých hodinek.* Retrieved 2. 3. 2017 from the World Wide Web: http://dotekomanie.cz/2016/12/fitbit-stale-vede-zebricek-prodeju-chytrych-naramku/

Dobrý, L., Čechovská, I., Kračmar, B., & Psotta, R. (2009). *Tělesná výchova a sport mládeže v 21. století.* Brno: Masarykova univerzita.

Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B, Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J, Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.

Duffy, J. (2016). Make the most of your fitness tracker. *PC Magazine*, 126–130.

Fokkema, T., Kooiman, T. M., Krijnen, W. P., Van Der Schans, C. P., & De Groot, M. (2017). Reliability and validity of ten consumer activity trackers depend on walking speed. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 49*(4), 793–800.

Frömel, K., Novosad, J., & Svozil, Z. (1999). *Pohybová aktivita a sportovní zájmy mládeže.* Olomouc: Univerzita Palackého.

Garmin. (2016). *VivoFit® 3*. Retrieved 1. 3. 2016 from the World Wide Web: https://buy.garmin.com/en-US/US/prod539963.html

Garmin (2016). *VivoSmart® HR*. Retrieved 1. 3. 2016 from the World Wide Web: https://buy.garmin.com/en-US/US/into-sports/health-fitness/VivoSmart-hr/prod531166.html#gallery-dialog

Hatano, Y. (1993). Use of the pedometer for promoting daily walking exercise. *International Council for Health, Physical Education, and Recreation, 29*, 4–8.

Hůlka, K., Bělka, J., & Weisser, R. (2015). *Analýza herního výkonu ve vybraných sportovních hrách.* Olomouc: Univerzita Palackého.

Jansa, P., Dovalil, J., Čáslavová, E., Keller, J., Kocourek, J., Kašpar, L., Pavlů, D., Perič, T., Potměšil, J., & Tomešová, E. (2007). *Sportovní příprava*. Příbram: Q-art.

Janssen. I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 7,* 1–16.

Karapanos, E., Gouveia, R., Hassenzahl, M., & Forlizzi, J. (2016). Wellbeing in the making: Peoples´ experiences with wearable activity trackers. *Psychology of Well-Being, Theory, Research & Practice, 6*(1), 1–17.

Kirtley, C. (2006*). Clinical gait analysis*. Washington, DC: Elsevier.

Kokkinos, P., Giannelou, A., Manolis, A., & Pittaras, A. (2009). Physical activity in the prevention and management of high blood pressure. *Hellenic Journal of Cardiology, 50*(1), 52–59.

Kopřivová, J., Sekot, A., Štaud, A., & Žecová Z. (2013). *Výzkum v sociologii sportu I.* Retrieved 6. 12. 2016 from the World Wide Web: https://publi.cz/books/63/Cover.html.

Matera, M. (2016). *Validita a reliabilita fitness náramků pro měření počtu kroků v laboratorních podmínkách*. Diplomová práce, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci.

Měkota, K., Kovář, R., & Štěpnička, J. (1989). *Antropomotorika II.* Olomouc: Univerzita Palackého.

Minarovjech, V. (1988). *Pohybom k atívnemu zdraviu.* Bratislava: Šport.

Mužík, V., & Vlček, P. et al. (2010). *Škola, pohyb a zdraví: výzkumné výsledky a projekty.* Brno: Masarykova univerzita.

Ng, M. et al. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet, 384*, 766–781.

Nield, D. (2016). *How it works: We explain how your fitness tracker measures your daily steps.* Retrieved 14. 1. 2017 from the World Wide Web: https://www.wareable.com/fitness-trackers/how-your-fitness-tracker-works-1449

Norton, K., Norton, L., & Sadgrove, D. (2010). Review: Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of Science and Medicine in Sport, 13*(5), 496–502.

Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink* (1st ed.). Praha: Grada.

Perry, J., & Burnfield, J. M. (c2010). *Gait analysis: normal and pathological function* (2nd ed.). Thorofare, N.J.: SLACK.

Pokyny EU pro pohybovou aktivitu. (2008). *Doporučená politická opatření na podporu zdraví upevňujících pohybových aktivit.* Retrieved 6. 12. 2016 from the World Wide Web: http://www.msmt.cz/sport/pokyny-eu-pro-pohybovou-aktivitu.

Prukner, V., & Machová, I. (2011). *Didaktika školní atletiky*. Olomouc: Univerzita Palackého.

Rudwill, F., Bergouignan, A., Gastebois, C., Gauquelin-Koch, G., Lefai, E., Blanc, S., & Simon, C. (2015). Effect of enforced physical inactivity induced by 60-day of bed rest on hepatic markers of NAFLD in healthy normal-weight women. *Liver International, 35*(6), 1700–1706.

Sekot, A. (2015). *Pohybové aktivity pohledem sociologie*. Brno: Masarykova univerzita.

Sigmund, E., (2012). *Vybrané metodologické aspekty etiky výzkumu.* Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.

Sigmundová, D., Sigmund, E., & Šnoblová, R. (2010). *Návrh doporučení k provádění pohybové aktivity pro podporu pohybově aktivního a zdravého životního stylu českých dětí.* Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.

Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2001). *Research methods in physical activity* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Thorup, C. B., Grønkjær, M., Spindler, H., Andreasen, J. J., Hansen, J., Dinesen, B. I., Nielsen, G., & Sørensen, E. E. (2016). Pedometer use and self-determined motivation for walking in a cardiac telerehabilitation program: A qualitative study. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation, 8:24.*

Tudor-Locke, C., & Bassett, Jr., D. R. (2004). How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Medicine, 34*(1), 1–8.

Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Aoagi, Y., Bell, R. C., Croteau, K. A., De Bourdeaudhuij, I., & Blair, S. N. (2011). How many steps/day are enough? For older adults and special populations. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 8,* 1–18.

Tudor-Locke, C., Pangrazi, R. P., Corbin, C. B., Rutherford, W. J., Vincent, S. D., Raustorp, A., & Cuddihy, T. F. (2004). BMI-referenced standards for recommended pedometer-determined steps/day in children. *Preventive Medicine, 38*(6), 857–864.

Tvrzník, A., Soumar, L., & Škorpil, M. (2006). *Běhání: od joggingu po maraton.* Praha: Grada.

UKK Institute (2015). *Physical activity pie.* Retrieved 22. 1. 2017 from the World Wide Web: http://www.ukkinstituutti.fi/en/products/physical_activity_pie.

Varum, H., & André, S. B. (2011). *Accelerometers : Principles, structure and applications*. Hauppauge, NY: Nova Science.

Vařeková, J., & Daďová, K. (2014). Pohybová aktivita a kognitivní funkce. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca, 23*(4), 210–215.

Warren, J., Ekelund, U., Besson, H., Mezzani, A., Geladas, N., & Vanhees, L. (2010). Assessment of physical activity – a review of methodologies with reference to epidemiological research: A report of the exercise physiology section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, *17*(2), 127–139.

Whittle, M. W. (2007). *Gait analysis: An introduction*. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann.

WHO (2016). *Physical activity.* Retrieved 18. 2. 2017 from the World Wide Web: http://www.who.int/topics/physical_activity/en/

Wellocracy (2013). *The method behind the magic: How trackers work.* Retrieved 1. 2. 2017 from the World Wide Web: http://www.wellocracy.com/2013/10/method-behind-magic-trackers-work/

Wienclaw, R. A. (2015). *Validity.* Research Starters: Sociology (Online Edition).