

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

VALIDITA A RELIABILITA FITNESS NÁRAMKŮ PRO MĚŘENÍ POČTŮ KROKŮ  
V LABORATORNÍCH PODMÍNKÁCH

Diplomová práce

Autor: Bc. Martin Matera

Prezenční magisterské studium

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

Olomouc 2016

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Martin Matera  
**Název diplomové práce:** Validita a reliabilita fitness náramků pro měření počtů kroků v laboratorních podmínkách.  
**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii  
**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
**Rok obhajoby práce:** 2016

**Abstrakt:**

Cílem této práce bylo určit validitu fitness náramků Polar Loop 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart v laboratorních podmínkách při chůzi ve třech různých rychlostech (3, 5 a 7 km/h). Sběr dat proběhl u 30 probandů, kteří měli za úkol na běhacím páse nachodit 1000 kroků. Validita byla stanovena porovnáním zaznamenaných dat na různých přístrojích a skutečným počtem kroků zjištěných metodou přímého pozorování. Studie porovnává rozdíly naměřených dat u mužů a žen, rozdíly mezi jednotlivými přístroji, porovnáním dat při testování u různých rychlostí, rozdíly mezi pravou a levou stranou a vyhodnocení nejpřesnějšího přístroje. Testované přístroje zaznamenaly velké rozdíly při měření v závislosti na zvolené rychlosti. Tím se výrazně měnila validita testovaného přístroje. Přístroje Garmin VivoFit 2 a Garmin VivoSmart měří velmi přesně při rychlostech 3 a 5 km/h a při rychlosti 7 km/h zaznamenávají velkou chybu měření. Přístroje mezi sebou zaznamenávají také velké rozdíly v závislosti na změně rychlosti. Rozdíly mezi muži a ženami jsou minimální, také rozdíly mezi pravou a levou stranou jsou malé. Nejpřesnějším a nejspolehlivějším fitness náramkem je Garmin VivoSmart nošený na pravé straně.

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

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name:** Bc. Martin Matera  
**Title of the master thesis:** Validity and reliability fitness wristband for measuring the number of steps in laboratory conditions.  
**Department:** Department of Natural Sciences in Kinantropology  
**Supervisor:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
**The year of presentation:** 2016

**Abstract:**

The aim of this study was to determine the validity of activity tracker Polar Loop 2, Garmin VivoFit 3, Garmin VivoSmart in laboratory conditions while walking three different speeds (3, 5 and 7 kph). Data was collected from the 30 probands who had to do 1000 steps on treadmill. Validity was assessed by comparing data recorded on device and the actual number of steps recorded by direct observation. The study compares the differences measured data for men and women, differences between individual devices, comparing data for testing at different speeds, the differences between the right and left side and the most accurate evaluation fitness tracker. Tested Devices showed large differences in the measurement, depending on the selected speed. This significantly changed the validity on fitness tracker. Garmin VivoFit 2 a Garmin VivoSmart measured very accurately at speeds of 3 and 5 kph and at a speed of 7 kph recorded a large measurement error. Devices also recorded big differences with each other depending on the speed of change. Differences between men and women are minimal, and the differences between right and left are small. The most accurate and reliable fitness tracker is Garmin VivoSmart worn on the right side.

**Keywords:** Physical activity, activity tracker, pedometers, validity

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

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

V Olomouci dne .....

Chtěl bych poděkovat Mgr. Filipu Neulsovi, Ph.D. za pomoc a vstřícnost při konzultacích a cenné rady při vypracování této diplomové práce.

## Obsah

1	ÚVOD .....	8
2	PŘEHLED POZNATKŮ .....	9
2.1	Pohybová aktivita .....	9
2.1.1	Rozdělení pohybové aktivity .....	9
2.1.2	Objem a intenzita pohybové aktivity .....	10
2.1.3	Doporučení pohybové aktivity .....	12
2.2	Biomechanika chůze .....	15
2.2.1	Vertikální oscilace při chůzi .....	16
2.3	Validita a reliabilita .....	16
2.3.1	Monitorování pohybové aktivity .....	18
2.4	Přístroje k záznamu množství pohybové aktivity .....	20
2.4.1	Akcelerometry .....	20
2.4.2	Monitory srdeční frekvence: .....	20
2.4.3	Krokoměry (pedometry) .....	21
2.5	Fitness náramky .....	24
3	CÍLE .....	25
3.1	Hlavní cíl práce .....	25
3.2	Dílčí cíle .....	25
3.3	Výzkumné otázky .....	25
4	METODIKA .....	26
4.1	Charakteristika výzkumu .....	26
4.2	Charakteristika výzkumného souboru .....	27
4.3	Charakteristika měřících přístrojů .....	28
4.3.1	Garmin VivoFit 3 .....	28

4.3.2	Garmin VivoSmart.....	28
4.3.3	Polar Loop 2.....	29
4.4	Charakteristika zpracování dat .....	30
5	VÝSLEDKY .....	32
5.1	Hodnocení přesnosti měřících přístrojů podle rychlosti.....	33
5.2	Hodnocení rozdílů mezi muži a ženami .....	41
5.3	Vyhodnocení nejpresnějšího přístroje .....	43
6	DISKUZE .....	44
7	ZÁVĚRY.....	46
8	SOUHRN.....	47
9	SUMMARY.....	48
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	49
11	ZÁZNÁMNÍ ARCH.....	54

# 1 ÚVOD

Pravidelná pohybová aktivita významně ovlivňuje zdraví osob a snižuje riziko vzniku mnoha onemocnění. Již několik desetiletí se vlády, nevládní agentury a zdravotnické organizace po celém světě zabývají zlepšením zdravotního stavu obyvatelstva a zveřejňují doporučení týkající se pohybové aktivity osob. Tyto směrnice jsou založeny na dlouhodobém epidemiologickém intervenčním výzkumu. Převážná většina těchto institucí doporučuje 10 000 kroků za den. Nové moderní technologie umožňují objektivně sledovat tato doporučení pomocí přístrojů, jako jsou krokoměry, akcelerometry, fitness náramky a mnoho dalších.

Pohybové (fyzické) aktivity, ať běžné, každodenní nebo cílené sportovní, jsou důležité činnosti, které nás udržují v dobré kondici a výrazně ovlivňují naše zdraví. Je prokázáno, že pravidelný přiměřený pohyb snižuje riziko vzniku mnoha onemocnění.

Chytré a drahé sportovní hodinky pro výkonnostní sportovce s GPS a výstupem do počítače se používají delší dobu. Od roku 2014 se dostala na trh tzv. nositelná elektronika, která se anglicky nazývá wearables a spadají pod ní především fitness náramky a chytré hodinky. Nosí se přímo na ruce nebo na opasku a často jsou i vhodným estetickým doplňkem jak pro muže, tak pro ženy. Cílem náramků je motivovat lidi k pohybu.

Zájem o krokoměry každým rokem roste. Vypovídá o tom množství studií vyhledávaných na Google Scholar a zahrnující většinu recenzovaných on-line časopisů v Evropě, největších amerických vědeckých vydavatelů a vědeckých knih. Do roku 1990 se krokoměry zabývalo 1 340 článků, do roku 2005 jich bylo 5 630 a do srpna roku 2016 bylo vydáno přes 32 600 studií, zabývajících se krokoměry.

Pro epidemiologické výzkumy jsou validační studie velmi důležité, zvláště pro ty, kteří chtějí co nejpřesněji znát počty provedených kroků. V této studii budu zkoumat validitu a reliabilitu fitness náramků Polar Loop 2, Garmin VivoFit, Garmin VivoSmart a krokoměr Yamax SW 700. Pro kontrolu bude počet kroků zaznamenáván metodou přímého pozorování.



## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Pohybová aktivita

WHO (2016), Andersen et al., (2008), definují pohybovou aktivitu jako jakýkoli tělesný pohyb produkovaný kosterními svaly, které vyžadují energetický výdej.

Nedostatek pohybové aktivity (inaktivita) je stav člověka s minimálním tělesným pohybem. Takový jedinec má velmi nízký objem běžných denních aktivit nebo jiných pohybových aktivit (Hendl & Dobrý, 2011). Inaktivita je čtvrtý nejčastější rizikový faktor úmrtnosti. Pravidelná pohybová aktivita, jako je chůze, jízda na kole nebo jiný druh sportovní činnosti, má významný přínos pro zdraví. Například může snížit riziko kardiovaskulárních problémů, cukrovky, rakoviny tlustého střeva a prsu, deprese (WHO, 2016). Pravidelná pohybová aktivita snižuje riziko osteoporózy. Zvláště pak období puberty je dostatek pohybu nejvhodnější pro získání dostatečné hustoty kostních minerálů (Bass, 2000).

Snížování pohybové aktivity je způsobeno snížením pohybových nároků každodenního života. Mezi tyto činnosti patří sedavé zaměstnání, trávení volného času bez pohybové aktivity, používání motorových vozidel, městská hromadná doprava, eskalátory, výtahy, (Máček, Radvanský, 2011).

#### 2.1.1 Rozdělení pohybové aktivity

Dobrý, Čechovská, Kračmar & Psotta (2009) rozdělují pohybovou aktivitu na běžné denní aktivity, nestrukturované (habituální). Zahrnují do nich domácí práce, práce na zahradě, chůzi do zaměstnání, chůzi po obchodech, do schodů atp. Takové aktivity nepotřebují žádná speciální vybavení, žádný speciální prostor. Dovedností strukturovaná pohybová aktivita je charakteristická konkrétním účelem. Lze ji vyjádřit frekvencí, intenzitou, trváním a druhem pohybové aktivity. Mezi tyto činnosti patří převážně sport, cvičení, procházky a výlety na kole, které člověk provádí za účelem zlepšování nebo udržování své fyzické zdatnosti.

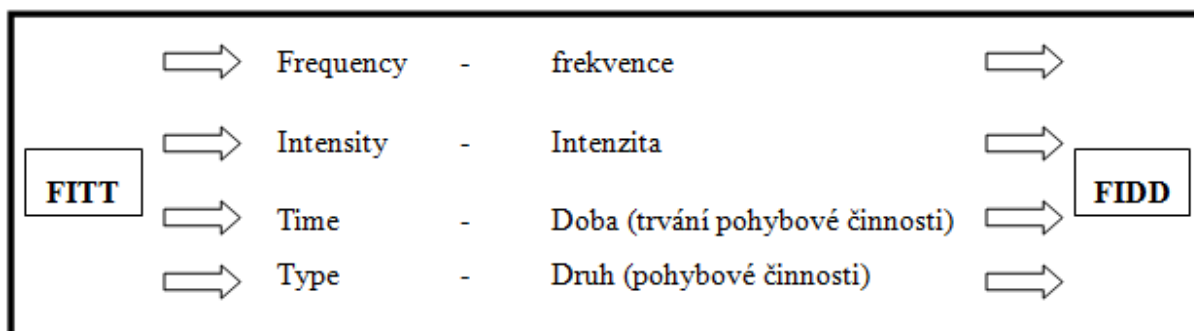
Frömel, Novosad & Svozil (1999) rozdělují pohybovou aktivitu na organizovanou a neorganizovanou. Organizovaná je charakteristická vedením cvičitele, učitele, nebo trenéra. Neorganizovaná pohybová aktivita je vedena volně, bez pedagogického dohledu nebo vedení.

Pohybová aktivita u dětí znamená školní a mimoškolní činnosti, určené školním režimem nebo zásahem rodičů. Hendl & Dobrý (2011) definovali pojem pohybová aktivnost. Je souhrnem všech bazálních a zdraví podporujících, sportovních a jiných pohybových aktivit

za určitou časovou jednotku, např. měsíc, pracovní (školní) týden, doba pobytu ve škole. Zahrnuje mnoho druhů pohybové aktivity jako je chůze, běh, cyklistika, práce (doma, na zahradě). Pravidelná pohybová aktivita je považována za jeden z nejdůležitějších faktorů pro podporu zdraví jedince (Hendl, Dobrý, 2011).

## 2.1.2 Objem a intenzita pohybové aktivity

V nynější době existují stovky doporučení pro míru pohybové aktivity, nejvýznamnější světová doporučení jsou uvedena v tabulce 1, viz kapitola „2.1.3 Doporučení pohybové aktivity“. Toto doporučení se vyjadřuje v tzv. FITT charakteristice, viz obrázek 1 (F = frequency, I = Intensity, T = Time, T = Type), do češtiny přeloženo FIDD tedy (F = frekvence, I = intenzita, D = doba trvání, D = druh pohybové aktivity (Frömel, Novosad & Svozil, 1999).



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

Objem zatížení je ukazatelem kvantity, která vypovídá o množství tréninkové činnosti. Je dána dobou cvičení nebo jiné pohybové aktivity. Objem pohybové aktivity lze vyjádřit pomocí obecných a specifických ukazatelů:

- Obecné – pomocí doby pohybové aktivity (délka tréninkové jednotky, doba práce na zahradě)
- Speciální – reflektuje množství pohybové aktivity (počet absolvovaných kilometrů při jízdě na kole).

Tyto ukazatele dávají informace pouze o množství hodin provádějící pohybovou aktivitu nebo počtu kilometrů, kolik člověk zdolá. Neukazuje nic o tom, jaké úsilí bylo

použito na danou pohybovou aktivitu. To znamená, jak rychle se běželo, jaké závaží bylo použito. Tyto informace poskytuje intenzita zatížení.

Intenzita zatížení je charakteristická velikostí úsilí, se kterým se daný člověk potýká. Vynakládané úsilí je různého typu, od nízké úrovně až po maximální úsilí. Tabulka 1 ukazuje některé příklady nízké a vysoké intenzity (Perič & Dovalil, 2010).

Intenzita zatížení se měří ve (W/kg), výkon ve wattech na 1 kg hmotnosti, zatížením kardiovaskulárního systému, nejčastěji se používá srdeční frekvence a spotřeba kyslíku. Intenzita zatížení se také udává v MET (násobky bazálního metabolismu).

Tabulka 1. Rozdělení kategorií pro nízkou a vysokou intenzitu pohybové aktivity (WHO, 2016)

<b>Mírná intenzita pohybové aktivity (přibližně 3 – 6 MET)</b>	<b>Střední a vysoká intenzita pohybové aktivity (přibližně &lt; 6 MET)</b>
Vyžaduje mírné úsilí, výrazně urychluje srdeční tep	Vyžaduje velké množství úsilí, způsobuje zrychlené dýchání a podstatně zvyšuje tepovou frekvenci
Příklady mírné intenzity cvičení:	Příklady střední a vysoké intenzity cvičení:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Svižná chůze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Běh</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanec</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Svižná chůze do kopce</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Práce na zahradě</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlá jízda na kole</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domácí práce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerobik</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivní zapojování do her a sportů s dětmi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlé plavání</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procházky se zvířetem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sportovní hry (fotbal, volejbal, hokej, basketbal)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stavební práce (pokryvačství, malování)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kopání příkopu</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nošení nebo přemisťování zátěže &lt; 20 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nošení nebo přemisťování zátěže &lt; 20 kg</li> </ul>

### 2.1.3 Doporučení pohybové aktivity

Po celém světě vládní a nevládní agentury vydávají pokyny týkající se pohybové aktivity. Doporučují množství pohybové aktivity obvykle vyjádřené v parametrech frekvence, trvání a intenzita (Tudor-Locke et al., 2011). Tabulka 2 ukazuje doporučené pohybové aktivity od vybraných vládních úřadů, agentur nebo profesionálních organizací.

Tabulka 2. Doporučený počet kroků světových vlád, agentur, profesionálních organizací. (Tudor-Locke et al., 2011)

<b>Vlády/agentury/profesionální organizace z celého světa, doporučující počet kroků</b>	
<b>Vlády/agentury/profesionální organizace</b>	<b>Doporučený počet kroků za den</b>
America on the Move	Doporučuje denně 2000 kroků navíc a jíst o 100 méně kcal. každý den k zastavení přibývání na váze ( <a href="http://aom3.americaonthemove.org/">http://aom3.americaonthemove.org/</a> )
Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan	Doporučuje denně 8000–10 000 kroků, které odpovídají přibližně 60 minut při intenzitě 3 MET
National Heart Association of Australia	Vydalo brožuru v roce 2009, Making every step count. Doporučené množství pro zdravého smělého člověka je 10 000 kroků. ( <a href="http://www.heartfoundation.org.au">http://www.heartfoundation.org.au</a> )
National Obesity Forum (U.K)	Označuje, že 3000–6000 kroků za den je sedavý způsob života, 7000–10 000 kroků za den je střední aktivita, více než 11 000 velmi aktivní způsob života. ( <a href="http://www.nationalobesityforum.org.uk/healthcare-professionalsmainmenu-155/treatment-mainmenu-169/192-useful-tools-and-agencies.html">http://www.nationalobesityforum.org.uk/healthcare-professionalsmainmenu-155/treatment-mainmenu-169/192-useful-tools-and-agencies.html</a> )
Northern Ireland's Public Health Agency	Prosazuje 30 minut chůze denně nebo 3000 kroku denně navíc ( <a href="http://www.getalifegetactive.com/adults/walking/walking">http://www.getalifegetactive.com/adults/walking/walking</a> )
Queensland Health (Australia)	Doporučují 10 000 kroků. Důraz kladen na zvýšení pohybové denní aktivity Australanů. ( <a href="http://www.10000steps.org.au/">http://www.10000steps.org.au/</a> )
U.S. President's Challenge Physical Activity and Fitness Awards Program	Doporučuje, 8500 kroků za den pro dospělé, a 13 000 kroků za den pro chlapce, 11 000 kroků za den pro dívky. ( <a href="http://www.presidentschallenge.org/challenge/active/index.shtml">www.presidentschallenge.org/challenge/active/index.shtml</a> )

Vývoj objektivního sledování pohybové aktivity použitím různých měřicích přístrojů (krokoměry, akcelerometry), ukazuje tabulka 3. V tabulce lze vidět, že doporučený denní počet 10 000 kroků celosvětově udělá méně než 1/3 obyvatelstva. Nejvíce procent doporučené denní pohybové aktivity zvládají studenti z USA, Australané a Angličané, nejméně pak dospělá populace v USA a Japonci.

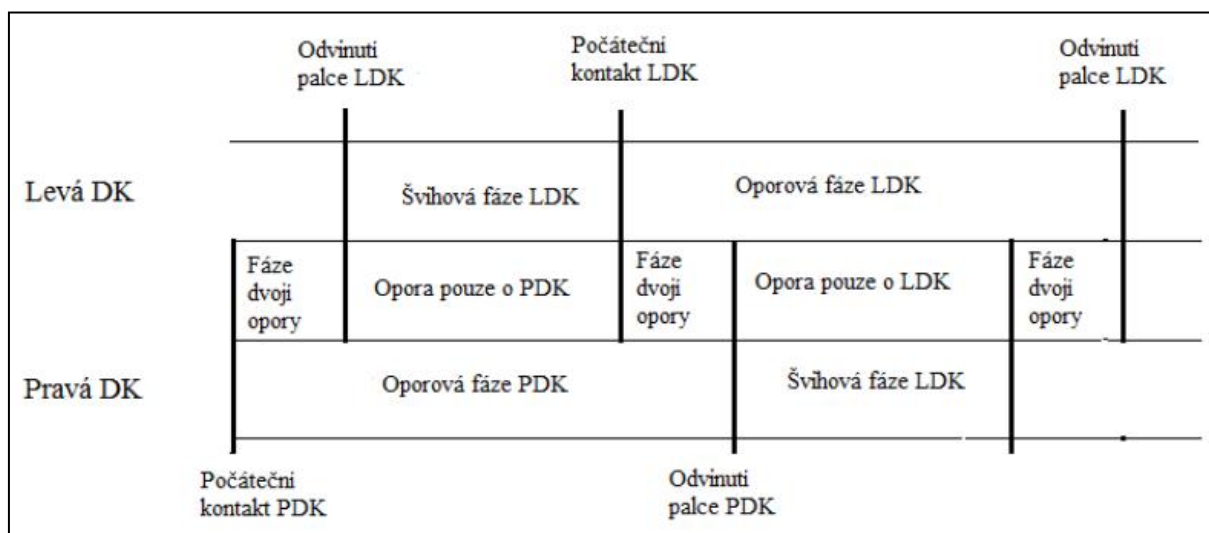
Tabulka 3. Výsledky studií o pohybové aktivitě

<b>Autor</b>	<b>Charakteristika souboru</b>	<b>Zařízení</b>	<b>Doba sledování</b>	<b>Počet kroků</b>
Tudor-Locke et al., 2004	76 mužů, 133 žen, Jižní Karolína USA	Yamax SW-200	7 dní	44 % < 5000 19,6 % – 5000–9999 13,9 % ≥ 10 000
Miller et al., 2004	74 mužů, 111 žen, Austrálie	Yamax SW 700	7 dní	Muži: 24,4 % ≥ 10 000 Ženy: 34,2 % ≥ 10 000
Behrens et al., 2005	18 mužů, 18 žen Studenti USA	Yamax SW-200	7 dní	80 % ≥ 10 000
Wyatt et al., 2005	334 mužů, 386 žen, Colorado USA	Yamax SW-200	4 dny	33 % < 5000 51 % – 5000–9999 16 % ≥ 10 000
Behrens et al., 2005	204 mužů, 237 žen, Studenti USA	Acigraph 7164	7 dní	Celkem: 67,35 % ≥ 10 000 Muži: 69,6 % ≥ 10 000 Ženy: 65,4 % ≥ 10 000
Hornbuckle et al., 2005	69 žen Afroameričanky	Yamax SW-200	7 dní	38 % < 5000 46 % – 5000–9999 16 % ≥ 10 000
Benett et al., 2006	153 mužů, 280 žen, USA	Yamax SW-200	5 dní	56 % < 5000 8 % – 5000–6999 24 % 7000–10 000
McCormack et al., 2006	205 mužů, 223 žen, Austrálie	Yamax SW 700	7 dní	Muži: 50,2 % ≥ 10 000 Ženy: 40,8% ≥ 10 000
De Cocker et al., 2007	598 mužů, 624 žen, Belgie	Yamax SW-200	7 dní	12,9 % < 5000 45,8 % – 5000–9999 41,6 % ≥ 10 000

Mitusi et al., 2008	62 mužů, 117 žen Japonsko	Yamasa EM- 180	7 dní	Muži: 30,6 % < 5,000 43,5 % – 5000–9999 25,8 % ≥ 10 000 Ženy: 28,2 % < 5000 59,8 % – 5000–9999 12,0 % ≥ 10 000
Payn et al., 2008	25 mužů, 60 žen, USA	Yamax SW-200	7 dní	29,4 % < 5000 43,5 % – 5000–9999 27,1 % ≥ 10 000
McKercher et al., 2009	766 mužů, 869 žen, Austrálie	Yamax SW-200	7 dní	Muži: 8,2 % < 5000 57,3 % – 5000–9999 34,5 % ≥ 10 000 Ženy: 6,7 % < 5000 52,7 % – 5000–9999 31,7 % ≥ 10 000
Schmidt et al., 2009	887 mužů, 906 žen, Austrálie	Yamax SW-200	7 dní	Muži: 7,8 % 0–4999 55,1 % – 5000–9999 37,1 % ≥ 10 000 Ženy: 6,2 % < 5000 61,1 % – 5000–9999 33,7 % ≥ 10 000
Tudor-Locke et al., 2011	1781 mužů, 1963 žen, USA	ActiGraph AM-7164	7 dní	Muži: 34,7 % < 5000 43,6 % – 5000–9999 21,7 % ≥ 10,000 Ženy: 34,7 % < 5000 43,5 % – 5000–9999 21,8 % ≥ 10 000
Clemes et al., 2011	44 mužů, 52 žen, UK	Yamax SW-200	28 dní léto 28 dní zima	Normální hmotnost: Léto: 60 % ≥ 10 000 Zima 35 % ≥ 10 000 Nadváha: Léto 43 % ≥ 10 000 Zima 35 % ≥ 10 000

## 2.2 Biomechanika chůze

Při popisování chůze se rozlišuje krok a dvojkrok. Za krok se považuje pohyb, začínající kontaktem paty s podložkou a končí opět kontaktem paty s podložkou souhlasné dolní končetiny. Vykonáním dvou po sobě jdoucích kroků kontralaterálními dolními končetinami se vykoná dvojkrok neboli chodecký cyklus. Jeden krok je rozdělen do dvou fází, viz obrázek 2. Fáze oporová tvoří 60 % cyklu. Začíná kontaktem paty s podložkou a končí zdvižením palce souhlasné dolní končetiny od podložky. Švihová fáze zaujímá 40 % cyklu, začíná zdvižením palce od podložky a končí prvním kontaktem paty s podložkou souhlasné dolní končetiny. Oporová fáze každé končetiny tvoří 60 % času jednoho kroku, takže pro jeden chodecký cyklus tvoří oporová fáze 120 % času. Z toho vyplývá, že 20 % času tvoří fáze dvoji opory, tzn., jsou obě dolní končetiny na podložce (Kirtley, 2006).



Vysvětlivky: DK – dolní končetina

PDK – pravá dolní končetina

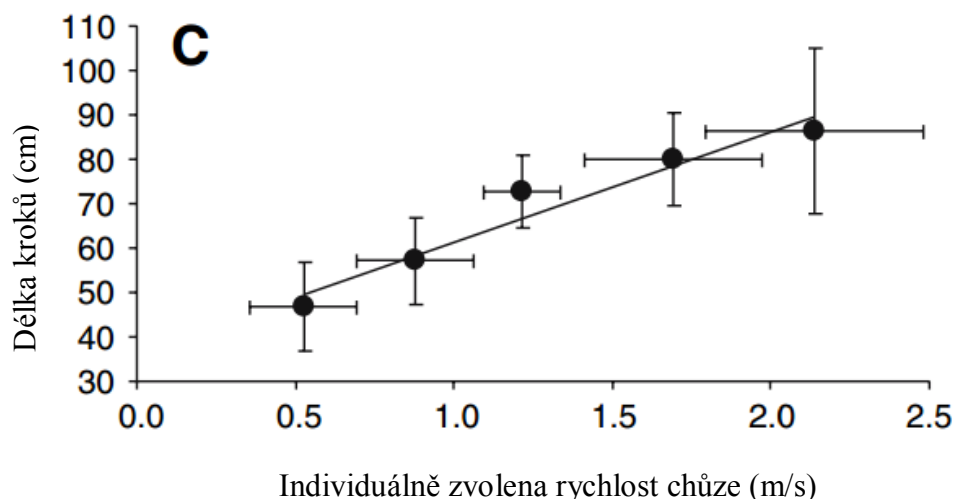
LDK – levá dolní končetina

Obrázek 2. Načasování chůzového cyklu (Whittle, 2007)

Frekvence (počet) kroků za určitý časový úsek se nazývá rytmus (počet kroků/minutu). Krokový rytmus je přímo úměrný délce dolních končetin. Delší dolní končetina znamená pomalejší rytmus. Ženy jsou průměrně nižší postavy než muži, z toho vyplývá i kratší dolní končetina, a tedy mají vyšší rytmus při chůzi (Kirtley, 2006; Whittle, 2007). Délka kroku je vzdálenost mezi prvním kontaktem paty s podložkou a posledním kontaktem palce

s podložkou kontralaterální nohy. Délka dvojkroku je součet vzdálenosti délky kroku levé dolní končetiny a délky kroku pravé dolní končetiny (Whittle, 2007).

Jak ukazuje obrázek 3, Latt a kolektiv (2008) zjistili, že délka kroku normální chůze ( $1.2 \pm 0.04$  m/s.) je  $73 \pm 3$  cm.



Obrázek 3. Délka kroku v určité rychlosti (Latt et al., 2008)

### 2.2.1 Vertikální oscilace při chůzi

Cross (1999) uvádí u normální rychlosti chůze (1,2 m/s) a průměrné délky kroku (73 cm), že výsledný graf má dva vrcholy. Ukazují zatížení na podložce 110 % tělesné hmotnosti. První z vrcholů vzniká při počáteční fázi dvojí opory, když vzroste síla, která působí na podložku ve vertikálním směru. Druhý vrchol vznikne v poslední fázi dvojí opory, když se zadní noha vertikálně odrazí a tak vzroste síla, která působí na podložku. Uprostřed švihové fáze se sníží zátěž na podložku na 80 % tělesné hmotnosti důsledkem švihu kontralaterální nohy.

### 2.3 Validita a reliabilita

„Charakterizují hodnověrnost měřícího prostředku. Při nesplnění těchto vlastností nemohou být pomocí měřícího prostředku získávány platné výsledky a vyvozovány důvěryhodné závěry“ (Sigmund, 2012).

Validita neboli platnost testu je definována jako míra shody výsledku měřeného prostředku s deklarovaným předmětem měření (Thomas, Nelson, & Silverman, 2005). Vypovídá o věrohodnosti výsledků měření pomocí zvoleného měřícího prostředku



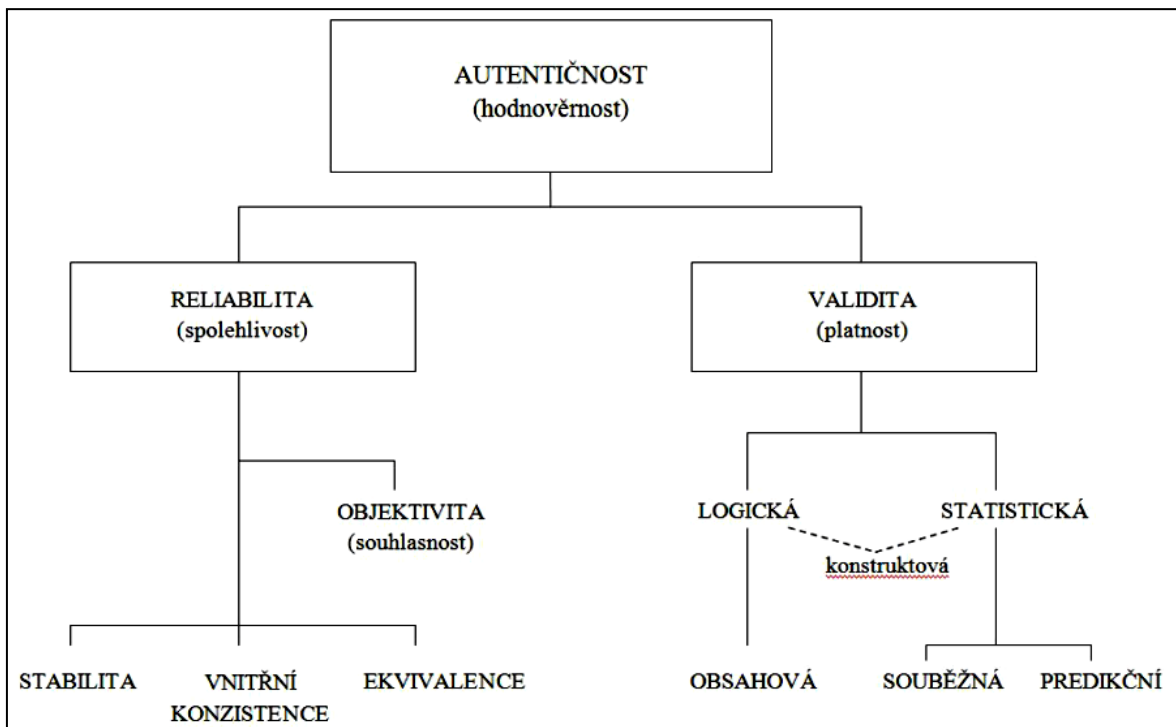
(Sirard & Pate, 2001). Do základních druhů validity patří validita obsahová (logická), kriteriální (souběžná), předpovídající a ekologická (Thomas, Nelson, & Silverman, 2005).

- Obsahová (logická) validita zkoumá reprezentativnost položek měřicího prostředku vzhledem k obsahu, který se měří. Logicky se posuzuje, do jaké míry prostředek měří předurčený obsah.
- Kriteriální (souběžná) validita se uplatňuje při souběžném měření dvěma či více prostředky a hodnotí se úroveň shody naměřených výsledků souběžně zkoumaných prostředků.
- Předpovídající (predikční) validita určuje míru shody změřeného výsledku a budoucího měřeného výsledku, tedy hodnotí platnost předpovědi.
- Ekologická validita posuzuje při monitorování terénní pohybové aktivity, zda je návrh a průběh výzkumu probandy vnímán podle předpokladu výzkumníka (Sigmund, 2012).

Reliabilita znamená spolehlivost testu. Vztahuje se k opakovatelnosti získaných výsledků měřicím přístrojem. Poukazuje na jeho přesnost a ukazuje velikost chyb při měření (Thomas & Nelson, 2001). Druhy reliability jsou stabilita, objektivita, ekvivalence a vnitřní konzistence. Graficky toto rozdělení znázorňuje obrázek 4.

- Stabilita určuje míru shody výsledku dosaženého při opakování měření za relativně stejných podmínek (stejná skupina probandů, měření ve stejný denní čas, prostředí a organizátor měření, apod.) v uvedeném časovém odstupu. Určuje míru pomocí korelačního koeficientu.
- Objektivita je charakterizovaná úrovní shody výsledků měření stejného jevu stejným měřicím prostředkem současně alespoň dvěma osobami. Ukazuje míru nezávislosti výsledků měření na organizátorovi měření.
- Ekvivalence je důležitá při zjištění míry shody výsledků měření pomocí dvou a více ekvivalentních forem toho stejného prostředku.
- Vnitřní konzistence určuje spolehlivost představující soudržnost výsledků měřicího prostředku (např. srovnáním výsledků u náhodně rozdělených probandů na poloviny při tom stejném měření), (Sigmund, 2012).

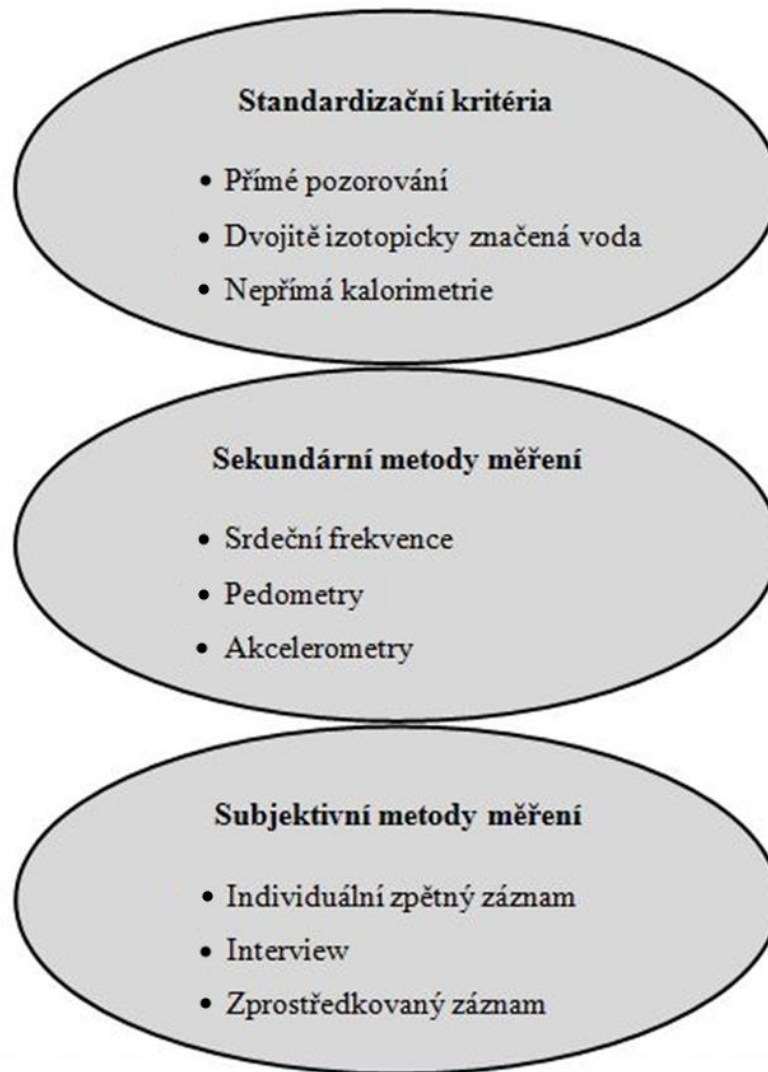
Nejjednodušším způsobem pro zvýšení reliability je zvýšit počet položek při testování. Poté i několik nevhodně zvolených položek nedokáže negativně ovlivnit reliabilitu testu.



Obrázek 4. Aspekty reliability a validity testu či měření (upraveno dle Blahuše & Měkoty, 1983)

### 2.3.1 Monitorování pohybové aktivity

Monitorování pohybové aktivity pro lidskou populaci představuje složitý úkol pro metodologii. Pohybovou aktivitu lze měřit více způsoby, nejpřesněji pomocí energetického výdeje, který se vyjadřuje v MET, kcal nebo kJ, dále podle vykonané práce ve wattech, dobou konání práce v hodinách nebo počtem kroků měřenými různými přístroji (krokoměr, fitness náramky, akcelerometry a další), (Sigmund et al., 2001). V současné době jsou desítky způsobů pro měření množství pohybové aktivity. Každá metoda má určité výhody a nevýhody. Obrázek 5 ukazuje vztahy mezi vybranými metodami pro určení validity.



Obrázek 5. Validační schéma metod měření pohybové aktivity a energetického výdeje (Sirard & Pate, 2001)

Laboratorní metody se využívají k determinaci energetické náročnosti. Využitelnost laboratorních metod v praxi je velmi náročná z důvodu vysokých finančních, technických a časových nároků. Tyto metody jsou kritéria pro validaci jednodušších a více využívaných terénních metod (Montoye et al., 1996; Sigmund 2012). Mezi tyto metody patří přímá kalorimetrie, založená na přímém měření vyprodukovaného tepla ve speciálním skafandru nebo metabolické komoře. Nepřímá kalorimetrie měří spotřebu kyslíku, analyzuje dýchací plyny, stanovuje energetický výdej pomocí sledování respiračního kvocientu. „Dvojitě izotopicky značená voda (těžká voda) využívá k určení energetického výdeje rozdílu mezi přijatým a vyloučeným množstvím izotopů vodíku, deuteria nebo  $^2\text{H}_2$  a kyslíku  $^{16}\text{O}_2$  za jednotku času“ (Sigmund, 2012, 5). Tyto metody jsou vysoce validní oproti terénním metodám.

Terénních metod se využívá ke stanovení FITT (FIDD) charakteristik pohybové aktivity. Monitorování pohybové aktivity představuje souhrn nezbytných činností pro zabezpečení validního sledování a analyzování mimolaboratorní pohybové aktivity realizované v kontrolovaných podmínkách. Součástí je nabíjení, kalibrování a individuální nastavování neinvazivních přístrojů, příprava záznamových archů, manipulaci a práci s přístroji (Sigmund, 2012).

Aplikace konkrétní terénní metody by měla přinést odhad energetického výdeje, který odráží intenzitu pohybové aktivity. Pro získání věrohodné představy o každodenní pohybové aktivitě by měření mělo zahrnovat pracovní dny a víkendové dny. Volnočasové aktivity, pracovní aktivity, sportovní aktivity za posledních 24 hodin. Dále monitoring všech dnů v týdnu a všech ročních období (Kemper & van Mechelen, 1995).

Přímé pozorování poskytuje komplexní popis prováděné pohybové aktivity, aniž by se jedinec zatěžoval nějakým výzkumným nástrojem. Pro svou časovou náročnost není přímé pozorování vhodné pro epidemiologické studie. Nevýhoda přímého pozorování může být chybná interpretace dat nebo chybné a neúplné zachycení pozorovaného (Sigmund, 2000).

## **2.4 Přístroje k záznamu množství pohybové aktivity**

### **2.4.1 Akcelerometry**

Rozdíl mezi akcelerometrem a krokoměrem je, že registruje přímo zrychlení, novější typy akcelerometrů dokážou rozpoznat zrychlení již ve 3D, což znamená přesnější naměřené údaje i u pohybu se změnami směru. Měří statické i dynamické zrychlení. Statické zrychlení zaznamenává zrychlení tíhové a dynamické zrychlení znamená změnu rychlosti pohybu. Akcelerometr může monitorovat i délku a frekvenci kroků na rozdíl od krokoměrů (Hnízdil et al., 2012).

Tyto přístroje mohou použitím určitých rovnic vypočítat i energetickou spotřebu. Při hodnocení energetického výdeje je důležité uvažovat limity pro výpovědní hodnotu. Zejména při vyšší rychlosti klesá validita k hodnotě energetického výdaje (Psotta et al., 2007).

### **2.4.2 Monitorování srdeční frekvence:**

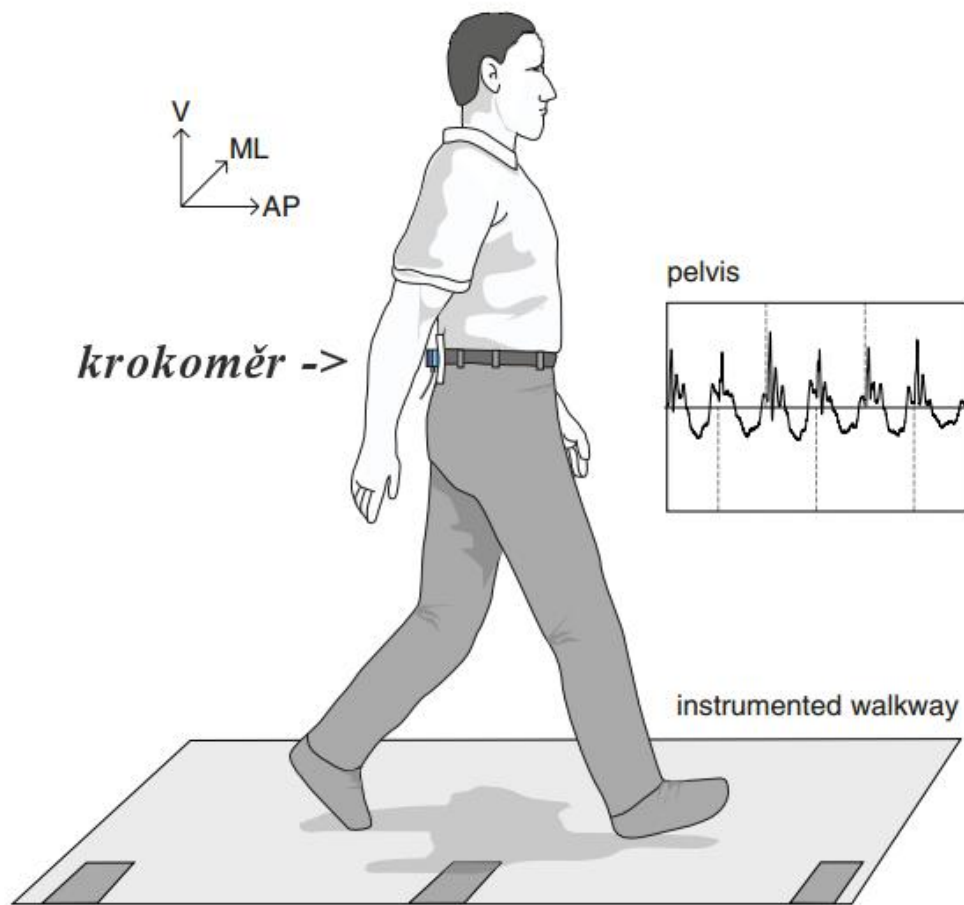
Většina monitorů srdeční frekvence se skládá z hrudního pásu, který zaznamenává EKG a komunikuje s hodinkami. Nové technologie vedly k vytvoření monitoringu srdeční

frekvence bez hrudního pásu. Vnitřní kryt hodinek funguje jako jedna elektroda a vnější kryt jako dvě elektrody umístěné nad displejem hodinek. Srdeční tep se změří, když se prsty druhé ruky umístí na elektrody (Lee & Gorelick, 2011).

### **2.4.3 Krokoměry (pedometry)**

Využívání krokoměru je historicky nejstarší a momentálně nejrozšířenější způsob sledování terénní pohybové aktivity za použití přístrojové techniky (Tudor-Locke et al., 2011). Krokoměr je cenově dostupným, malým a lehkým přístrojem pro měření počtu kroků na rozdíl od sofistikovanějších a dražších akcelerometrů. Pedometr pracuje na principu vertikální oscilace, tedy otevírání a zavírání elektrického obvodu pomocí pružiny, která reaguje na houpavou lidskou chůzi nebo běh. U krokoměru firmy Yamax Digiwalker (obrázek 7), je za jeden krok považovaná každá vertikální oscilace silnější než práh citlivosti přístroje, který je 0,35 g. Krokoměry jsou schopny zaznamenávat a zobrazovat pouze počet nadprahových vertikálních oscilací. Neumí identifikovat druh pohybové aktivity, zachycovat oscilace při jízdě na kole nebo na bruslích, nerozeznají zvýšený energetický výdej při běhu, chůzi do kopce nebo nošení závaží. Vertikální oscilaci při chůzi lze vidět na obrázku 6 (Pate & Sirard, 2001; Sigmund, 2012).

Doporučovaný způsob, jak zjistit, zda krokoměr měří přesně, je resetovat počet kroků stisknutím tlačítka „Reset“ a následně udělat 20 kroků (čím více, tím přesněji lze zjistit validitu určitého krokoměru, pro určitého jedince). V případě, že krokoměr načte méně nebo více kroků, než jedinec udělal, měl by jej umístit v jiné poloze podél pasu (mezi pupkem a kyčlí), dokud nenajde místo, ve kterém krokoměr změří přesný nebo co nejpřesnější počet kroků (BCRPA, 2006).



Obrázek 6. Vertikální oscilace pánve při chůzi. (Latt tet al., 2008)

Nejlepší místo pro nošení krokoměru je na opasku co nejbližší k vrchnímu bodu kyčelní kosti (crista iliaca) a zajistit, aby byl ve svislé poloze. Krokoměr musí zůstat ve vzpřímené poloze, aby správně zaznamenával kroky. Nesmí být nakloněn dopředu, dozadu, dovnitř ani ven. Také nezaznamenává kroky správně, pokud je krokoměr otevřen při chůzi. Musí být pořádně ukotven k pásku, protože kdyby se posouval během chůze, opět nebude dávat přesné informace (BCRPA, 2006).



Obrázek 7. Displej krokoměru Yamax Digiwalker SW-700 s popisem ovládacích prvků (převzato od Sigmunda, 2012, 13)

Pedometry jsou svým vzhledem a velikostí uživatelsky přijatelné, relativně objektivní a nereaktivní opakovaně používané přístroje pro měření lokomoční pohybové aktivity u širokého spektra populace včetně dětí, mládeže, dospělých i seniorů (Rowlands & Eston, 2007).

Okamžitá srozumitelná zpětná vazba, ve formě zobrazovaného počtu kroků na displeji přístroje, se ukazuje jako slibný motivační faktor k navýšení pohybové aktivity u dospělých, viz obrázek 7. Studie (Roemmich, Gurgol & Epstein, 2004) zjistila, že 8–12leté děti, které mají jako motivaci sledovat televizi, hrát počítačové hry a podobně, za dosažení určeného počtu kroků, je o 24 % vyšší pro ty děti, které měly jako zpětnou vazbu počet kroků na displeji krokoměru. Krokoměry jsou nejpřesnější pro určení počtu kroků. Méně přesné při určování překonané vzdálenosti, protože ne každý krok je stejně dlouhý. Nejméně přesné jsou pro zjištění energetického výdeje (Crouter et al., 2003; Tudor-Locke et al., 2011; Sigmund, 2012).

Krokoměry mohou být nepřesné při pomalé chůzi i při vyšších rychlostech následkem prodlouženého kroku z důvodu pomalejšího pohybu těžiště, což ve výsledku znamená nepřekonání prahu citlivosti přístroje, tudíž nezaznamenání kroku (Welk et al., 2000). U obézních jedinců lze očekávat nepřesnost v měření počtu kroků z důvodu abdominálně

distribuovaného rozložení tukové hmoty, která může narušovat správné počítání kroků (Tudor-Locke, 2002).

## **2.5 Fitness náramky**

Pojmy "nositelná elektronika", "nositelné zařízení", "fitness náramky" a další, se vztahují k elektronickým technologiím nebo počítačům, které jsou začleněny do kusů oděvů a doplňků, které lze pohodlně nosit na těle. Tyto fitness náramky mohou provádět mnoho stejných výpočetních úloh jako například mobilní telefony a notebooky. V některých případech, fitness náramky mohou tato zařízení překonat. Fitness náramek je sofistikovanější v měření tělesných a fyziologických funkcí.

Obecně platí, že nositelná elektronika nějakým způsobem komunikuje s jiným zařízením a umožňuje přístup uživatele k informacím v reálném čase. Používáním fitness náramků se mohou ovlivnit oblasti zdraví a medicíny, fitness, stárnutí, postižení, školství, dopravy, podnikání, finance a mnoho dalších. Cílem nositelné technologie v každé z těchto oblastí je zlepšit a usnadnit monitorování těchto oblastí (Tehrani & Michael, 2014).

Princip měření fitness náramků firem Garmin a Polar je na základě vestavěného gyroskopu, který zaznamenává otřesy při určité pohybové aktivitě. Jakákoli pohybová aktivita má svoje specifické parametry (frekvence, intenzita, délka vertikální oscilace), které software zpracuje např. pro započtení kroku. Výsledný počet kroků není závislý na otřesech např. jako u Yamax Digiwalker SW-700, ale na matematice a algoritmech, s jakými se k výsledku dojde. Fitness náramky sledují velikost a směr zrychlení při přirozeném pohybu ruky. To znamená, že výsledků měření se dosahuje, jen pokud uživatel náramku jde nebo běží. Jakmile půjde například s kočárkem, ruka nevykonává přirozené pohyby a výsledek je zkreslený (e-mailová odpověď na dotaz, P. Šácha, 21. 6. 2016; V. Schröder, 21. 6. 2016).



### **3 CÍLE**

#### **3.1 Hlavní cíl práce**

Hlavním cílem diplomové práce je zjistit validitu a reliabilitu fitness náramků Polar Loop 2, Garmin VivoFit 3 a Garmin VivoSmart v laboratorních podmínkách.

#### **3.2 Dílčí cíle**

- Porovnat vývoj směrodatné odchylky a variačního rozpětí u různých druhů měřících přístrojů při zvyšující se rychlosti
- Porovnat validitu různých druhů měřených přístrojů při stejné rychlosti
- Porovnat validitu stejných druhů měřených přístrojů při různé rychlosti
- Porovnat naměřené hodnoty u stejných typů měřících přístrojů na pravé/levé straně
- Porovnat naměřené hodnoty mezi muži a ženami
- Zjistit, který z fitness náramků je nejpřesnější

#### **3.3 Výzkumné otázky**

- Do jaké míry budou ověřované fitness náramky vyhovovat kritériu spolehlivosti  $\pm 3$  %?
- Jsou měřicí přístroje stejně přesné na levé a pravé straně při různých rychlostech?
- Jsou měřicí přístroje stejně přesné pro muže a ženy při různých rychlostech?
- Který z náramků je nejpřesnější?

## 4 METODIKA

### 4.1 Charakteristika výzkumu

Celkem se této studii zúčastnilo 30 probandů obou pohlaví ve věku 20–40 let. Každý z probandů spolupracoval na měření v chůzi ve třech rychlostech (3 km/h, 5 km/h, 7 km/h).

Podle Kompendia pohybové aktivity (2011) se rychlost chůze nižší než 3,2 km/h považuje za velmi pomalou procházku. Intenzita této rychlosti je 2 MET, tedy nízká intenzita pohybové aktivity. Rychlost chůze mezi 4,5 až 5,1 km/h je považována za mírné tempo s metabolickým ekvivalentem 3,5, který odpovídá podle WHO (2016) střední intenzitě 7 km/h už je velmi svižné tempo s hodnotou 7 MET, což je podle WHO (2016) velmi intenzivní pohybová aktivita.

Každý proband měl na sobě umístěny 4 měřicí přístroje, jak ukazuje obrázek 11, každý pro levou a pravou stranu. Během celé studie se získalo 30 záznamů. Výzkum proběhl v Olomouci od 19.5.2016 do 7.6.2016. Cílem studie bylo určit validitu krokoměru a fitness náramků v laboratorních podmínkách na fakultě tělesné kultury. Měření probíhalo na běhacím pásu značky TechnoGym, model Runrace HC 1200. Každý proband si náhodně vybral 2 měřicí přístroje od každého druhu, které byly na probanda určitým způsobem nasazeny, viz obrázek 12. Před samotným testováním byl proband poučen o průběhu testování. Běhací pás byl nastaven na požadovanou rychlost a proband ušel přesně 1000 kroků. Před měřením a po měření u každé ze zkoumaných rychlostí byly u každého přístroje probandovi odečteny aktuální počty kroků, jejichž rozdílem byla naměřena hodnota.



Obrázek 8. Rozložení náramků na ruce. Zprava Polar Loop 2, Garmin Vívofit 3, Garmin Vívosmart

## 4.2 Charakteristika výzkumného souboru

Všichni oslovení jedinci souhlasili se zapojením se do studie. Výzkumný soubor tvořilo 30 probandů, z toho 15 mužů a 15 žen, ve věku od 20 do 40 let. Kritérium pro výběr probandů bylo BMI, které nepřevyšovalo hodnotu 29,9 z důvodu nepřesnosti v měření počtu kroků abdominálně distribuovaného rozložení tukové hmoty, která může narušovat správné počítání kroků. Charakteristiku výzkumného souboru ukazuje tabulka 5.

Tabulka 4. Charakteristika souboru

Průměrné hodnoty výzkumného souboru n = 30		Minimum	Maximum
Věk (roky)	24,4 ± 3,5	20	40
Výška (cm)	173,7 ± 9,7	157	191
Hmotnost (kg)	70,1 ± 14,1	50	102
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23 ± 2,9	17,1	28,7
Průměrné hodnoty výzkumného souboru mužů n = 15		Minimum	Maximum
Věk (roky)	25,1 ± 4,6	20	40
Výška (cm)	181,5 ± 6,1	171	191
Hmotnost (kg)	81,4 ± 9	68	102
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24,7 ± 2,1	21	28,3
Průměrné hodnoty výzkumného souboru žen n = 15		Minimum	Maximum
Věk (roky)	23,7 ± 1,7	20	27
Výška (cm)	165,8 ± 4,9	157	173
Hmotnost (kg)	58,8 ± 7,7	50	80
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21,4 ± 2,8	17,1	28,7

Vysvětlivky: n – počet probandů

## 4.3 Charakteristika měřících přístrojů

### 4.3.1 Garmin VivoFit 3

„Sledovač“ pohybové aktivity Garmin VivoFit 3 viz obrázek 8, je fitness náramek vybavený moderními technologiemi a umělou inteligencí. Nejenže ukazuje čas, počet kroků, množství spálených kalorií, překonanou vzdálenost a dobu pohybové aktivity, je také vybaven automatickou detekcí činnosti, což znamená, že pozná, jakou pohybovou aktivitu jedinec provádí (chůze, běh, plavání, jízda na kole). Přes mobilní aplikaci a funkci Garmin Connect lze na mobilním telefonu nebo počítači vidět podrobné údaje o pohybové aktivitě.

Fitness náramek sleduje jak pohybovou aktivitu, tak pohybovou nečinnost. Nabíháním červeného pruhu na horní části displeje se znázorňuje doba nečinnosti (po 15 minutách). Po 1 hodině jemně zazní výstraha pro vykonání pár minut chůze.

Snímání impaktů prostřednictvím gyroskopu i sčítání kroků je energeticky velmi nenáročné. Vypovídá o tom průměrná výdrž až rok na jednu knoflíkovou baterii.

Oficiální cena Garmin VivoFit 3 činí \$99.99 USD  $\approx$  2500 Kč (Garmin, 2016).



Obrázek 9. Garmin VivoFit 3 (Garmin, 2016)

### 4.3.2 Garmin VivoSmart

Garmin VivoSmart, viz obrázek 9, je inteligentní fitness náramek se zabudovaným snímačem tepové frekvence na zápěstí, dotykovým displejem a barometrem. Garmin VivoSmart je propojen s mobilním zařízením a na všechna oznámení (volání, textové zprávy, oznámení všech aplikací) uživatele upozorní jemnou vibrací. Kromě měření kroků náramek

měří převýšení při pohybové aktivitě barometrem, který je tak citlivý, že rozpozná, když uživatel vychází schody.

VivoSmart synchronizuje sbírané informace prostřednictvím aplikace Garmin Connect. Oficiální cena Garmin VivoSmart je \$149.99 USD  $\doteq$  3750 Kč (Garmin, 2016).



Obrázek 10. Garmin VivoSmart (Garmin)

#### 4.3.3 Polar Loop 2

Polar Loop 2, viz obrázek 10, nepřetržitě monitoruje pohybovou aktivitu v pěti úrovních intenzity. Počítá čas strávený pohybovou aktivitou, počet kroků, vydané kalorie a vzdálenost podle kroků. Vychází ze sběru dat o frekvenci, intenzitě, pravidelnosti pohybů.

„Rozpoznávané úrovně intenzity:

1. Odpočinek (spánek a odpočinek, ležení)
2. Sezení (sezení nebo jiné pasivní chování)
3. Nízká (práce ve stoje, lehké práce v domácnosti)
4. Střední (chůze a další mírné aktivity)
5. Vysoká (jogging, běh a další intenzivní aktivity)“

Na zařízení Polar Loop 2 lze nastavit denní cíl. Náramek vychází ze zadaných osobních údajů, vybrané úrovně aktivity a obecných zdravotních doporučení. Po 55 minutách nečinnosti náramek dá signál na neaktivitu.

Funkce počítání kroků se odhaduje na základě frekvence, intenzity a pravidelnosti pohybů zápěstí.

Oficiální prodejce v tuzemsku prodává Polar Loop 2 za 2990 Kč (Polar, 2016).



Obrázek 11. Polar Loop 2 (Polar, 2016)

#### 4.4 Charakteristika zpracování dat

Analýza dat byla uskutečněna metodami deskriptivní statistiky. Pro každý sledovaný parametr byly vypočítány základní statistické veličiny (aritmetický průměr, variační rozpětí, směrodatná odchylka, korelace), četnost byla vyjádřena absolutně nebo relativně. Pro zpracování byl použit Microsoft Excel 2007.

Hranici přesnosti měření  $\pm 3\%$  aktuálních kroků byla zvolena na základě japonské normy, která stanovuje tuto maximální hranici chybovosti (3 chybně detekované kroky ze 100) pro pedometry (Hatano, 1993).

Pro posuzování korelační závislosti byl použit Pearsonův korelační koeficient (tabulka 6). Pro závislé hodnoty byl použit t-test. Statistická významnost byla určena na hladině  $p < 0,05$  (tabulka 5). Tabulka 7 uvádí seznam zkratk.

Tabulka 5. Interpretace hodnot Personova korelačního koeficientu (Chráška, 2000).

Koeficient korelace	Interpretace
$ 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$	Neprostá nezávislost

Tabulka 6. Interpretace hodnot hladiny statistické významnosti (Bedáňová & Večeřek, 2007).

<b>Hladina statistické významnosti</b>	<b>Interpretace</b>
$p > 0,05$	statisticky nevýznamný rozdíl
$p < 0,05$	statisticky významný rozdíl
$p < 0,01$	statisticky vysoce významný rozdíl

Tabulka 7. Seznam zkratk

<b>Celý název</b>	<b>Zkratka</b>
Yamax Digiwalker SW-700	Yamax
Polar Loop 2	Polar
Garmin VivoFit 3	Garmin VF
Garmin VivoSmart	Garmin VS
Pravá strana	P
Levá strana	L
Rychlost 3 km/h	3
Rychlost 5 km/h	5
Rychlost 7 km/h	7
Průměr	M
Hladina statistické významnosti	p
korelační koeficient	r
Variační rozpětí	R
Směrodatná odchylka	SD

## 5 VÝSLEDKY

Z tabulky 8 lze vyčíst hodnoty odchylky od 1000 kroků. U Yamaxu se zvyšující se rychlostí odchylka klesá. U Polaru nelze sledovat tendenci vývoje hodnot v závislosti na rychlosti. Přístroje Garmin VF i Garmin VS se zvyšující se rychlosti naměřily větší odchylky.

Variační rozpětí (R) určuje míru variability mezi měření. Yamax má R největší při rychlosti 3 km/h. Se zvyšující se rychlostí R klesá. Při rychlosti 7 km/h je R na pravé straně 8,45 a na levé 3,47, což značí vysokou konstantnost hodnot. Polar má R při všech 3 rychlostech měření počtů kroků velmi proměnlivé. R se pohybuje v rozmezí 31,15–285,51. U přístrojů Garmin VF a VS je zřetelná tendence zvyšování R se zvyšující se rychlostí.

Malá směrodatná odchylka (SD) vypovídá o tom, že hodnoty jsou si podobné. Velká SD signalizuje velké vzájemné odlišnosti v souboru zkoumaných hodnot. Jak vidíme na obrázku 12 a 13, Yamax a Polar mají tendenci se zvyšující se rychlosti snižovat. Naopak Garmin VF a VS při rychlosti 3 km/h mají SD malou a se zvyšující se rychlostí stoupá.

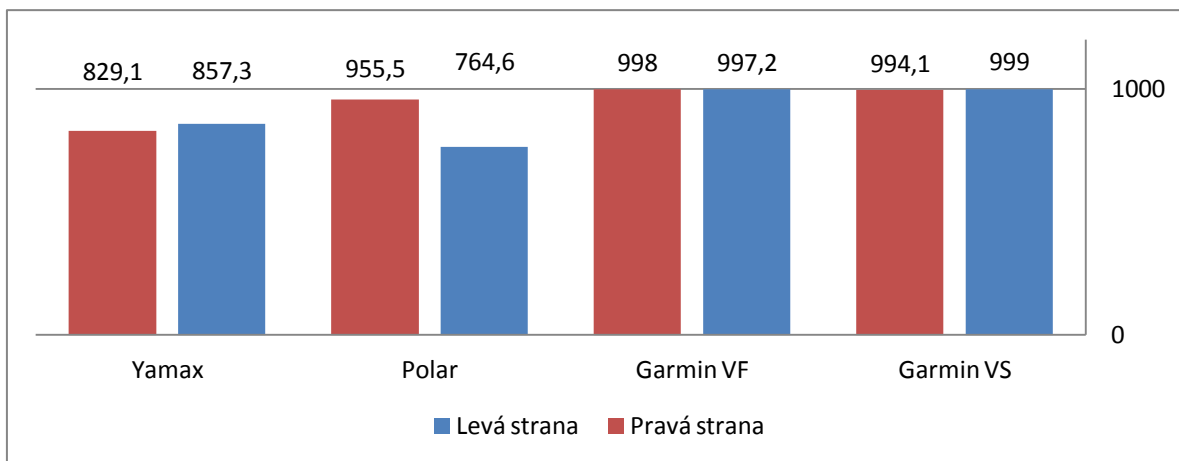


Tabulka 8. Souhrn naměřených údajů z ověřovaných přístrojů

n=30	Průměrný počet kroků	Odchylka od 1000 kroků	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka	Variační rozpětí
Yamax, P, 3	829,10	-170,90	403	1009	164,29	606
Yamax, L, 3	857,33	-142,67	341	1006	153,61	665
Yamax, P, 5	985,83	-14,17	819	1017	35,26	198
Yamax, L, 5	996,86	-3,14	932	1030	14,60	218
Yamax, P, 7	995,73	-4,27	957	1005	8,45	48
Yamax, L, 7	999,00	-1,00	991	1005	3,47	14
Polar, P, 3	955,50	-44,50	176	1599	244,02	1423
Polar, L, 3	764,60	-235,40	156	1256	285,51	1100
Polar, P, 5	962,20	-37,80	534	1150	105,97	616
Polar, L, 5	983,40	-16,60	910	1040	31,15	130
Polar, P, 7	947,33	-52,67	639	1032	70,55	393
Polar, L, 7	955,27	-44,73	793	1018	52,89	225
Garmin VF, P, 3	998,03	-1,97	973	1059	35,44	86
Garmin VF, L, 3	997,16	-2,84	981	1017	8,01	36
Garmin VF, P, 5	960,53	-39,47	515	1005	118,33	490
Garmin VF, L, 5	956,50	-43,50	494	1003	106,51	509
Garmin VF, P, 7	825,67	-174,33	513	999	152,28	486
Garmin VF, L, 7	724,83	-275,17	455	1069	172,57	614
Garmin VS, P, 3	994,07	-5,93	966	1015	10,56	49
Garmin VS, L, 3	998,93	-1,07	964	1062	15,038	98
Garmin VS, P, 5	976,33	-23,67	577	1027	80,82	450
Garmin VS, L, 5	975,23	-24,77	542	1003	82,63	461
Garmin VS, P, 7	891,63	-108,37	639	1063	117,61	424
Garmin VS, L, 7	847,13	-152,87	503	1173	151,53	670

### 5.1 Hodnocení přesnosti měřících přístrojů podle rychlosti

Z obrázku 13 lze vyčíst, že při rychlosti 3 km/h nejvíce podhodnocuje Yamax a Polar, pouze na levé straně. Garmin VF i Garmin VS, naměřily velmi přesné hodnoty. Přesnost a spolehlivost ukazuje tabulka 9.



Obrázek 12. Průměrné hodnoty celého výzkumného souboru při rychlosti 3 km/h

Tabulka 9. Hodnoty měření, kritéria, závislosti u celého výzkumného souboru při rychlosti 3 km/h

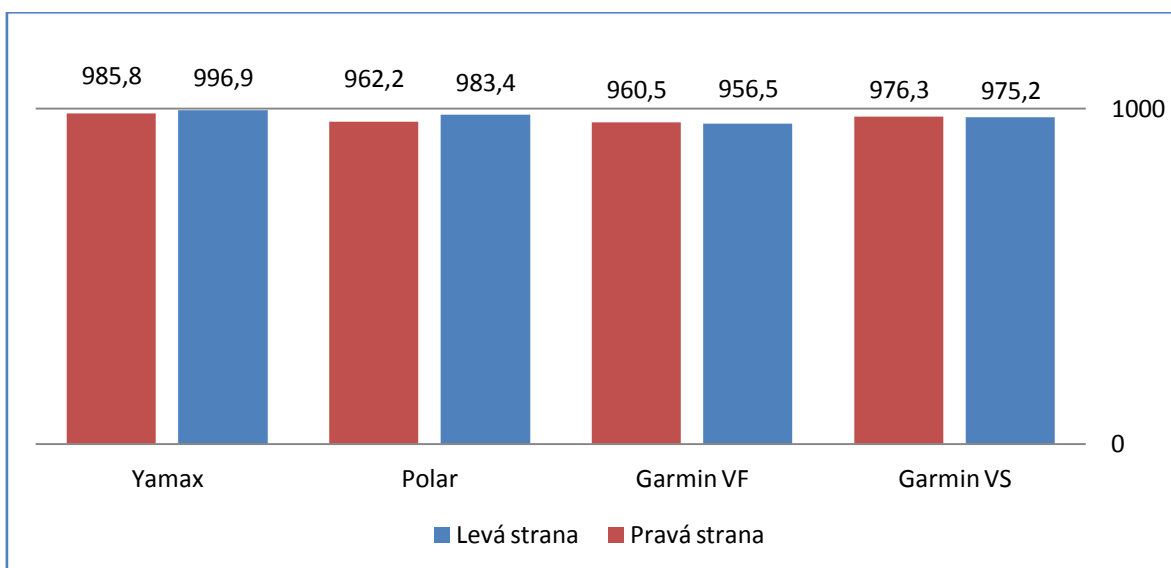
3 km/h Celý výzkumný soubor	Odhylka od 1000 kroků. (%)	Rozdíl mezi pravou stranou a levou stranou. (%)	Počet měření vyhovující kritériu $\pm 3$ %. (%)	Korelace mezi pravou a levou stranou (r) Hladina statistické významnosti (p)
Yamax Digiwalker SW-700, P	-170,9 -(17,09 %)	28,2 (2,82 %)	5 (16,70 %)	r = 0,45 p = 0,37
Yamax Digiwalker SW-700, L	-142,7 -(14,27 %)		9 (30,00 %)	
Polar, P	-44,5 -(4,45%)	190,9 (19,09 %)	12 (40,00 %)	r = 0,48 p = 0,00
Polar, L	-235,4 -(23,54 %)		5 (16,70 %)	
Garmin VF, P	-2 -(0,20 %)	0,8 (0,08 %)	29 (96,70 %)	r = 0,27 p = 0,74
Garmin VF, L	2,8 (0,28 %)		30 (100 %)	
Garmin VS, P	-5,9 -(0,59 %)	4,9 (0,49 %)	28 (93,30 %)	r = 0,23 p = 0,12
Garmin VS, L	-1 -(0,10 %)		29 (96,70 %)	

Yamax naměřil na levé straně 857,3 kroků s odchylkou od 1000 kroků (4,27 %), a na pravé 829,1 (7,09 %). Rozdíl mezi P a L je 28,2 (2,82 %) kroků. V tabulce 9 lze vidět, že  $p = 0,37$ , což je statisticky nevýznamný rozdíl,  $r = 0,45$ , tedy střední závislost. Kritériu vyhovělo pouze 5 měření, tedy 16,7 % na pravé straně a 9 měření (30 %) na levé straně.

Polar naměřil 764,6 (23,54 %) na levé straně a 955,5 (4,45 %) na pravé straně. Rozdíl 190,9 (19,09 %) kroků, statistická závislost je  $p = 0,00$  tedy statisticky vysoce významný rozdíl,  $r = 0,48$  značí střední závislost. 12 měření (40 %) splnilo kritérium na pravé straně a 5 měření (16,7 %) na levé straně.

Garmin VF a Garmin VS fungují velice spolehlivě na P i L straně těla. Garmin VF s rozdílem 0,8 (0,08 %) kroků mezi P a L a pouhými 2 kroky (0,02 %) na pravé straně a 2,8 (0,28) na levé straně se odchýlil od 1000 kroků. Test statistické významnosti  $p = 0,74$  zjistil statisticky nevýznamný rozdíl, korelace  $r = 0,27$  svědčí o nízké závislosti. Kritériu vyhovělo 29 měření na pravé straně, tedy (96,7) a všech 30 měření na levé straně (100 %).

Garmin VS zaznamenal rozdíl mezi P a L 4,9 (0,49 %) kroků s jedním krokem (0,01 %) na levé straně a 5,9 kroků (0,059 %) na pravé straně, které chyběly do 1000 kroků. Přístroj naměřil mezi P a L stranou statisticky nevýznamné rozdíly  $p = 0,12$  a korelaci  $r = 0,23$ , tedy s nízkou závislostí. 28 měření (93,3 %) na pravé straně a 29 měření (96,7 %) splnila kritérium.



Obrázek 13. Průměrné hodnoty celého výzkumného souboru při rychlosti 5 km/h

Tabulka 10. Hodnoty měření, kritéria, závislosti u celého výzkumného souboru při rychlosti 5 km/h

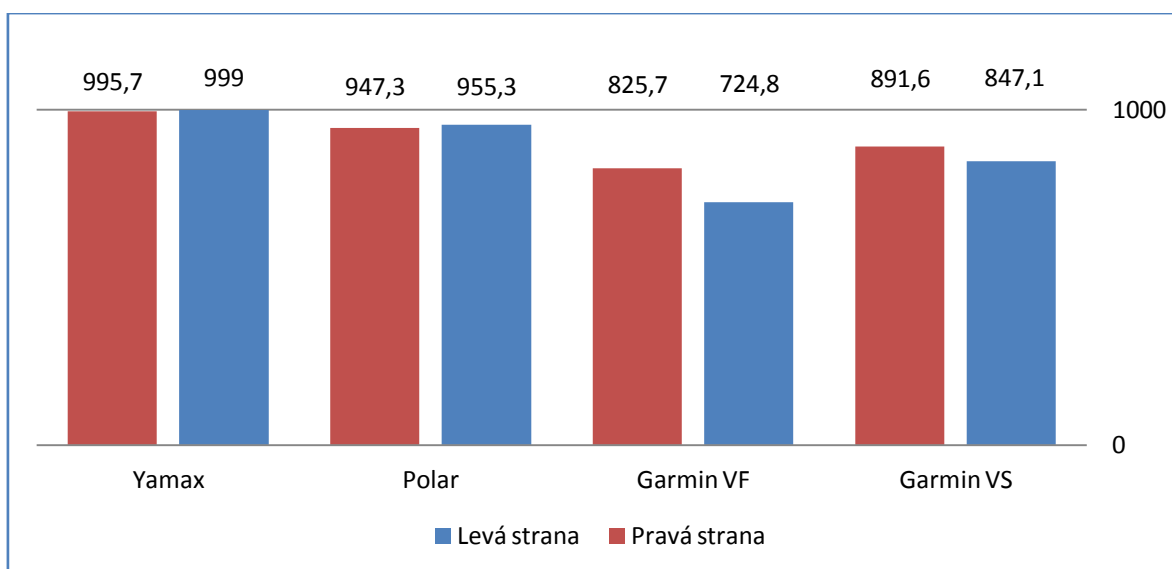
5 km/h Celý výzkumný soubor	Odchylnka od 1000 kroků. (%)	Rozdíl mezi pravou stranou a levou stranou. (%)	Počet měření vyhovující kritériu $\pm 3$ %. (%)	Korelace mezi pravou a levou stranou (r)  Hladina statistické významnosti (p)
Yamax Digiwalker SW-700, P	-14,2 -(1,42 %)	11,1 (1,11 %)	25 (83,30 %)	r = 0,76 p = 0,03
Yamax Digiwalker SW-700, L	-3,1 -(0,31 %)		29 (96,70 %)	
Polar, P	-37,8 -(3,78 %)	21,2 (2,12 %)	15 (50,00 %)	r = 0,07 p = 0,30
Polar, L	-16,6 -(1,66 %)		21 (70,00 %)	
Garmin VF, P	-39,5 -(3,95 %)	4,0 (0,40 %)	27 (90,00 %)	r = 0,88 p = 0,70
Garmin VF, L	-43,5 -(4,35 %)		24 (80,00 %)	
Garmin VS, P	-23,7 -(2,37 %)	1,1 (0,11 %)	27 (90,00 %)	r = 0,97 p = 0,76
Garmin VS, L	-24,8 -(2,48 %)		27 (90,00 %)	

Z obrázku 14 a tabulky 10 jsou patrné nejmenší rozdíly mezi přístroji na obou stranách blízko sledovaným 1000 krokům. Yamax se při rychlosti 5 km/h ukázal jako nejpřesnější s rozdíly mezi P a L 11,1 (1,11 %) kroků. Na pravé straně přístroj naměřil 985 (42 %) kroků a na levé straně 996,9 kroků (31 %). Hladina korelační závislosti  $r = 0,76$ , tedy vysoká závislost a statistický test  $p = 0,03$  značí významný rozdíl. Kritériem měření prošlo 25 (83,3 %) měření na P a 29 (96,7 %) měření na L straně.

Polar naměřil mnohem přesnější údaje, než v případě 3 km/h. Na P straně naměřil 962,2 kroků (3,78 %) a na L straně 983,4 kroků (1,66 %). Rozdíly mezi P a L stranou je 21,2 kroků (2,12 %). Závislost měření mezi P a L,  $p = 0,3005$ , neukazuje statisticky významné rozdíly a korelace  $r = 0,07$  je slabá a nepoužitelná. Kritériem prošlo 15 (50 %) měření pro P stranu a 21 (70 %) měření pro levou stranu.

Garmin VF s rozdílem 4 (0,4 %) kroků mezi P a L. 960,5 kroků (3,95 %) naměřil na pravé straně a 956,5 kroků (4,35 %) na levé straně. Test statistické významnosti  $p = 0,70$  zjistila statisticky nevýznamný rozdíl. Korelace  $r = 0,883$  svědčí o vysoké závislosti. Kritériu vyhovělo 27 měření na pravé straně, tedy (90 %) a 24 měření na levé straně (80 %).

Garmin VS zaznamenal rozdíl mezi P a L 1,1 (0,11 %) kroků s 24,8 kroky (2,48 %) na levé straně a 23,7 kroků (2,37 %) na pravé straně, které chyběly do 1000 kroků. Přístroj naměřil mezi P a L stranou statisticky nevýznamné rozdíly  $p = 0,76$  a korelaci  $r = 0,97$ , která ukazuje na velmi vysokou závislost. 27 měření (90 %) na obou stranách splnila kritérium.



Obrázek 14. Průměrné hodnoty celého výzkumného souboru při rychlosti 7 km/h

Tabulka 11. Hodnoty měření, kritéria, závislosti u celého výzkumného souboru při rychlosti 7 km/h

5 km/h Celý výzkumný soubor	Odchylka od 1000 kroků. (%)	Rozdíl mezi pravou stranou a levou stranou. (%)	Počet měření vyhovující kritériu $\pm 3$ %. (%)	Korelace mezi pravou a levou stranou (r)  Hladina statistické významnosti (p)
Yamax Digiwalker SW-700, P	-4,3 -(0,43 %)	3,3 (0,33 %)	29 (96,7 %)	r = 0,13 p = 0,05
Yamax Digiwalker SW-700, L	-1 -(0,1 %)		30 (100 %)	
Polar, P	-52,7 -(5,27 %)	7,9 (0,79 %)	10 (33,3 %)	r = 0,45 p = 0,52
Polar, L	-44,7 -(4,47 %)		13 (43,4 %)	
Garmin VF, P	-174,3 -(17,43 %)	100,8 (10,08 %)	8 (26,7 %)	r = 0,45 p = 0,00
Garmin VF, L	-275,2 -(27,52 %)		1 (3,3 %)	
Garmin VS, P	-108,4 -(10,84 %)	44,5 (4,45 %)	9 (30 %)	r = 0,51 p = 0,09
Garmin VS, L	-152,9 -(15,29 %)		4 (13,3 %)	

Z obrázku 15 lze vyčíst, že při rychlosti 7 km/h nejvíce podhodnocují oba náramky značky Garmin a nejpřesnější se ukázal opět Yamax, který naměřil velmi přesné hodnoty. Validitu a reliabilitu ukazuje tabulka 11.

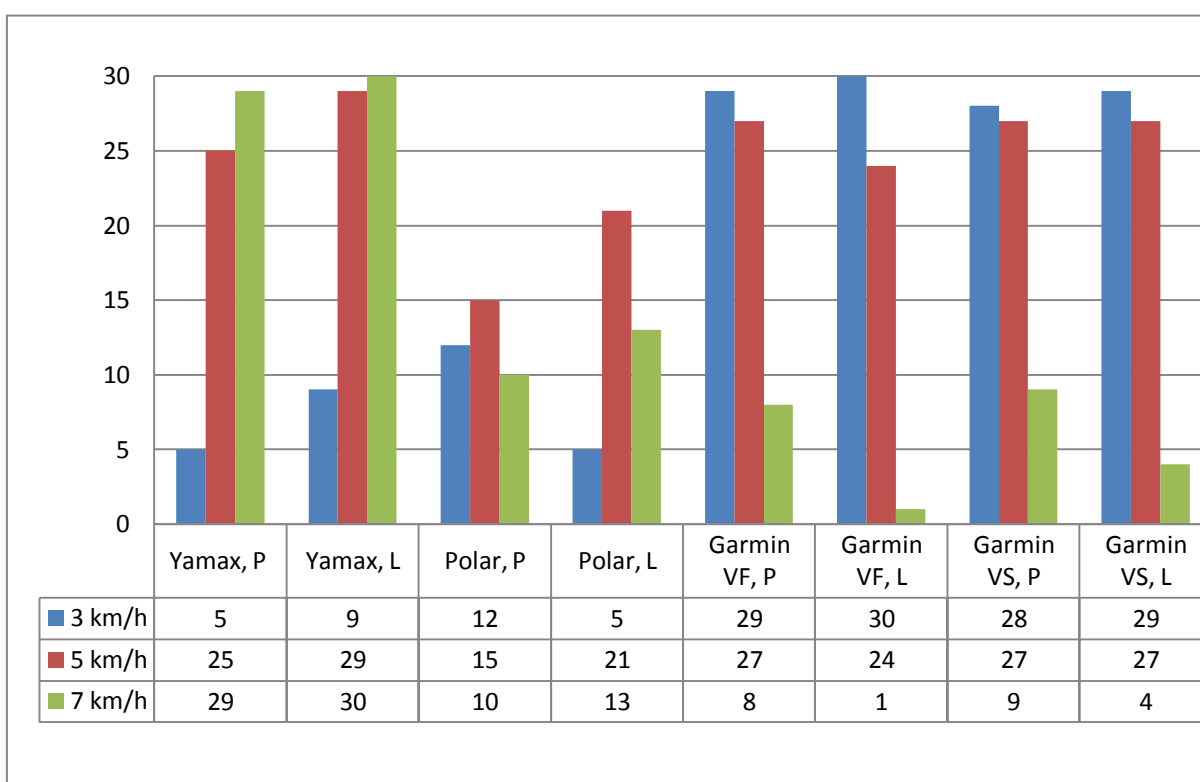
Yamax naměřil na levé straně 999 kroků (0,1 %) a na pravé 995,7 kroků (0,43 %). Rozdíl mezi P a L je 3,3 (0,33 %) kroků. V tabulce 9 lze vidět, že  $p = 0,05$ , což je statisticky nevýznamný rozdíl. Korelace mezi P a L  $r = 0,13$ , tedy slabá (nepoužitelná) závislost. Kritériu vyhovělo 29 měření, tedy 96,7 % na pravé straně a všech 30 měření (100 %) na levé straně.

Polar naměřil 955,3 (5,47 %) na levé straně a 947,3 (5,27 %) na pravé straně. Rozdíl 7,9 (0,79 %) kroků, statistická závislost je 0,52, tedy statisticky nevýznamný rozdíl,  $r = 0,4536$

značí střední závislost. 10 měření (33,3 %) splnilo kritérium na pravé straně a 13 měření (43,4 %) na levé straně.

Garmin VF dopadl v tomto měření nejhůře s 825,7 kroky (17,43 %) na pravé straně a 724,8 kroky (och. 27,52 %) na levé straně rozdíl mezi P a L je 100,8 kroků (10,08 %), takže i hladina statistické významnosti  $p = 0,00$  dopadla s významným rozdílem,  $r = 0,45$  značí střední závislost. Kritériem  $\pm 3 \%$  měření prošlo 8 měření (26,7 %) na pravé straně a 1 měření (3,3 %) na levé straně.

Garmin VS naměřil hodnotu na pravé straně 891,6 (10,84 %) a na levé straně 847,1 (15,29 %). Rozdíl tedy mezi P a L je 44,5 kroků (4,45 %),  $r = 0,51$  reprezentuje střední závislost a  $p = 0,09$  je statistický nevýznamný. 9 měření (30 %) na pravé straně a 4 měření (13,3 %) splnila kritérium.



Obrázek 15. Přesnost stejných druhů přístrojů při různé rychlosti (čísla značí počet měření vyhovující kritériu  $\pm 3 \%$ )

Obrázek 16 znázorňuje platnost testu stejných druhů měřících přístrojů při všech testovaných rychlostech (3 km/h, 5 km/h, 7 km/h). Kritériem byl japonský standard  $\pm 3 \%$  odchylky. Jako nejplatnější a nejspolehlivější krokomeř se ukazují krokoměry značky Yamax Digiwalker (Lee, & Tudor-Locke, 2004). Velmi těsné korelace ( $r = 0,98$ ) a minimální rozdíly

oproti přímému sledování (0,1 %) byly zjištěny také při srovnávání počtu kroků při chůzi u pedometrů Yamax Digiwalker umístěných na pravém a levém boku (Bassett et al., 1996; Crouter et al., 2003).

Yamax byl přesnější u měření při vyšších rychlostech. Pedometr pracuje na principu vertikální oscilace, tedy otevírání a zavírání elektrického obvodu pomocí pružiny, která reaguje na houpavou lidskou chůzi nebo běh. Při rychlosti 3 km/h proband našlapoval na podložku jemně, bez trhavých pohybů, a tak krokoměr podhodnocoval skutečný počet kroků. Při rychlostech 5 km/h a 7 km/h proband zvýšil dynamiku chůze a s tím i vertikální oscilaci, při níž pružina překročila práh citlivosti a zaznamenala krok mnohem přesněji.

Polar ve většině měření nepřekonal ani z 50 % kritérium  $\pm 3$  %. Největší rozdíly mezi pravou a levou stranou zaznamenal při rychlosti 3 km/h, kde na pravé straně kritérium splnilo 12 měření a na levé straně 5 měření. Nejpřesněji zaznamenával při rychlosti 5 km/h. Polar dopadl nejhůře ze všech sledovaných přístrojů, ačkoli Polar u náramku Loop 2 udává chybu měření do 2 % (e-mailová odpověď na dotaz, P. Šácha, 21. 6. 2016). Garmin VF i Garmin VS zaznamenaly velmi kvalitní výsledky při rychlosti 3 km/h a 5 km/h, kde se do kritéria dostalo od 25/30 do 30/30 měření. Špatné výsledky přístroje zaznamenaly při rychlosti 7 km/h, kde naopak kritériem neprošlo ani 10 měření pro oba přístroje na P ani L straně.



## 5.2 Hodnocení rozdílů mezi muži a ženami

Tabulka 12. Rozdíly mezi muži a ženami ve validitě a reliabilitě ověřovaných přístrojů

	Muži			Ženy		
	Průměrný počet kroků	Počet měření vyhovující kritériu $\pm 3\%$ .	Korelace mezi pravou a levou stranou	Průměrný počet kroků	Počet měření vyhovující kritériu $\pm 3\%$ .	Korelace mezi pravou a levou stranou
Yamax, P, 3	793	2	0,49	865,2	3	0,37
Yamax, L, 3	838,7	3		875,9	6	
Polar, P, 3	993,7	8	0,64	917,3	4	0,26
Polar, L, 3	810,4	5		718,8	0	
Garmin VF, P, 3	999,9	14	0,24	996,1	15	0,31
Garmin VF, L, 3	998,3	15		996	15	
Garmin VS, P, 3	992,5	13	0,36	995,6	15	0,02
Garmin VS, L, 3	1002,1	14		995,7	15	
Yamax, P, 5	989,1	12	0,18	982,6	13	0,86
Yamax, L, 5	1000,7	15		993,1	14	
Polar, P, 5	971,2	7	0,09	953,2	8	0,07
Polar, L, 5	984,2	13		982,6	8	
Garmin VF, P, 5	963,9	14	0,999	957,2	13	0,74
Garmin VF, L, 5	964	14		949	10	
Garmin VS, P, 5	970,7	14	0,997	982	13	0,89
Garmin VS, L, 5	968	14		982,5	13	
Yamax, P, 7	994,1	14	0,06	997,4	15	0,45
Yamax, L, 7	999,7	15		998,3	15	
Polar, P, 7	973	7	0,25	921,7	3	0,76
Polar, L, 37	960,6	7		949,3	6	
Garmin VF, P, 7	858,7	4	0,37	792,7	4	0,53
Garmin VF, L, 7	721,8	1		727,9	0	
Garmin VS, P, 7	901,7	6	0,48	881,6	3	0,52
Garmin VS, L, 3	864,3	2		830	2	

Tabulka 11 ukazuje, že při rychlosti 3 km/h Yamax naměřil přesnější počty kroků u žen, tudíž je více validní, ale méně reliabilní, protože u mužů je střední závislost korelace, u žen nízká. Polar se ukázal přesnější pro mužskou populaci, kterým naměřil vyšší průměrně hodnoty počtu kroků a tím i větší počet měření vyhovující kritériu  $\pm 3$  %. Korelace pro muže ukazuje opět střední závislost a u žen nízkou. Garmin – VivoFit 3 mužům naměřil přesnější hodnoty počtu kroků, ale ženám prošla všechna měření kritériem. Mužům neprošlo pouze jedno. Minimální rozdíl ukazuje korelace muži ( $r = 0,24$ ) a ženy ( $r = 0,31$ ), což značí nízkou závislost. Garmin VS naměřil velmi podobnou odchylku od 1000 mužům i ženám. Ženám všech 15 měření prošlo kritériem  $\pm 3$  %, mužům neprošla 3 měření. Korelace mužům opět ukázala nízkou závislost, ale ženám slabou (nepoužitelnou) závislost.

Rychlost 5 km/h u Yamax ukázal především velký rozdíl v reliabilitě, kde korelace u žen dosáhla hodnoty ( $r = 0,86$ ), tedy vysokou závislost a pro muže ( $r = 0,18$ ), což je slabá (nepoužitelná) závislost. Počty kroků měli muži i ženy přibližně stejné a také stejný počet měření vyhověl kritériu. Polar naměřil pro muže lehce přesnější hodnoty a o 4 měření více vyhověly kritériu  $\pm 3$  %. Korelace mezi přístroji na L a P straně pro muže i ženy dosáhly slabé (nepoužitelné) hodnoty. Garmin VF a Garmin VS naměřil velmi přesně hodnoty korelace pro muže. Pro Garmin VF ( $r = 0,999$ ) a Garmin VS ( $r = 0,997$ ) což značí velmi vysokou závislost, blízkí se naprosté (funkční) závislosti. Ženám korelace naměřila vysokou závislost pro oba přístroje. Počty kroků se u obou přístrojů mezi muži a ženami výrazně nelišili, stejně tak i platnost testování, kterou měli muži nepatrně vyšší.

Při rychlosti 7 km/h Yamax naměřil přesnější počty kroků u žen, tudíž je více validní i více reliabilní, protože u mužů je slabá (nepoužitelná) závislost korelace, u žen střední. Polar se ukázal přesnější pro mužskou populaci, kterým naměřil vyšší průměrně hodnoty počtu kroků a tím i větší počet měření vyhovující kritériu  $\pm 3$  %. Korelace pro muže ukazuje nízkou závislost a u žen vysokou. Garmin – VivoFit 3 mužům naměřil daleko přesnější hodnoty počtu kroků, ale ženám prošlo pouze o jedno měření kritériem méně než mužům. Rozdíl ukazuje korelace u mužů nízká závislost a u žen střední závislost. Garmin VS opět naměřil lepší výsledky mužům než ženám v počtu kroků i v počtu měření, jež prošla kritériem. Korelace mužům i ženám ukázala střední závislost.

### 5.3 Vyhodnocení nejpřesnějšího přístroje

Jako kritérium pro hodnocení nejpřesnějšího měřicího přístroje jsem zvolil průměrný počet kroků, průměrný počet měření, které splnily kritérium  $\pm 3$  % oproti přímému pozorování, Průměrnou směrodatnou odchylku a průměrné variační rozpětí ve všech třech měření na pravé i levé straně pro nejen vyhodnocení nejpřesnějšího přístroje, ale také pro zjištění, na jaké straně měří přesněji, viz tabulka 13.

Tabulka 13. Vybrané hodnoty pro hodnocení nejpřesnějšího přístroje (hodnoty jsou průměry všech měření jednotlivými přístroji bez ohledu na rychlost)

	Průměrný počet kroků	Průměrný počet měření (%), splňující kritérium $\pm 3$ %	Průměrná SD	Průměrné R
Yamax, P	936,89	19,67 %	69,33	284,00
Yamax, L	951,07	22,67 %	57,23	299,00
Polar, P	555,01	12,33 %	140,18	810,67
Polar, L	901,09	13,00 %	123,18	485,00
Garmin VF, P	928,08	21,33 %	102,02	354,00
Garmin VF, L	892,83	17,67 %	95,72	386,33
Garmin VS, P	954,01	21,33 %	69,67	307,67
Garmin VS, L	940,43	20,00 %	83,07	409,67

Na pravé straně se jako nejpřesnější ukázal přístroj Garmin VS, který byl průměrně pouze o 1 krok horší než Polar, spolu s Garmin VF měl stejný počet měření, která splnila kritérium  $\pm 3$  % oproti přímému pozorování, směrodatná odchylka se spolu s Yamax ukázala jako nejnižší a variační rozpětí naměřil pouze o 23 kroků více než Yamax.

Na levé straně byl nejpřesnější při všech kritériích Yamax, který byl průměrně o 11 kroků přesnější než Garmin VS, o 3 měření více Yamax splnil kritérium  $\pm 3$  %, směrodatnou odchylku naměřil opět nižší o 13 kroků než Garmin VS a o 87 kroků měl nižší variační rozpětí než Garmin VF. Nejpřesnějším přístrojem se stal Yamax připevněný na levou stranu, který naměřil o 3 kroky méně než Garmin VS na pravé straně, o 2 měření více prošlo kritériem než Garmin VS na pravé straně, měl nejnižší směrodatnou odchylku a pouze o 8 kroků vyšší variační rozpětí. Druhým nejlepším přístrojem je Garmin VS nošený na pravé ruce.

## 6 DISKUZE

Ověřování pohybové aktivity prostřednictvím různých měřících přístrojů je velmi častým tématem pro mnoho výzkumů. Převážná většina krokoměrů a akcelerometrů již byla mnohokrát zdokumentována a jako nejpřesnější se vždy jeví krokoměry řady Yamax Digiwalker. Fitness náramky jsou hitem posledních pár let, a tak validačních výzkumů není mnoho. Studie by neměla mít žádné větší nepřesnosti. V laboratorních podmínkách se většina faktorů, která by zapříčinila chyby v měření, redukuje. Probandi byli poučeni o průběhu při testování, aby se vyvarovali utírání potu nebo škrábání při testování, ale občasná ztráta kroku při porušení nehraje roli.

Z výsledků vyplývá, že Polar není vhodným přístrojem pro měření kroků. Jednak má velkou odchylku od přesného počtu kroků, ale také velkou směrodatnou odchylku a variační rozpětí, takže u přístroje nelze sledovat závislost počtu kroků od přesného počtu kroků. Nevýhodou přístroje je také to, že aktuální počet kroků zobrazí se zpožděním cca 30 vteřin. Garmin VF a VS jsou vhodné přístroje pro měření kroků při nízké rychlosti, kdy měří s minimální odchylkou a minimální směrodatnou odchylkou a variačním rozpětím. Při vyšších rychlostech se zvyšuje odchylka od přesně naměřených kroků, směrodatná odchylka se také zvětšuje a variační rozpětí je až kolem 500 kroků na 1000 krocích. Při rychlosti 7 km/h už je odchylka okolo 20 %, takže samozřejmě vyšší směrodatná odchylka a variační rozpětí.

El-Amrawy & Nounou (2015) provedli validační studii na 17 fitness náramků nebo hodinek pro měření kroků. Nejpřesnější výsledky ukázal Apple Watch, který měl odchylku oproti přímému pozorování 0,5 %, (SD = 25,8). V porovnání s Garmin VF který měl odchylku 0,2 %, (SD = 35,4) na pravé straně a 0,28 %, (SD = 8,0) na levé straně a Garmin VS s odchylkou 0,59 %, (SD = 10,6) na pravé straně a 0,1 %, (SD = 15,0) na levé straně při rychlosti 3 km/h prokázali přesnější měření. Polar Loop 2 při rychlosti 5 km/h a 7 km/h se může porovnat se Samsung Gear 1, 94 % (SD = 103,9), kde výsledky se lišily pouze o desetiny procenta. Polar Loop 2 měl ale nižší SD přibližně o polovinu. El-Amrawy & Nounou (2015) určili přesnost Garmin VivoFit 3 na 95,5 %, což se od měření v této studii liší při rychlosti 3 km/h o více než -5 %, při rychlosti 5 km/h o -0,55 % na pravé straně a o -0,15 % na levé straně. Při rychlosti 7 km/h už jsou rozdíly markantní (více než 12 %). O'Connell a kolektiv (2016) naměřili odchylku 4,66 % při chůzi na asfaltu, individuální rychlostí, oproti přímému sledování u přístroje Garmin VivoFit 3, což odpovídá v této studii výsledkům při rychlosti 5 km/h.

V této studii se fitness náramky testovaly při laboratorních podmínkách, což nevyovídá o tom, jak přesné jsou fitness náramky v běžném životě. Jako pokračování k této studii by se náramky měly otestovat i při běhu různou rychlostí, v kontrolovaných podmínkách a v terénních podmínkách.

## 7 ZÁVĚRY

- Polar je z měřených přístrojů nejméně přesný. Zaznamenává velké rozdíly v počtu splnění kritérií  $\pm 3$  % na pravé i levé straně u všech rychlostí. Garmin VF i Garmin VS mají tendenci se zvyšující se rychlostí měřit horší údaje. Nejvíce měření prošlo kritériem při rychlosti 3 km/h, které se blížilo téměř 100% úspěšností, rychlost 5 km/h byl pro oba přístroje přibližně 85% úspěšnost a při 7 km/h se úspěšnost nedostala přes třetinu měření.
- Přístroj Yamax má při rychlosti 3 km/h mezi pravou a levou stranou při všech rychlostech velmi malé odchylky. Se zvyšující se rychlostí se odchylky ještě zmenšují. Polar, podobně jako Yamax měří při vyšších rychlostech také velmi podobně na pravé i levé straně. Při nižších rychlostech je odchylka už kolem 19 %. Oba přístroje od Garminu mají minimální odchylku při rychlosti 3 km/h, a 5 km/h, ale při rychlosti 7 km/h už jsou odchylky mezi pravou a levou stranou velké.
- Přístroj Yamax naměřil přesnější hodnoty počtu kroků u žen. Polar se ukázal přesnější při měření u mužů. Přesněji změřil průměrné počty kroků a validita je o 6,7 % vyšší než u žen. Garmin VF a Garmin VS neukazují signifikantní rozdíly mezi muži a ženami.
- Do běžného života, kde uživatel přístroje nechodí pouze jednotnou rychlostí, ale rychlost chůze mění (od pomalé až k rychlé), se jako nejpřesnější se ukázal přístroj Yamax. Přesněji měří připevněný na levé straně. Druhý nejpřesnější přístroj je Garmin VS, přesněji měří na pravé ruce. Třetí nejlepší přístroj je Garmin VF. Přístroj opět měří přesněji na pravé ruce. Nejméně validní a reliabilní je Polar.

## 8 SOUHRN

Hlavním cílem této diplomové práce bylo realizovat a zpracovat validační studii přístrojů, Polar Loop 2, Garmin VivoFit 3 a Garmin VivoSmart v laboratorních podmínkách při chůzi rychlostí 3 km/h, 5 km/h a 7 km/h. Data byla zjišťována pro levou i pravou stranu. Validační studie se zúčastnilo 30 studentů a zaměstnanců Univerzity Palackého, z toho 15 mužů a 15 žen. Každý z probandů měl za úkol jít přirozenou chůzi přesně 1000 kroků na běhacím páse. Data byla zpracována v programu Microsoft Excel 2007, v tabulkách a grafech byla přehledně interpretována do výsledků této práce. Studie byla provedena v laboratorních podmínkách, a tak výsledky nejsou ničím limitovány. Tyto výsledky lze využít jako recenzi pro výběr kvalitního přístroje pro měření kroků nebo také pro kontrolu jiných studií zabývajících se validitou fitness náramků.

Výběr konkrétního vhodného modelu z pohledu validity a reliability je velmi obtížný. Z pohledu funkčnosti přístroje je nejdůležitější vlastností kvalita naměřených dat, konkrétně jejich stálost a přesnost.

Jak ukázaly výsledky měření, přesnost dat představuje v případě testovaných náramků velký problém především, co se týče spolehlivosti měření, která vykazovala pro všechny přístroje střední závislost při opakovaných měření. Kritérium  $\pm 3 \%$ , určovalo validitu přístroje.

## 9 SUMMARY

The main objective of this thesis was to realize a validation study of the devices, Polar Loop 2, Garmin VivoFit 3 and Garmin VivoSmart in laboratory conditions at walking speed of 3, 5 and 7 kph. Data was ascertained for the left and right side. A validation study was attended 30 students and staff of Palacky University, which of 15 was men and 15 women. Each of the probands was supposed to naturally walking exactly 1000 steps on treadmill. Data were processed in Microsoft Excel 2007. Charts and graphs were synoptic interpreted the results of this work. The study was realized in laboratory conditions, so the results are nothing limited. These results can be used as a review for select the quality activity tracker for measuring steps, or for checking the other studies dealing with the validity of activity tracker.

Selecting a specific suitable model from the perspective of validity and reliability is very difficult. From the viewpoint of functionality device are the most important quality properties of the measured data, in particular their stability and accuracy.

As shown by the results of the measurement, accuracy of the data is tested in the case of activity tracker big problem especially as regards the reliability of the measurement, which showed in all devices medium dependence with repeating measurements. The criterion of  $\pm 3\%$ , determined the validity of the instrument.



## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Andersen, B. L., Anderssen, S., Bachl, N., Banzer, W., Brage, S., Brettschneider, W. D., Ekelund, U., Fofelholm, M., Froberg, K., Larins, V., Naul, R., Oppert, J. M., Page, A., Reggiani, C., Riddoch, Ch., Rütten, A., Saltin, B., Sardinha, L. B., Tuomilehto, J., Van Mechelen, W., & Vass, H. (2008). *EU Physical Activity Guidelines Recommended Policy Actions in Support of Health-Enhancing Physical Activity*. Brussels: Sport & Health.
- Bass, S. (2000). The Prepubertal Years: A Uniquely Opportune Stage of Growth When the Skeleton is Most Responsive to Exercise?. *Sports Medicine*, 30(2), 73-78.
- Bassett, D. R. Jr., Ainsworth, B. E., Jr., Leggett, S. R., Mathien, C. A., Main, J. A., Hunter, D. C., & Duncan, G. E. (1996). Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(8), 1071–1077.
- BCRPA. (2006). *Pedometer handbook*. Retrieved 18. 2. 2016 from the World Wide Web: [http://www.bcrpa.bc.ca/walking/documents/BCRPA\\_Pedometer\\_Handbook.pdf](http://www.bcrpa.bc.ca/walking/documents/BCRPA_Pedometer_Handbook.pdf)
- Bedáňová, I., & Večeřek, V. 2007. *Základy statistiky pro studující veterinární medicíny a farmacie*, Retrieved 20. 6. 2016 from the World Wide Web: <http://cit.vfu.cz/stat/FVL/Skripta.pdf>.
- Behren, T. K., & Dinger, M. K. (2005). Ambulatory physical activity patterns of college students. *American Journal of Health Education*, 36(4), 221-227.
- Behren, T. K., Hawkins, S. B., & Dinger, M. K. (2005). Relationship between objectively measured steps and time spent in physical activity among free-living college students. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 9(2), 67-77.
- Bennett, G. G., Wolin, K. Y., Puleo, E., & Emmons, K. M. (2006). Pedometer-determined physical activity among multiethnic low-income housing residents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(4), 768.
- Blahuš, P., & Měkota, K. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově* (1 st ed.). Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Bouchard, C., & Rankien, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6), 446-451.
- Clemes, S. A., Hamilton, S. L., & Griffiths, P. L. (2011). Summer to winter variability in the step counts of normal weight and overweight adults living in the UK. *Journal of Physical Activity & Health*, 8(1), 36-44.

- Compendium of Physical Activities, (2011), *17-Walking*, Retrieved 18. 2. 2016 from the World Wide Web: <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/Activity-Categories/walking>
- Crouter, S. E., Schneider, P. L., Karabulut, M., & Bassett, D. R. Jr. (2003). Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(8), 1455– 1460.
- De Cocker, K. A., De Bourdeaudhuij, I. M., & Cardon, G. M. (2009). What do pedometer counts represent? A comparison between pedometer data and data from four different questionnaires. *Public Health Nutrition*, 12(01), 74-81.
- Dobřý, L., Čechovská, I., Kračmar, B., & Psotta, R. (2009). *Tělesná výchova a sport mládeže v 21. století*. Brno: Masarykova univerzita.
- El-Amrawy, F., & Nounou, M. I. (2015). Are currently available wearable devices for activity tracking and heart rate monitoring accurate, precise, and medically beneficial?. *Healthcare Informatics Research*, 21(4), 315-320.
- Frömel, K., Novosad, J., & Svozil, Z. (1999). *Pohybová aktivita a sportovní zájmy mládeže*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- 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.
- Hendl, J., & Dobřý, L. (2011). *Zdravotní benefity pohybových aktivit: monitorování, intervence, evaluace*, (1st ed.). Praha: Univerzita Karlova.
- Hornbuckle, L. M., Bassett Jr, D. R., & Thompson, D. L. (2005). Pedometer-determined walking and body composition variables in African-American women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(6), 1069-1074.
- Hnízdil, J., Škopek, M., & Havel, Z. (2012). Validita a reliabilita akcelerometru S3+ pro měření rychlosti chůze a běhu systémem Polar RCX5. *Studia Sportiva*, 6(1), 61-68.
- Chráška, M. (2000). *Základy výzkumu v pedagogice*. Olomouc: Univerzita Palackého.

- Kemper, H. C., & van Mechelen, W. (1995). Methods of measurements used in the longitudinal study. In H. C. G. Kemper, *The Amsterdam Growth Study: A longitudinal analysis of health, fitness, and lifestyle*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kirtley, C. (2006). *Clinical Gait Analysis*. Washington: Elsevier.
- Latt, M. D., Menz, H. B., Fung, V. S., & Lord, S. R. (2008). Walking speed, cadence and step length are selected to optimize the stability of head and pelvis accelerations. *Experimental Brain Research*, *184*(2), 201-209.
- Le Masurier, G. C., Lee, S. M., & Tudor-Locke, C. (2004). Motion sensor accuracy under controlled and freelifing conditions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *36*(5), 905–910.
- Lee, C. M., & Gorelick, M. (2011). Validity of the Smarthealth watt to measure heart rate during rest and exercise. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, *15*(1), 18-25.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity* (1 st ed.). Praha: Galén.
- McKercher, C. M., Schmidt, M. D., Sanderson, K. A., Patton, G. C., Dwyer, T., & Venn, A. J. (2009). Physical activity and depression in young adults. *American Journal of Preventive Medicine*, *36*(2), 161-164.
- Mitsui, T., Shimaoka, K., Tsuzuku, S., Kajioka, T., & Sakakibara, H. (2008). Pedometer-determined physical activity and indicators of health in Japanese adults. *Journal of Physiological Anthropology*, *27*(4), 179-184.
- Montoye, H. J., Kemper, H. C., Saris, W. H., & Washburn, R. A. (1996). *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign: Human Kinetics.
- McCormack, G., Giles-Corti, B., & Milligan, R. (2006). Demographic and individual correlates of achieving 10,000 steps/day: use of pedometers in a population-based study. *Health Promotion Journal of Australia*, *17*(1), 43-47.
- Miller, R., & Brown, W. (2004). Meeting physical activity guidelines and average daily steps in a working population. *Journal of Physical Activity & Health*, *1*(3), 218-226.
- O'Connell, S., ÓLaighin, G., Kelly, L., Murphy, E., Beirne, S., Burke, N., & Quinlan, L. R. (2016). These Shoes Are Made for Walking: Sensitivity Performance Evaluation of Commercial Activity Monitors under the Expected Conditions and Circumstances Required to Achieve the International Daily Step Goal of 10,000 Steps. *PloS One*, *11*(5), e0154956.

- Payn, T., Pfeiffer, K. A., Hutto, B., Vena, J. E., LaMonte, M. J., Blair, S. N., & Hooker, S. P. (2008). Daily steps in midlife and older adults: relationship with demographic, self-rated health, and self-reported physical activity. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 79(2), 128-132.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink* (1st ed.). Praha: Grada Publishing.
- Polar. (2016). *Funkce zařízení Polar Loop 2*. Retrieved 1. 3. 2016 from the World Wide Web: [http://www.polar.com/cs/modelove\\_rady/lifestyle/loop2](http://www.polar.com/cs/modelove_rady/lifestyle/loop2)
- Psotta, R., Vodička, P., Heller, J., & Soukup, V. (2007). Validita a reliabilita akcelerometru ACTIGRAPH model GT1M: pilotní studie. *Česká kinantropologie*. 11(2), 35-44.
- Roemmich, J. N., Gurgol, C. M., & Epstein, L. H. (2004). Open-loop feedback increases physical activity of youth. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 668–673.
- Rowlands, A. V., & Eston, R. G. (2007). The measurement and interpretation of children's physical activity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(3), 270–276.
- Schmidt, M. D., Cleland, V. J., Shaw, K., Dwyer, T., & Venn, A. J. (2009). Cardiometabolic risk in younger and older adults across an index of ambulatory activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 37(4), 278-284.
- Sigmund, E. (2000). *Pohybová aktivita v životním způsobu dětí ve věku 11-12 let*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Sigmund, E., (2012). *Vybrané metodologické aspekty etiky výzkumu*. Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.
- Sigmund, E., Frömel, K., & Novosad, J. (2001). Validita a reliabilita určování energetického výdeje pomocí akcelerometrů a pedometrů. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 10(1), 11-24.
- Sirard, J. R., & Pate, R. R. (2001). Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Medicine*, 31(6), 439–454.
- Tehrani, K., & Michael, A. (2014). *Wearable technology and wearable devices: Everything you need to know*. Retrieved 29. 3. 2016 from the World Wide Web: <http://www.wearabledevices.com/what-is-a-wearable-device/>
- Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2001). *Research methods in physical activity* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2005). *Research methods in physical activity* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics

- Tudor-Locke, C. (2002). Taking steps toward increased physical activity: Using pedometers to measure and motivate. *President's Council on Physical Fitness and Sport Research Digest*, 3(17), 1-8.
- Tudor-Locke, C., Ham, S. A., Macera, C. A., Ainsworth, B. E., Kirtland, K. A., Reis, J. P., & Kimsey Jr, C. D. (2004). Descriptive epidemiology of pedometer-determined physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1567-1573.
- Tudor-Locke, C., Johnson, W. D., & Katzmarzyk, P. T. (2011). Relationship between accelerometer-determined steps/day and other accelerometer outputs in US adults. *Journal of Physical Activity and Health*, 8(3), 410-9.
- Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Brown, W. J., Clemes, S. A., DeCocker, K., Giles-Corti, B., Hatano, Y., Inoue, S., Matsudo, S. M., Mutrie, N., Oppert, J. M., Rowe, D. A., Schmidt, M. D., Schofield, G. M., Spence, J. C., Teixeira, P. J., Tully, M. A., & Blair, S. N. (2011). How many steps/day are enough? For adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 34(1), 1-8.
- Welk, G. J., Differding, J. A., Thompson, R. W., Blair, S. N., Dizura, J., & Hart, P. (2000). The utility of the Digi-Walker step counter to assess daily physical activity patterns. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 32, S481-S488.
- Whittle, M. W. (2007). *Gait analysis: an introduction*. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- WHO. (2016). *Physical activity*. Retrieved 18. 2. 2016 from the World Wide Web: [http://www.who.int/topics/physical\\_activity/en/](http://www.who.int/topics/physical_activity/en/).
- WHO. (2016). *What is Moderate-intensity and Vigorous-intensity Physical Activity?*. Retrieved 18. 2. 2016 from the World Wide Web: [www.who.int/dietphysicalactivity/physical\\_activity\\_intensity/en](http://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/en).
- Wyatt, H. R., Peters, J. C., Reed, G. W., Barry, M., & Hill, J. O. (2005). A Colorado statewide survey of walking and its relation to excessive weight. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 724-730.

# 11 ZÁZNÁMNÍ ARCH

3 km/h

Iniciály:

Pohlaví:

Věk:

Výška:

Hmotnost:

									100
									200
									300
									400
									500
									600
									700
									800
									900
									1000

5 km/h

									100
									200
									300
									400
									500
									600
									700
									800
									900
									1000

7 km/h

									100
									200
									300
									400
									500
									600
									700
									800
									900
									1000

3 km/h

Pravá				Levá			
Před měřením		Po měření		Před měřením		Po měření	
Y		Y		Y		Y	
P		P		P		P	
GVF		GVF		GVF		GVF	
GVS		GVS		GVS		GVS	

5 km/h

Pravá				Levá			
Před měřením		Po měření		Před měřením		Po měření	
Y		Y		Y		Y	
P		P		P		P	
GVF		GVF		GVF		GVF	
GVS		GVS		GVS		GVS	

7 km/h

Pravá				Levá			
Před měřením		Po měření		Před měřením		Po měření	
Y		Y		Y		Y	
P		P		P		P	
GVF		GVF		GVF		GVF	
GVS		GVS		GVS		GVS	

