

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2006

Vojtěch Soukup

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Hodnocení pohybové aktivity a energetického výdeje
akcelerometrem Actigraph GT1M**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Doc.PaedDr. Rudolf Psotta, Ph.D.

Zpracoval:

Vojtěch Soukup

Praha 2006

CHARLES UNIVERSITY OF PRAGUE

Faculty of Gym and Sport Education

**Assesment of physical activity and energy expenditure with
the Actigraph GT1M accelerometer**

Thesis

Supervisor:

Doc.PaedDr. Rudolf Psotta, Ph.D.

Author:

Vojtěch Soukup

Prague 2006

Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Doc.PaedDr. Rudolfu Psottovi, Ph.D. za odborné vedení práce, za praktické rady a za možnost využít jeho zkušenosti v této problematice. Dále děkuji všem probandům, se kterými jsem spolupracoval.

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně a uvedl v ní veškeré zdroje, které jsem v práci použil.

V Praze ...5.9.2006...

datum

Vojtěch Louhvar

podpis

Dávám souhlas k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům. Prosím o evidenci vypůjčovateli a případné přesné citování převzatých údajů.

Jméno a příjmení _____ Adresa _____ Datum vypůjčení _____

Abstrakt

Název práce:

Hodnocení pohybové aktivity a energetického výdeje akcelerometrem Actigraph GT1M

Cíle práce:

Cílem je ověřování platnosti a spolehlivosti mechanického detektoru pohybu – uniaxiálního akcelerometru typu Actigraph GT1M.

Metoda:

Práce se zaměřením na zkoumání :

A) Platnosti Actigraphu GT1M:

- pro měření počtu kroků (ověřování pro různé typy lokomoce, v různých rychlostech, resp. frekvenci kroků)
- pro odhad energetického výdeje – na základě analýzy vztahů sumy zrychlení (tzv. counts) na straně jedné a rychlosti lokomoce na straně druhé

B) Interinstrumentální spolehlivosti Actigraphu GT1M

Výsledky:

Akcelerometr je podle zvolených kritérií velmi platný v počítání kroků a odhadování energetického výdeje jako sumy zrychlení. Vztah mezi získanými daty o energetickém výdeji, ze dvou současně měřících akcelerometrů, naznačil, že přístroje nezobrazují stejné hodnoty. Vztah mezi získanými daty o počtu kroků, také ze dvou současně měřících přístrojů, ukázal hodnoty s minimálními rozdíly.

Klíčová slova: Akcelerometr – energetický výdej – pedometr – platnost – spolehlivost – kroky.

Abstrakt

Title of thesis:

Assesment of physical activity and energy expenditure with the Actigraph GT1M accelerometer.

Aim of the thesis:

Purpose of thesis is verification of validity and reliability of mechanical motion detector – Actigraph GT1M uniaxial accelerometer.

Methods:

Thesis with a view to research:

A) Validity of Actigraph GT1M:

- measurement of the numer of steps (verification for various types of locomotion, in various speeds or frequence of steps)
- estimate of energy expenditure – regarding on the analyse of relation between sum acceleration and speeds

B) Inter-instrumentel reliability of Actigraph GT1M

Results:

Regarding choosen criterion is accelerometer valid metod for calculation of the number of steps and estimate energy expenditure based on sum of acceleration. Relation between reached datas of energy expenditure, using two accelerometers at the same time, indicated different values from each device. Relation between reached datas of amount of steps, using two accelerometers at the same time, indicated almost no different values from each device.

Key words: Accelerometer – energy expenditure – pedometer – validity – reliability – steps.

OBSAH

1. ÚVOD.....	11
2. TEORETICKÁ ČÁST.....	12
2.1 Mechanické detektory pohybu.....	12
2.2 Rozdělení mechanických detektorů pohybu.....	12
2.2.1 Pedometry.....	12
2.2.2 Uniaxiální akcelerometry.....	13
2.2.3 Triaxiální akcelerometry.....	15
2.3 Co je „COUNTS“.....	15
2.4 Přehled studií o mechanických detektorech pohybu	18
3. CÍLE, ÚKOLY.....	24
3.1 Cíle práce.....	24
3.2 Úkoly práce.....	24
4. VÝZKUMNÁ ČÁST.....	25
4.1 Popis Akcelerometru GT1M.....	25
4.1.1 Principy práce s akcelerometrem.....	25
4.1.2 Ukládání dat v akcelerometru.....	26
4.1.3 Perioda sbírání dat.....	26
4.1.4 Zpracování nasbíraných dat.....	27
4.2 Průběh výzkumu.....	29
4.2.1 Charakteristika souboru.....	29
4.2.2 Pilotní měření.....	30
4.3 Metoda ověřování platnosti a spolehlivosti akcelerometru.....	30
4.4 Zpracování získaných dat.....	32

5. VÝSLEDKY.....	33
5.1 Sledování vztahu sumy zrychlení a rychlosti lokomoce.....	33
5.2 Sledování vztahu počtu kroků a rychlosti lokomoce.....	38
5.3 Sledování vztahu počtu kroků a sumy zrychlení.....	42
5.4 Ověřování interinstrumentální spolehlivosti měření energetického výdeje.....	47
5.5 Ověřování interinstrumentální spolehlivosti měření počtu kroků.....	53
6. DISKUZE.....	60
7. ZÁVĚR.....	66
POUŽITÁ LITERATURA.....	67
PŘÍLOHY.....	70

1. Úvod

Monitorování pohybové aktivity a diagnostika skladby pohybové aktivity je jedním z nejzávažnějším výzkumným problémem nejen ve sportu, ale i v běžném životě člověka. Měřit velikost pohybové aktivity je velmi obtížné, protože představuje široký komplex pohybového chování člověka. Tato skutečnost je zřejmá z toho, že pohybová aktivita teoreticky zahrnuje veškeré pohyby těla počínaje klidným sezením na židli a konče např. účastí v atletických disciplínách vrcholové úrovně.

Základní ukazatelé, kteří charakterizují pohybovou činnost jsou frekvence, intenzita, doba trvání pohybové činnosti, druh pohybové činnosti. Proto je nezbytné pro řešení této oblasti používat validní metody zjišťování pohybové aktivity. V současnosti je asi nejuznávanějšími ukazateli velikosti zatížení stanovení relativní energetické spotřeby. K takovému stanovení energetického výdeje slouží i akcelerometr Actigraph GT1M, který bude předmětem šetření v této práci.

Akcelerometry prošly značným vývojem a jejich možnosti jsou pravděpodobně mnohem větší, než pouze zaznamenávat pohybovou aktivitu za dlouhé časové úseky, řádově hodiny, dny, měsíce. Tato skutečnost je důvodem k zpracování této práce, která ověřuje limity akcelerometru GT1M.

2. TEORETICKÁ ČÁST

Literatury na téma odhad energetického výdeje během pohybové aktivity je poměrně mnoho, ovšem pouze malá část se zabývá přístroji typu Actigraph GT1M. Čerpali jsme ze studií od zahraničních autorů.

2.1 Mechanické detektory pohybu

Mechanické detektory pohybu přístroje, které sbírají data o pohybu popř. akceleraci. Jsou připevněné k trupu nebo končetině těla měřeného. Existuje několik různých typů mechanických detektorů pohybu, od jednoduchých pedometrů (počítač kroků) až po triaxiální akcelerometry (FREEDSON a MILLER 2000).

2.2 Rozdělení detektorů pohybu

2.2.1 Pedometry

První pedometr byl zkonstruovaný přibližně před 500 lety Leonardem DaVincim. V současné době jsou pedometry využívány k odhadu množství lokomoce počítáním kroků. Reakcí na vertikální zrychlení při pohybu počítá pedometr kroky. Hlavní výhodou pedometru je jeho malá velikost, tudíž na těle nepřekáží, a nízká cena. Například pedometr Yamax Digiwalker 500 (Yamax, Tokyo, Japan) má rozměry 52 x 39 x 19 mm a stojí zhruba 500 Kč. Nicméně pedometr je omezen při měření obvyklé aktivity hned z několika důvodů. První z nich je, že neposkytuje informace o aktivitě za určitý časový interval. Také nezaznamenává aktivitu, která nezahrnuje lokomoci, takže cvičení kde pracuje horní polovina těla a izometrická cvičení. Dále napětí pružiny v různých pedometrech může vést k větší proměnlivosti mezi přístroji, tím pádem je i porovnání studií složitější. Pedometry nejsou přesné ve velmi nízkých a zrovna tak ve velmi vysokých rychlostech. O pedometrech lze říci, že jsou méně vhodné pro odhad obvyklé tělesné aktivity. Ale pokud předmětem měření bude chůze, tak pedometr poskytuje velmi přesný údaj o celkovém počtu kroků za dobu měření (MELANSON a FREEDSON 1996).

Výstupová data poskytovaná pedometrem jsou v nejjednodušší formě v podobě celkového počtu kroků. Ovšem pokud je zadána délka kroku, může být vymezena ujitá vzdálenost. Pokud je zadána tělesná hmotnost, jsou některé pedometry schopné také odhadovat počet spálených kalorií. Energetický výdej je přesnější, čím větší část aktivity je chůze (FREEDSON a MILLER 2000).

Pedometr nebyl široce využíván u věkově různé populace pro odhad pohybové aktivity. Pouze Eston a kol. (1998) šetřil využitelnost Yamax Digiwalker pedometru pro monitorování tělesné aktivity u dětí. Korelace mezi kroky nasbíranými pedometrem a absorpcí kyslíku na chodícím pásu byla $r = 0.78$. Korelace neorganizované aktivity během hraní mezi kroky nasbíranými pedometrem a absorpcí kyslíku, odvozené ze srdeční frekvence, byla $r = 0.88$. Závěrem lze říci, že pedometry nejsou vhodným přístrojem pro odhad tělesné aktivity. Ovšem pokud potřebujeme znát údaje o krocích a víme, že aktivitou bude chůze, pak u pedometru nalezneme vhodné využití.

2.2.2 Uniaxiální akcelerometry

Uniaxiální akcelerometr je mnohem komplexnější přístroj než pedometr. Měří akceleraci (zrychlení) v jednom směru, obvykle ve směru vertikálním. Může být připevněn na trup nebo na končetině těla měřeného. Princip využití akcelerometrů k odhadu pohybové aktivity vychází ze vztahu, že akcelerace je přímo úměrná svalové práci, proto také souvisí s energetickým výdejem (MONTTOYE a KOL. 1996).

V současné době se akcelerometry stávají jedinečnými a užitečnými přístroji pro měření tělesné aktivity. Přístroj je malý, neobtrusivní, s velkou pamětí, schopný monitorovat a uschovat dočasné údaje o aktivitě v relativně krátkých časových intervalech po dobu dnů až týdnů. Navíc akcelerometr měří jak intenzitu, tak pohyb jako takový. Nicméně, ne všechny aktivity se projevují jako zrychlení nebo brždění. (MONTTOYE a KOL. 1996).

Akcelerometr Caltrac (Muscle Dynamics Fitness Network, Torrence, Kalifornie) o rozměrech 7 x 7 x 2 cm byl jedním z prvních komerčně prodávaným akcelerometrem pro výzkum a lékaři využíván u svých klientů pro odhad spálených kalorií za den. Obvykle je připevněn na boku a měří zrychlení trupu. Zadáním věku, výšky, váhy a

pohlaví odhaduje a ukládá data o klidovém metabolismu během doby měření. Při jakémkoliv pohybu, který přístroj zaznamená, dochází k odhadu spálené energie, a ta je přidána k údajům o klidovém metabolismu. Pokud je předmětem šetření pouze kvalita a kvantita pohybu, údaje jako věk, pohlaví, výška a váha nejsou podstatné (FREEDSON a MILLER 2000).

Akcelerometr CSA (Computer Science and Applications, Florida) je novějším přístrojem než Caltrac. Jeho rozměry jsou 5,1 x 3,8 x 1,5 cm o hmotnosti 42,6 gm, zaznamenává akceleraci v rozsahu 0,05 – 2,0 G (FREEDSON a MILLER 2000).

Princip funkce akcelerometru je následující. Pohyb má za následek zrychlení které působí na konzolový nosník, vytvoření ohybového momentu, tak má za následek napětí na piezokeramickém konzolovém nosníku. Senzor akcelerometru, který produkuje náboj je pod napětím. Signál je filtrován a digitalizován 8-bitovým A/D konvertorem v poměru 10 údajů za sekundu. Každý signál je sečtený a uložený za určitý časový interval, pro další časový interval je počítadlo vynulováno (TYRON a WILLIAMS 1996).

Akcelerometr CSA se nastavuje a data stahují využitím rozhraní sériového portu PC. Nastavení aktigrafu spočívá v určení startovního času měření a intervalu záznamu dat. Stáhnutím dat do paměti PC je umožněna analýza dosažených dat skrze specializované programy (FREEDSON a MILLER 2000).

Akcelerometr Actillum (Ambulatory Monitoring, Inc., Ardsely, New York) o rozměrech 7 x 3,8 x 2,2 cm a váží 100 gm. Data je schopen sbírat 20-krát za sekundu, signál je filtrován a digitalizován 8-bitovým A/D konvertorem (FREEDSON a MILLER 2000).

Akcelerometr Kenz (Select 2 Model, Nagoya, Japan) o rozměrech 5 x 3 x 1 cm odhaduje spálené kalorie. Může sbírat data po dobu 7 dní v intervalu 1 dne (FREEDSON a MILLER 2000).

Akcelerometr Biotrainer (IM Systéme, Baltimore, MD) je velice podobný CSA akcelerometru, ale využívá se především v lékařství k záznamu pohybu během spánku u lidí s jeho poruchami (FREEDSON a MILLER 2000).

2.2.3 Triaxiální akcelerometr

Triaxiální akcelerometry měří akceleraci ve 3 směrech – vertikálním, horizontálním a mediolaterálním. Akcelerometr Tritrac-R3D (Homekinetics, Inc. Madison, WI) je nejběžnějším triaxiálním akcelerometrem o rozměrech 11,0 x 6,9 x 3,3 cm a hmotnosti 170 gm. Stojí přibližně 550 dolarů. Data o pohybu jsou, stejně jako u uniaxiálního akcelerometru, v „counts“ za 1 minutový až 15 minutový časový interval pro každý ze tří směrů a také kombinací všech směrů tzv. vektorová velikost. Při nejkratším intervalu (1 minuta) je akcelerometr schopen záznamu dat po dobu 60 dnů. Měření nemá přístup k manipulaci s daty během měření. Před měřením jsou zadána vstupní data o měřeném – tělesná hmotnost, tělesná výška, věk a pohlaví. Zaznamenaná data v „counts“ jsou přepočítána na energetický výdej v kilokaloriích. Prostřednictvím programu pro akcelerometr Tritrac-R3D je možné data vyhodnotit a zobrazit na monitoru počítače, a to buď pro každou rovinu pohybu zvlášť nebo ve formě grafu výsledné pohybové aktivity ze všech třech směrů. Využití přístrojů Tritrac-R3D ve výzkumu je široké, a to u dětí, u velmi staré populace k měření celodenní i delší pohybové aktivity. Také nachází využití u výjimečných skupin, např. obézní nebo pacienti s roztroušenou sklerózou (FREEDSON a MILLER 2000).

Mezi zatížením měřeným akcelerometrem Tritrac-R3D a zatížením vyjádřeným srdeční frekvencí, zjistil Coleman et al. (1997) koeficient validity $r = 0.71$. Na základě obdobných měření, ale mezi přístroji Tritrac a Caltrac, uvádí Welk a Corbin (1995) korelační koeficient $r = 0.88$ a mezi přístroji Tritrac a PAL uvádí Matthews a Freedson (1995) korelační koeficient $r = 0.82$.

Bouten a kol. (1994) vyvinuli triaxiální akcelerometr nazývaný Tracmor. Jednotka obsahuje 3 uniaxiální akcelerometry. Tracmor má frekvenci v rozsahu od 0 do 600 Hz a rozsah ± 10 G. Signál je digitalizován ve 100 Hz a převáděn na $m \times sec^2$. Signály jsou omezeny na 20 Hz frekvenci, takže zařízení neregistruje pohyb na této frekvenci.

2.3 Co je „COUNTS“

Za velmi důležité považujeme vysvětlení pojmů „counts“. První výstupová data, která dostaneme z měření akcelerometry jsou, mimo případných kroků, tzv. counts.

Pouhý překlad tohoto anglického slova nestačí. Pohybové „counts“ reprezentují množství změřeného pohybu během času. „Counts“ v daném cyklu budou lineárně souvislé na intenzitě fyzické aktivity měřeného během cyklického období. 1 Count je stejný jako 16 mili G za sekundu. Pohybové „counts“ je jednoduchý součet zrychlení změřených za cyklické období.

Freedson a kol. (1998) se zabýval vymezením určitých hladin „counts“ pro určité intenzity zatížení. Ve studii byl použit uniaxiální akcelerometr CSA (Computer Science and Applications, Florida). Cílem bylo určit takové hladiny pro intenzity zatížení (lehká, střední, těžká a velmi těžká), které by odpovídaly již známým hladinám intenzity zatížení v „Mets“.

Jednotky „MET“ se používají k odhadnutí množství kyslíku spotřebovaného tělem během fyzické aktivity. Pro lepší představu 1 MET je definován jako výdej energie při klidném sedu, když si třeba čtete nebo klidně telefonujete. U dospělé osoby je spotřeba kyslíku 3.5 ml kyslíku na jeden kilogram tělesné hmotnosti za jednu minutu ($3.5 \text{ ml O}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), což je přibližně jedna kilokalorie na jeden kilogram tělesné hmotnosti za jednu hodinu (Ainsworth et al., 1993).

Byla použita metoda měření 50 osob, a to 25 mužů a 25 žen, kteří absolvovali cvičení na běhacím pásu v laboratoři. Probandi byli sledováni ve třech cvičeních při různých rychlostech (4,8 a 6,4 km/h chůze a běh 9,7 km/h). Doba zatížení byla 6 minut a doba odpočinku 5 minut. Akcelerometr i přístroj na měření spotřeby kyslíku (běhací koberec) snímal data v intervalu 1 minuty, akcelerometr byl umístěn na pravém boku probanba. Ve výsledcích studie je dokázáno, že pohybové „counts“ a stálá spotřeba kyslíku byla vysoce souvztažná ($r = 0.88$) – více tabulka 2. Dále tento model předpovídá energetický výdej z pohybových „counts“ a tělesné hmotnosti, bylo to zjištěno použitím dat z náhodných vzorků 35 probandů ($r = 0.82$, $\text{SEE}=1.40\text{kcal/min}$). Vzájemná kontrola dat ze zbylých 15 subjektů neodhalila průkazné rozdíly mezi aktuálním a předpověděným energetickým výdejem v jakékoliv rychlosti cvičení ($\text{SEE}=0.5\text{-}1.4\text{kcal/min}$). Závěrem lze říci, že tato studie poskytla data, která mohou sloužit jako šablona, podle které může být aktivita rozdělena do hladin intenzit při použití akcelerometru.

Tabulka č. 1 – Pohybové činnosti v porovnání s MET

<i>Střední aktivita v rozmezí 3.0 – 6.0 METS (3.5 – 7.0 kcal/min)</i>	<i>Těžká aktivita v rozmezí Víc než 6.0 METS (víc než 7 kcal/min)</i>
- stolní tenis - tenis čtyřhra	- tenis dvouhra - vozičkářský tenis
- soutěžní volejbal (6 hráčů) - badminton - lukostřelba - šerm	- plážový volejbal - házená - squash - kopaná
- rekreační plavání - lyžování - sjezd (mírný svah)	- plavání – stálá rychlost při určité vzdálenosti
- jóga - gymnastika	- úpolové sporty - skákání přes švihadlo
- tancování	- rychlé, rytmické tancování
- box – pouze do pytle	- box – v ringu se sparing partnerem
- vodní aerobik	- běhání ve vodě
- jízda na kole pod 11km/h	- jízda na kole nad 11km/h
- softball – vnitřní nebo vnější polař	- lacrosse
- curling	- lyžování - běžky
- vodní lyžování	- vodní pólo

(AINSWORTH A KOL. 1993)

Tabulka č. 2– Hladiny intenzit zatížení

<i>Intenzita zatížení</i>	<i>Counts/min</i>	<i>MET</i>
Lehká aktivita	Méně než 1952 counts	Méně než 2.99 METS
Střední aktivita	1953 až 5724 counts	3.0 až 5.99 METS
Těžká aktivita	5725 až 9498 counts	6.0 až 8.99 METS
Velmi těžká aktivita	Více než 9498 counts	Víc než 9.0 METS

(FREEDSON a KOL. 1998)

2.4 Přehled studií o mechanických detektorech pohybu

V této části práce se budeme zabývat studii, které se nějakým způsobem dotýkají našeho šetření. Dosud jsem nenašel studii, která by se zabývala přístrojem Actigraph GT1M a ověřováním jeho validity nebo spolehlivosti. Důvodem může být skutečnost, že přístroj je poměrně novým výrobkem, do prodeje se dostal roku 2005. Proto se zaměřuji na studie, které se týkají mého šetření, ovšem akcelerometry jsou od jiných výrobců a jsou staršího data výroby. Samotná struktura a postup studií je velmi platným návodem, jak postupovat v mé práci. Samozřejmě Actigraph GT1M není absolutně odlišný od ostatních pohybových senzorů, tudíž je nezbytné znát závěry, samozřejmě také výsledky ze studií o ostatních akcelerometrech pro pozdější porovnání výsledků naší práce s ostatními akcelerometry.

Leenders a kol. (2003) se zabýval ve své studii schopností čtyřech různých senzorů pohybu rozlišit odlišné rychlosti chůze na chodícím koberci (Quinton Model 18-49C, Seattle, WA). V šetření se zaměřil na vztahy mezi rychlostí chůze a tělesným pohybem, a tělesným pohybem a energetickým výdejem. Porovnával tyto senzory pohybu: Tritrac-R3D (Homekinetics, Inc. Madison, WI), CSA (Computer Science and Applications, Florida), Mini-Logger Series 2000 (Minimitter Corp., Sunriver, OR) a Yamax Digiwalker 500 (Yamax, Tokyo, Japan). Bylo měřeno 28 osob, 11 mužů a 17 žen. Rychlost na chodícím koberci byla nastavena na 3.2, 4.0, 4.8, 5.6 a 6.4 km/h a měření trvalo 30 minut. Interval sběru dat byl, jak u pohybových senzorů, tak u přístroje na měření spotřeby kyslíku (Hans Rudolf, Kansas City, MO), 1minuta. Probandi absolvovali každou rychlost chůze po dobu 30 minut s odpočinkem 10 minut, měření neproběhlo během jednoho dne a do zpracování měření bylo zahrnuto 20 minut z 30 minut zatížení. Výstupová data z jednotlivých pohybových senzorů byla následující:

- Yamax Digiwalker: kroky $\times \text{min}^{-1}$ a kcal $\times \text{min}^{-1}$
- CSA: counts $\times \text{min}^{-1}$
- Tritrac: counts(ze 3 směrů) $\times \text{min}^{-1}$ a kcal $\times \text{min}^{-1}$
- Mini-Logger: counts $\times \text{min}^{-1}$
- Hans Rudolf: $(3.9 \times \text{VO}_2) + (1.1 \times \text{VCO}_2)$

Vztah mezi rychlostí chůze a tělesným pohybem ukázal velmi vysokou souvztažnost. U všech senzorů pohybu se pohyboval v rozmezí $r = 0.89$ až 0.93 . Vztah mezi tělesným pohybem a energetickým výdejem ukázal souvztažnost v rozmezí $r = 0.47$ až 0.97 . Akcelerometr Tritrac z dosažených dat odhadoval vyšší energetický výdej než ve skutečnosti mohl být a pedometr Yamax Digiwalker odhadoval energetický výdej nižší. Ze studie vyplývá, že testované monitory pohybu lépe odhadují různý tělesný pohyb v nižších rychlostech, než energetický výdej v nižších rychlostech.

Nichols a kol. (2000) ve své studii porovnává platnost akcelerometru CSA (7164 Model, Shalimar, Florida) v laboratoři a terénu. Platnost je ověřována na 60 dospělých (30 mužů a 30 žen) v laboratoři na chodícím koberci (Quinton Instruments, Seattle, Washington), kde kritériem měření je spotřeba kyslíku (SensorMedics Vmax29, Anaheim, Kalifornie). Probandi byli měřeni v rychlostech 3.2, 6.4 a 9.7 km/h s 0% sklonem a 6.4 km/h s 5% sklonem. Rychlosti byly vybrány tak, aby odpovídaly úrovním v Met: lehká (2-3.9), střední (4-6.9) a těžká (nad 7). Každou rychlost absolvovali probandi po dobu 5 minut a interval odpočinku byl 1 minuta. Na měření v terénu bylo vybráno 30 probandů z 60 probandů z laboratoře, skupina se skládala z 15 mužů a 15 žen. Měření proběhlo na tartanovém atletickém ovále 400m, byl využit sporttester (Polar CIC, Port Washington, New York). Určit přesnou rychlost probandům, nebylo možné, proto pokyn byl, aby šli procházkovým tempem, šli hbitě, poklusem, který jim vyhovuje. Doba zatížení a interval odpočinku byl stejný jako při měření v laboratoři. Rychlost byla zjištěna z ušlé vzdálenosti za druhou, třetí a čtvrtou minutu. Výsledky z laboratorního měření byly následující. Vztah mezi naměřenými counts a VO_2 byl velice lineární, korelace 0.89, $SEE=3.72 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), stejně tak vztah mezi naměřenými counts a rychlostí v terénu, korelace 0.89, $SEE=0.89 \text{ mil} \times \text{h}^{-1}$). Ovšem, značný rozdíl ve výsledcích byl zřejmý z naměřených counts v laboratoři a v terénu v intenzitě lehké a těžké. Autor se domnívá, že nastavení vycházející z měření v laboratoři není vhodné pro měření v terénu.

Schneider a kol. (2003) je autorem studie, ve které ověřuje spolehlivost a platnost 10 pedometrů pro měření kroků. Ve studii využil tyto pedometry (viz. Tabulka č. 3): Freestyle Pacer Pro (FR), Kenz Lifecorder (KZ), New Lifestyles NL-2000 (NL), Omron HJ-105 (OM), Oregon Scientific PE316CA (OR), Sportline 330 (SL330) a 345 (SL345),

Walk4Life LS 2525 (WL), Yamax Skeletone EM-180 (SK), a Yamax Digi-Walker SW-701 (DW). Testováno bylo celkem 20 probandů, z toho 10 mužů a 10 žen. Každý proband měl na obou bocích stejné pedometry. Kroky byli výzkumníky počítány vizuálně způsobem. Probandi šly chůzí vlastním tempem po atletickém oválu 400 metrů. Z dosažených výsledků byli vyvozeny tyto závěry. Pedometry Kenz Lifecorder, New Lifestyles NL-2000, Yamax Digi-Walker SW-701 byli nejpřesnější v počítání kroků, rozdíl od vizuálně napočítaných kroků byl +/- 3%. Pedometry Sportline 330 a Omron HJ-105 byli nejméně přesné, rozdíl od vizuálně napočítaných činil +/- 37%. Spolehlivost všech pedometrů, s výjimkou pedometru Sportline 330 (0.76), byla podle vyšší než 0.86. U modelů Kenz Lifecorder, New Lifestyles NL-2000, Omron HJ-105 a Yamax Digi-Walker SW-701 byla dokonce vyšší než 0.99. Z výsledků je zřejmé, že ne všechny pedometry počítají kroky a tím odhadují tělesnou aktivitu tak, jak by měly.

Tabulka č.3 – Přehled použitých pedometrů

Název	Model	Země výroby	Cena
Freestyle	Pacer Pro	China	\$ 20
Kenz	Lifecorde	Japan	\$200
New Lifestyles	NL-2000	Japan	\$ 50
Omron	HJ-105	China	\$ 27
Oregon Scientific	PE316CA	China	\$ 20
Sportline	330	Taiwan	\$ 13
Sportline	345	Taiwan	\$ 30
Walk4Life	LS 2525	Taiwan	\$ 29
Yamax	Skeletone	Japan	\$ 15
Yamax	SW-701	Japan	\$ 30

(SCHNEIDER A KOL. 2003)

v laboratoři byl přesný z akcelerometru CSA, kdežto akcelerometry Biotrainer a Tritrac odhadovaly větší množství spálené energie, v rozmezí 101 – 136%. Odhad energetického výdeje v terénu ukazovali všechny tři akcelerometry nižší než skutečně byl, v rozmezí 42 – 67%.

King a kol. (2004) se ve své studii zabývá porovnáním 5 akcelerometrů se zaměřením na jejich odhad energetického výdeje, kde kritériem měření spotřeba kyslíku. Byly porovnávány tyto akcelerometry: CSA (7164 Model, Shalimar, Florida), Biotrainer (IM Systéme, Baltimore, MD), Tritrac-R3D (Homekinetics, Inc. Madison, WI), RT3 a SenseWear Armband. Porovnání se účastnilo 21 probandů, 10 mužů a 11 žen. Měření probíhalo v laboratoři na běhacím koberci. Doba zatížení byla 10 minut a rychlost byla pro chůzi nastavena na 54, 80 a 107 m x min⁻¹ a na 10 minut pro běh v rychlostech 134, 161, 188 a 214 m x min⁻¹. Ve výsledcích nebyl pozorován větší rozdíl, jestli byl akcelerometr připevněn na levém nebo pravém boku (P<0.05) v jakékoliv rychlosti. U akcelerometrů Tritrac, Biotrainer a RT3 byl pozorován značný nárůst energetického výdeje během celé chůze i běhu (P<0.05). Stejný nárůst energetického výdeje zaznamenal Biotrainer a CSA do rychlosti 161 m x min⁻¹ (P<0.001). Ze studie vyplývá, že všechny porovnávané akcelerometry udávali větší množství energetického výdeje, jen CSA udával při velmi nízkých a vysokých rychlostech hodnoty energetického výdeje nižší.

Le Masurier a kol. (2003) porovnává pedometr s akcelerometrem. Vybral si dva konkurenční modely. A to, CSA (7164 Model, Shalimar, Florida) a Yamax Digiwalker 500 (Yamax, Tokyo, Japan). Přístroje podrobil dvěma testům. První byla chůze na běhacím koberci v rychlostech 54, 67, 80, 94 a 107 m x min⁻¹, kritériem měření bylo vizuální počítání kroků. Doba zatížení při jedné rychlosti byla 5 minut. Druhý test byla jízda automobilem po dlážděné silnici, cesta byla dlouhá 32,6 km. V prvním testu pedometr zaznamenal v rychlosti 54 m x min⁻¹ méně kroků než akcelerometr. V procentuálním vyjádření to bylo 75.4% naměřených kroků pedometru oproti 98.9% akcelerometru. V další rychlostech nebyl zaznamenán rozdíl mezi počty kroků testovaných přístrojů. Při druhém testu, jízdě autem, akcelerometr zaznamenal 17-krát vyšší záznam neexistujících kroků. Bylo to 250 kroků akcelerometru oproti 15 krokům pedometru. Výsledek testu ukazuje určité limity výše zmíněných přístrojů.

Poole a kol. (2004) se zabýval šetřením určitých fyzických nároků, které jsou kladeny na rozhodčí NFL (National Football League – Národní liga amerického fotbalu) během zápasu. Šetření se zabývalo skupinou 7 rozhodčích o průměrném věku 51 let, měření proběhla ve 4 přípravných zápasech. K měření byl použit sporttester (Polar CIC, Port Washington, New York) k měření tepové frekvence a akcelerometr CSA (7164 Model, Shalimar, Florida) k odhadu intenzity zatížení, energetického výdeje a celkové překonané vzdálenosti. Ze všech měření ($n = 28$) určil průměrnou tepovou frekvenci (121 t/min), průměrný energetický výdej (711kcal), průměrnou překonanou vzdálenost (5.9 km) a průměrnou intenzitu zatížení (37% ve střední intenzitě zatížení a 63% v lehké intenzitě zatížení). Překonaná vzdálenost byla různá podle pozice rozhodčího při utkání. Zadní rozhodčí překonal v průměru vzdálenost 7.3 km za zápas, kdežto hlavní čárový 4.6 km za zápas. Energetický výdej byl také různý podle pozice rozhodčího při utkání. Hlavní rozhodčí spálil 956 kcal za zápas, kdežto čárový rozhodčí spálil 537 kcal. Na základě této studie byly určeny výkonnostní požadavky na rozhodčí v americkém fotbale.

3. CÍLE, ÚKOLY

3.1 Cíle práce

Cílem je výzkum platnosti a spolehlivosti mechanického detektoru pohybu – uniaxiálního akcelerometru typu Actigraph GT1M.

3.2 Úkoly práce

K dosažení daného cíle jsme stanovili tyto úkoly:

- ▶ Rešerše literatury, získání detailních informací od výrobce
- ▶ Technické ověřování práce s aktigrafem
- ▶ Příprava a realizace ověřování validity a spolehlivosti u vybraných skupin populace
- ▶ Zpracování výsledků a jejich interpretace

4. VÝZKUMNÁ ČÁST

4.1 Popis Akcelerometru GT1M

Actigraph GT1M (Actigraph, LLC, Florida, USA), je uniaxiálním akcelerometrem, to znamená, že je schopen sbírat data o pohybu v jednom směru, a to vertikálním. Actigraph GT1M (dále jen akcelerometr) má rozměry 3.8 x 3.7 x 1.8 cm a hmotnost 27g. Skládá se z 16-bitového mikrořadiče s 12-bitovým čipem ADC, 1 Megabyte Flash paměti, polovodiče, regulátoru napětí, dobíjecí jednotky baterie, dobíjitelné 4.0V baterie a USB 2.0 rozhraní. Akcelerometr je používán v široké škále vědeckých studií. Například ve medicínském výzkumu, a to výzkumu obezity, poruch spánku, klinické drogové experimenty, a dále také zhodnocení sportovních výkonů.

4.1.1 Principy práce s akcelerometrem

Akcelerometr může být nošen na zápěstí, kotníku nebo u pasu. Pro energetický výdej (spálené kalorie pohybem) by měl být akcelerometr nošen nejméně 24 hodin v kuse k stanovení celkového energetického výdeje. Akcelerometr sbírá a zaznamenává pohyby těla. Funkce akcelometru je podmíněna pohybem těla. Proto musí být přístroj připravený u pasu buď připínátkem k opasku nebo na elastickém opasku. Přístroj může být připravený kdekoliv na těle pro přesný kalorický výdej, ale nejběžnějším místem nošení akcelerometru je u pasu na boku.

Pokud je žádoucí nosit akcelerometr na elastickém opasku, jednoduše se pásek provlíkne stranami akcelerometru a sepne se okolo pasu. Akcelerometr může být nošen přes nebo pod oblečením. Akcelerometr nepotřebuje být v kontaktu s kůží. Jeden požadavek tu je, přístroj musí být připraven k tělu pevně tak, aby nezaznamenával jiné pohyby než skutečné pohyby měřeného. Přístroj může být nošen i připnutý na opasku u kalhot. Jeho spínátko je připraveno na zadní straně akcelerometru. To umožňuje přístroj nosit jako Pager nebo telefon na opasku u kalhot. Stejně jako u připravení elastickým páskem, je nezbytné, aby byl přístroj připraven pevně, bez možnosti záznamu jakýchkoliv jiných pohybů než pohybů měřeného.

4.1.2 Ukládání dat v akcelerometru

Akcelerometr je opatřen 1 MB pevné přenosné paměti k ukládání dat, ta poskytuje 512000 slotů k ukládání dat. Což umožňuje zaznamenávat data po dobu 345 dní aktivity (counts) nebo 172 dní aktivity/krokoměru, pokud bude použita standardní doba intervalu záznamu 1 minuty.

Následující rovnice umožňuje určit počet minut, hodin a dnů sbírání dat akcelerometru, záleží na zvolené periodě.

$$\text{Minuty} = (512000 \times \text{perioda v sekundách}) / 60$$

$$\text{Hodiny} = (512000 \times \text{perioda v sekundách}) / 3600$$

$$\text{Dny} = (512000 \times \text{perioda v sekundách}) / 86400$$

Kapacita akcelerometru daleko převyšuje výdrž baterie (na jedno nabití). Ve většině případech budou data z akcelerometru stažena při každém dobíjení baterií.. Uživatel má však možnost i stáhnout data později.

4.1.3 Perioda sbírání dat

Akcelerometr sbírá a podává zprávu o tělesném pohybu ve „counts“. Akcelerometr prostřednictvím mikroprocesoru digitalizuje signál filtrovaného zrychlení, digitalizovaný signál je převáděn na číselnou hodnotu, číselná hodnota je ukládána jako součet zrychlení – counts. Po každém uložení hodnoty counts je počítadlo automaticky vynulováno. Výsledky jsou jednoduše posuzovány součtem zrychlování během doby trvání. Aktigraf posuzuje změny v zrychlení 30-krát za každou sekundu. Jsou-li použity jednominutové intervaly sběru dat, tak bude sečteno 1800 posouzení a tato hodnota je zapsána do paměti na konci určené doby trvání. Výsledky pohybu znázorňují posouzení pohybu během určitého času. Periodou sběru dat je myšleno rozlišení nahraných dat. Čím bude kratší doba, tím bude větší rozlišení z nasbíraných dat. Snížením doby nevzroste přesnost dat, jen hloubka dat bude vidět. Například jestli nastavíme dobu na jednu minutu, můžeme vidět jen data

v jednominutových intervalech. Ačkoliv jestli nastavíme dobu na jednu sekundu, můžeme vidět data v jednosekundových intervalech.

Akcelerometr je schopen sbírat data o pohybu (counts) v následujících časových intervalech:

Raw, Raw (nefiltrovaná) 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300 sekund.

Měření počtu kroků je možné od intervalu sběru dat 3 sekundy a výše.

Raw mód

Během Raw módu bude akcelerometr ukládat data o pohybu každých 33,3 ms (30Hz), shromážděná data jsou s mnohem větším rozlišením než data ze standardních módů. Akcelerometr má dost velkou kapacitu paměti, aby mohl „raw“ data sbírat po dobu přibližně 5 hodin.

Raw mód (Pre-filtred)

Během Raw (Pre-filtred) módu ukládá akcelerometr data o pohybu bez toho, aniž by byla filtrována, to slouží k odstranění pohybových dat, která byla způsobena umělým pohybem přístroje .

4.1.4 Zpracování nasbíraných dat

Vytvoření souboru o počtu kroků

Tato funkce vytvoří soubor o počtu kroků, který pak zakreslí a zmapuje data v MS Excel. Postup je následující, označíme datový soubor (.DAT), pak pojmenujeme soubor o počtu kroků, který z něho bude vytvořen. Jakmile bude soubor vytvořen, MS Excel ho otevře. MS Excel používá Macro k provedení této funkce, v nastavení MS Excel se Macro musí povolit. Kliknutím na obrázek „Actiman graphic“ začne grafické sestavování souboru s daty o krocích. Označíme soubor o počtu kroků vytvořený z datového, následně vybereme místo uložení a jméno souboru.

Vytvoření souboru o kaloriích

Tato funkce zpracovává datový soubor a generuje výstupní soubor v MS Excel. Většina uživatelů bude chtít převést aktivitu v „counts“ na kcal nebo METS. Pro akcelerometr nošený u pasu, tato funkce může odhadnout vynaložené kalorie fyzickou aktivitou z aktivity v „counts“. Také je v souboru o kaloriích určován počet kroků během hodiny a jejich souhrn, samozřejmě pokud to bylo požadováno v nastavení měření. Počet minut strávených v určité zátěži je rozděleno do 4 kategorií: lehká, střední, těžká, velmi těžká.

Označíme datový soubor (.DAT) a následně pojmenujeme a uložíme vytvořený soubor o kaloriích v MS Excel. Měření, respektive odhad energetického výdeje, provádí software akcelerometru alternativně, podle následujících regresních rovnic:

Regresní rovnice vycházející z rovnice kinetické energie hmotného bodu ($K=1/2*m*v^2$). Vychází z 2. Newtonova zákona ($W=F*s$):

$$kcal/min=0.000191*counts/min*body\ mass\ in\ kg$$

Rovnice podle Fredsona a kol. (1998):

$$kcal/min=0.00094*counts/min + 0.1346*body\ mass\ in\ kg - 7.37418$$

Rovnice kombinovaná: průměr výsledných hodnot dvou předešlých regresních rovnic

Vytvoření souboru o pohybu v COUNTS

Tato funkce vytvoří soubor o pohybu v COUNTS v MS Excel. Označíme datový soubor (.DAT), následně vybereme místo uložení a jméno souboru. Data budou znázorněna ve sloupci s příslušnými daty a časem.

4.2 Průběh výzkumu

V prosinci roku 2005 jsme obdrželi akcelerometr. V lednu roku 2006 jsme se nejprve zabývali překladem manuálu zaslaného výrobcem. V únoru a březnu jsme po seznámení s funkcemi akcelerometru spojili se zástupcem výrobce přístroje a řešili problém s nastavením přístroje k běžnému evropskému operačnímu systému Microsoft Windows XP. V této době jsme také analyzovali literaturu týkající se přístrojů podobného typu. V průběhu prvních praktických zkušeností s přístrojem v terénu, měsíce duben a květen, jsme museli řešit neustálé update softwaru výrobcem, celkem byl software změněn 9-krát. V měsících červnu, červenci a srpnu jsme se zabývali přípravou a realizací ověřování platnosti a spolehlivosti akcelerometru, nakonec jsme se věnovali závěrečným zpracováním textu diplomové práce.

4.2.1 Charakteristika souboru

V naší práci jsme v závěrečném měření spolupracovali se 4 probandy. Všichni probandi jsou aktivními hráči fotbalu stejného klubu SK Sparta Krč, účastník České fotbalové ligy. Probandi rozhodně nepatří do běžné netrénované populace, průměrný počet tréninkových jednotek za týden je 5 a 1 utkání. Před měřením byli seznámeni s přístrojem, který byl předmětem této diplomové práce a také s průběhem celého šetření.

Tabulka č.4 – Fyzické parametry probandů

Jméno a Příjmení	Věk	Váha v kg	Výška v cm
Proband 1	22	74.0	184.0
Proband 2	24	73.2	181.6
Proband 3	23	76.4	181.2
Proband 4	24	84.5	182.4

4.2.2 Pilotní měření

Výzkum byl prováděn v laboratoři Fakulty tělesné výchovy a sportu University Karlovy. Před hlavním měřením byla provedena tři pilotní měření. Ve třech měřeních jsme sledovali vždy čtyři probandy. V hlavním měření, které proběhlo 3.8. 2006 jsme sledovali také čtyři probandy. Důvodem bylo získání praktických zkušeností z práce s akcelerometrem, stanovit takový testovací protokol pro hlavní měření, který by vyhovoval našemu výzkumu.

4.3 Metoda ověřování platnosti a spolehlivosti akcelerometru

Předmětem výzkumu bylo ověřování platnosti energetického výdeje na základě analýzy vztahu sumy zrychlení (counts) na straně jedné a rychlosti lokomoce na straně druhé. Ověřování platnosti počtu kroků vycházelo z analýzy vztahu sumy počtu kroků na straně jedné a rychlosti lokomoce na straně druhé. Interinstrumentální spolehlivost akcelerometru byla ověřována na základě analýzy dat získaných ze současného měření dvěma přístroji.

Hlavní měření probíhalo v laboratoři Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Teplota vzduchu v laboratoři byla 25 °C – 26 °C, vlhkost vzduchu 67%, tlak 1019 hPa. Měření probíhalo na běhacím koberci s nastavitelnou rychlostí. Probandi byli před měřením seznámeni s testovacím protokolem, běhacím kobercem a akcelerometrem. Nastavení a upevnění dvou akcelerometrů na tělo měřeného bylo provedeno námi na pravý bok měřeného. Přístroje byly umístěny 1 cm nad sebou přímo na tělo měřeného, ne přes oblečení. Přístroje byly nastaveny na stejný startovní čas měření. Nastavení periody sbírání dat u obou přístrojů bylo 3 sekundy. Přístroje v této periodě zaznamenávaly data o zrychlení (counts) a počtu kroků.

Probandi absolvovali souvislé měření na běhacím koberci. Typ lokomoce na běhacím koberci byla chůze a běh. Chůzi probandi absolvovali v rychlostech 3, 4, 5, 6, 7 km/h. Interval zatížení byl 150 sekund (2 minuty a 30 sekund), interval odpočinku byl 60 sekund. Běh probandi absolvovali v rychlostech 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16

km/h. Interval zatížení byl 150 sekund (2 minuty a 30 sekund), interval odpočinku byl stanoven také na 60 sekund. Intervaly zatížení byly řazeny v náhodně zvoleném pořadí, shodném pro všechny čtyři probandy. A to v pořadí 3, 6, 4, 5, 7, 10, 15, 9, 14, 11, 16, 12, 13 km/h. Celé měření trvalo 49 minut a 30 sekund.

Průběh měření byl následující: *Tabulka č. 5*

Rychlost v <i>km/h</i>	Typ lokomoce	Interval zatížení/ odpočinku v <i>s</i>
3	chůze	150 / 60s
6	chůze	150 / 60s
4	chůze	150 / 60s
5	chůze	150 / 60s
7	chůze	150 / 60s
10	běh	150 / 60s
15	běh	150 / 60s
9	běh	150 / 60s
14	běh	150 / 60s
11	běh	150 / 60s
16	běh	150 / 60s
12	běh	150 / 60s
13	běh	150 / 60s

4.4 Zpracování získaných dat

Ze získaných dat u každého měřeného jsme pracovali pouze s daty v intervalech chůze a běhu. Z intervalů chůze a běhu bylo vyloučeno prvních 30 sekund. Důvodem, proč byly analyzovány intervaly chůze a běhu bez prvních 30 sekund, bylo, že při nastavení běhacího koberce na vyšší rychlosti zabere nějaký čas než běhací koberec dosáhne požadované rychlosti. Vyloučením prvních 30 sekund zatížení jsme měli naprosto jistotu, že pracujeme pouze s daty pro příslušnou rychlost. Pracovali jsme tedy, místo s 150 sekundami intervalu chůze a běhu, s 120 sekundami intervalu chůze a běhu. Získaná data jsme zpracovávali v programu Microsoft Excel 2002.

5. VÝSLEDKY

V této kapitole jsou shrnuty výsledky z provedených měření. Daná měření proběhla v laboratoři FTVS UK dne 3.8.2006 pod dohledem vedoucího diplomové práce Doc.PaedDr. Rudolfa Psotty, Ph.D. Z dosažených dat souvislého měření byly vyvozeny následující analýzy: Platnost akcelerometru – COUNTS, kdy kritériem byla rychlost; Platnost akcelerometru – KROKY, kdy kritériem byla rychlost; Platnost akcelerometru – KROKY, kdy kritériem byly counts; Ověřování spolehlivosti měření COUNTS ze dvou současně měřících akcelerometrů; Ověřování spolehlivosti měření KROKU ze dvou současně měřících akcelerometrů.

5.1 Sledování vztahu sumy zrychlení a rychlosti lokomoce

Následující výsledky poskytují informaci o platnosti akcelerometru pro odhad energetického výdaje, na základě analýzy vztahu sumy zrychlení (counts) a rychlosti lokomoce. Byla korelována data získaná z intervalu chůze a běhu (dále je IZ). Všechny korelace vztahu sumy zrychlení (counts) a rychlosti lokomoce jsou z celého souvislého měření najednou. Vyloučen byl interval odpočinku (dále jen IO) a prvních 30 sekund IZ (bylo zdůvodněno v kapitole 4.4). Korelace jsou uváděny v časových intervalech 3, 15, 30, 60, 120 sekund pro hlubší analýzu vztahu sumy zrychlení (counts) a rychlosti lokomoce z celého souvislého měření.

Proband 1:

Výstup tab.č.6 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů sumy counts(X) a rychlostí lokomoce za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace *rychlost a suma X/120 s.:* Aktigraf 1 = **0.87**, Aktigraf 2 = **0.85**

Tabulka č.6 : Suma counts/2 min.

Rychlost	Aktigraf 1-counts/2min	Aktigraf 2-counts/2min
<i>3km</i>	1068	768
<i>4km</i>	2968	2831
<i>5km</i>	4972	4840
<i>6km</i>	7110	7236
<i>7km</i>	8542	8854
<i>9km</i>	17209	15549
<i>10km</i>	17150	15642
<i>11km</i>	16750	14931
<i>12km</i>	17587	15918
<i>13km</i>	17494	15914
<i>14km</i>	16522	14713
<i>15km</i>	16038	14516
<i>16km</i>	15340	13600

Korelace rychlosti lokomoce a sumy counts(X) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *rychlost a suma X/3 s.*: Aktigraf 1 = **0.86**, Aktigraf 2 = **0.85**

Korelace *rychlost a suma X/15 s.*: Aktigraf 1 = **0.86**, Aktigraf 2 = **0.85**

Korelace *rychlost a suma X/30 s.*: Aktigraf 1 = **0.86**, Aktigraf 2 = **0.85**

Korelace *rychlost a suma X/60 s.*: Aktigraf 1 = **0.87**, Aktigraf 2 = **0.85**

Proband 2:

Výstup tab.č.7 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů sumy counts(X) a rychlostí lokomoce za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace *rychlost a suma X/120 s.*: Aktigraf 1 = **0.87**, Aktigraf 2 = **0.84**

Tabulka č.7: Suma counts/2 min.

Rychlost	Aktigraf 1-counts/2min	Aktigraf 2-counts/2min
<i>3km</i>	1562	1178
<i>4km</i>	3928	4204
<i>5km</i>	6300	6661
<i>6km</i>	9398	9820
<i>7km</i>	11817	12456
<i>9km</i>	20214	19900
<i>10km</i>	18788	18602
<i>11km</i>	19597	18918
<i>12km</i>	17877	17295
<i>13km</i>	18698	18127
<i>14km</i>	19933	18902
<i>15km</i>	17835	16860
<i>16km</i>	18329	17334

Korelace rychlosti lokomoce a sumy counts(X) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *rychlost a suma X/3 s.:* Aktigraf 1 = **0.86**, Aktigraf 2 = **0.83**

Korelace *rychlost a suma X/15 s.:* Aktigraf 1 = **0.86**, Aktigraf 2 = **0.83**

Korelace *rychlost a suma X/30 s.:* Aktigraf 1 = **0.86**, Aktigraf 2 = **0.84**

Korelace *rychlost a suma X/60 s.:* Aktigraf 1 = **0.86**, Aktigraf 2 = **0.84**

Proband 3:

Výstup tab.č.8 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů sumy counts(X) a rychlostí lokomoce za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace *rychlost a suma X/120 s.:* Aktigraf 1 = **0.91**, Aktigraf 2 = **0.91**

Tabulka č.8: Suma counts/2 min.

Rychlost	Aktigraf 1-counts/2min	Aktigraf 2-counts/2min
3km	1289	1529
4km	3965	3799
5km	6451	6302
6km	8962	8786
7km	12031	11529
9km	16962	18453
10km	15642	17150
11km	18248	19154
12km	18608	19684
13km	18344	19399
14km	18248	19154
15km	17388	18264
16km	18476	19533

Korelace rychlosti lokomoce a sumy counts(X) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *rychlost a suma X/3 s.:* Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.91**

Korelace *rychlost a suma X/15 s.:* Aktigraf 1 = **0.91**, Aktigraf 2 = **0.91**

Korelace *rychlost a suma X/30 s.:* Aktigraf 1 = **0.91**, Aktigraf 2 = **0.91**

Korelace *rychlost a suma X/60 s.:* Aktigraf 1 = **0.91**, Aktigraf 2 = **0.91**

Proband 4:

Výstup tab.č.9 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů sumy counts(X) a rychlostí lokomoce za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace *rychlost a suma X/120 s.:* Aktigraf 1 = **0.88**, Aktigraf 2 = **0.87**

Tabulka č.9: Suma counts/2 min.

Rychlost	Aktigraf 1-counts/2min	Aktigraf 2-counts/2min
<i>3km</i>	1941	1566
<i>4km</i>	4852	4876
<i>5km</i>	7711	8104
<i>6km</i>	10585	10966
<i>7km</i>	11973	12651
<i>9km</i>	19462	18369
<i>10km</i>	20095	18922
<i>11km</i>	20272	19279
<i>12km</i>	20696	19672
<i>13km</i>	21077	20316
<i>14km</i>	20254	19378
<i>15km</i>	18938	17894
<i>16km</i>	18866	17927

Korelace rychlosti lokomoce a sumy counts(X) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *rychlost a suma counts/3 s.:* Aktigraf 1 = **0.87**, Aktigraf 2 = **0.87**

Korelace *rychlost a suma counts/15 s.:* Aktigraf 1 = **0.88**, Aktigraf 2 = **0.87**

Korelace *rychlost a suma counts/30 s.:* Aktigraf 1 = **0.88**, Aktigraf 2 = **0.87**

Korelace *rychlost a suma counts/60 s.:* Aktigraf 1 = **0.88**, Aktigraf 2 = **0.87**

5.2 Sledování vztahu počtu kroků a rychlosti lokomoce

Následující výsledky poskytují informaci o platnosti akcelerometru pro počítání kroků, na základě analýzy vztahu počtu kroků a rychlosti lokomoce. Byla korelována data získaná z IZ. Všechny korelace vztahu počtu kroků a rychlosti lokomoce jsou z celého souvislého měření najednou. Vyloučen byl IO a prvních 30 sekund IZ. Korelace jsou uváděny v časových intervalech 3, 15, 30, 60, 120 sekund pro hlubší analýzu vztahu počtu kroků a rychlosti lokomoce z celého souvislého měření.

Proband 1:

Výstup tab.č.10 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů počtu kroků(Y) rychlostí lokomoce za časový interval 120 sekund a z celého souvislého měření.

Korelace *rychlost a suma Y/120 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.89**

Tabulka č.10: Suma kroky/2 min.

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 2-kroky/2min
3km	94	85
4km	203	206
5km	231	231
6km	254	253
7km	268	268
9km	321	321
10km	330	330
11km	336	337
12km	339	339
13km	344	344
14km	351	351
15km	356	357
16km	364	365

Korelace rychlosti lokomoce a sumy kroků(Y) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *rychlost a suma Y/3 s.*: Aktigraf 1 = **0.88**, Aktigraf 2 = **0.87**

Korelace *rychlost a suma Y/15 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.89**

Korelace *rychlost a suma Y/30 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.89**

Korelace *rychlost a suma Y/60 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.89**

Proband 2:

Výstup tab.č.11 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů počtu kroků(Y) rychlostí lokomoce za časový interval 120 sekund a z celého souvislého měření.

Korelace *rychlost a suma Y/120 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.90**

Tabulka č.11: Suma kroky/2 min.

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 2-kroky/2min
<i>3km</i>	84	84
<i>4km</i>	180	187
<i>5km</i>	211	210
<i>6km</i>	231	231
<i>7km</i>	248	248
<i>9km</i>	325	326
<i>10km</i>	330	330
<i>11km</i>	333	334
<i>12km</i>	345	345
<i>13km</i>	342	342
<i>14km</i>	340	338
<i>15km</i>	350	350
<i>16km</i>	349	348

Korelace rychlosti lokomoce a sumy kroků(Y) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *rychlost a suma Y/3 s.*: Aktigraf 1 = **0.89**, Aktigraf 2 = **0.87**

Korelace *rychlost a suma Y/15 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.89**

Korelace *rychlost a suma Y/30 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.90**

Korelace *rychlost a suma Y/60 s.*: Aktigraf 1 = **0.88**, Aktigraf 2 = **0.87**

Proband 3:

Výstup tab.č.12 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů počtu kroků(Y) a rychlostí lokomoce za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace *rychlost a suma Y/120 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.90**

Tabulka č.12: Suma kroky/2 min.

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 2-kroky/2min
<i>3km</i>	83	84
<i>4km</i>	193	192
<i>5km</i>	218	218
<i>6km</i>	233	233
<i>7km</i>	246	246
<i>9km</i>	340	341
<i>10km</i>	339	343
<i>11km</i>	345	346
<i>12km</i>	347	347
<i>13km</i>	352	352
<i>14km</i>	353	353
<i>15km</i>	362	362
<i>16km</i>	359	359

Korelace rychlosti lokomoce a sumy kroků(Y) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *rychlost a suma Y/3 s.*: Aktigraf 1 = **0.88**, Aktigraf 2 = **0.88**

Korelace *rychlost a suma Y/15 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.90**

Korelace *rychlost a suma Y/30 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.90**

Korelace *rychlost a suma Y/60 s.*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.90**

Proband 4:

Výstup tab.č.13 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů počtu kroků(Y) a rychlostí lokomoce za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace *rychlost a suma Y/120 s.*: Aktigraf 1 = **0.87**, Aktigraf 2 = **0.89**

Tabulka č.13: Suma kroky/2 min.

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 2-kroky/2min
<i>3km</i>	93	94
<i>4km</i>	204	204
<i>5km</i>	222	221
<i>6km</i>	239	239
<i>7km</i>	255	254
<i>9km</i>	324	324
<i>10km</i>	342	342
<i>11km</i>	322	322
<i>12km</i>	337	337
<i>13km</i>	332	332
<i>14km</i>	350	351
<i>15km</i>	334	334
<i>16km</i>	337	337

Korelace rychlosti lokomoce a sumy kroků(Y) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *rychlost a suma Y/3 s.*: Aktigraf 1 = **0.87**, Aktigraf 2 = **0.87**

Korelace *rychlost a suma Y/15 s.*: Aktigraf 1 = **0.89**, Aktigraf 2 = **0.89**

Korelace *rychlost a suma Y/30 s.*: Aktigraf 1 = **0.89**, Aktigraf 2 = **0.89**

Korelace *rychlost a suma Y/60 s.*: Aktigraf 1 = **0.89**, Aktigraf 2 = **0.89**

5.3 Sledování vztahu počtu kroků a sumy zrychlení

Následující výsledky poskytují informaci o platnosti akcelerometru pro počítání kroků, na základě analýzy vztahu počtu kroků a sumy zrychlení (counts). Byla korelována data získaná z IZ. Všechny korelace vztahu počtu kroků a sumy zrychlení (counts) jsou z celého souvislého měření najednou. Vyloučen byl IO a prvních 30 sekund IZ. Korelace jsou uváděny v časových intervalech 3, 15, 30, 60, 120 sekund pro hlubší analýzu vztahu počtu kroků a sumy zrychlení (counts) z celého souvislého měření.

Proband 1:

Výstup tab.č.14 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů počtu kroků(Y) a sumy counts(X) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace hodnot *sumy Y/120s. a X/120s.*: Aktigraf 1 = **0.93**, Aktigraf 2 = **0.93**

Tabulka č.14: Suma kroky/2 min a counts/2 min

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 1-counts/2min
3km	94	1068
4km	203	2968
5km	231	4972
6km	254	7110
7km	268	8542
9km	321	17209
10km	330	17150
11km	336	16750
12km	339	17587
13km	344	17494
14km	351	16522
15km	356	16038
16km	364	15340
Rychlost	Aktigraf 2-kroky/2min	Aktigraf 2-counts/2min
3km	85	768
4km	206	2831
5km	231	4840
6km	253	7236
7km	268	8854

9km	321	15549
10km	330	15642
11km	337	14931
12km	339	15918
13km	344	15914
14km	351	14713
15km	357	14516
16km	365	13600

Korelace vztahu počtu kroků(Y) a sumy counts(X) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *suma Y/3s a X/3s*: Aktigraf 1 = **0.90**, Aktigraf 2 = **0.90**

Korelace *suma Y/15s a X/15s*: Aktigraf 1 = **0.93**, Aktigraf 2 = **0.93**

Korelace *suma Y/30s a X/30s*: Aktigraf 1 = **0.93**, Aktigraf 2 = **0.93**

Korelace *suma Y/60s a X/60s*: Aktigraf 1 = **0.93**, Aktigraf 2 = **0.93**

Proband 2:

Výstup tab.č.15 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů počtu kroků(Y) a sumy counts(X) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace hodnot *sumy Y/120s. a X/120s.*: Aktigraf 1 = **0.97**, Aktigraf 2 = **0.96**

Tabulka č.15: Suma kroky/2 min a counts/2 min

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 1-counts/2min
3km	84	1562
4km	180	3928
5km	211	6300
6km	231	9398
7km	248	11817
9km	325	20214
10km	330	18788
11km	333	19597
12km	345	17877
13km	342	18698
14km	340	19933

15km	350	17835
16km	349	18329
Rychlost	Aktigraf 2-kroky/2min	Aktigraf 2-counts/2min
3km	84	1178
4km	187	4204
5km	210	6661
6km	231	9820
7km	248	12456
9km	326	19900
10km	330	18602
11km	334	18918
12km	345	17295
13km	342	18127
14km	338	18902
15km	350	16860
16km	348	17334

Korelace vztahu počtu kroků(Y) a sumy counts(X) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *suma Y/3s a X/3s*: Aktigraf 1 = **0.93**, Aktigraf 2 = **0.92**

Korelace *suma Y/15s a X/15s*: Aktigraf 1 = **0.95**, Aktigraf 2 = **0.94**

Korelace *suma Y/30s a X/30s*: Aktigraf 1 = **0.95**, Aktigraf 2 = **0.97**

Korelace *suma Y/60s a X/60s*: Aktigraf 1 = **0.87**, Aktigraf 2 = **0.87**

Proband 3:

Výstup tab.č.16 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů počtu kroků(Y) a sumy counts(X) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace hodnot *sumy Y/120s. a X/120s.*: Aktigraf 1 = **0.97**, Aktigraf 2 = **0.97**

Tabulka č.16: Suma kroky/2 min a counts/2 min

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 1-counts/2min
3km	83	1289
4km	193	3965
5km	218	6451
6km	233	8962

<i>7km</i>	246	12031
<i>9km</i>	340	16962
<i>10km</i>	339	15642
<i>11km</i>	345	18248
<i>12km</i>	347	18608
<i>13km</i>	352	18344
<i>14km</i>	353	18248
<i>15km</i>	362	17388
<i>16km</i>	359	18476
Rychlost	Aktigraf 2-kroky/2min	Aktigraf 2-counts/2min
<i>3km</i>	84	1529
<i>4km</i>	192	3799
<i>5km</i>	218	6302
<i>6km</i>	233	8786
<i>7km</i>	246	11529
<i>9km</i>	341	18453
<i>10km</i>	343	17150
<i>11km</i>	346	19154
<i>12km</i>	347	19684
<i>13km</i>	352	19399
<i>14km</i>	353	19154
<i>15km</i>	362	18264
<i>16km</i>	359	19533

Korelace vztahu počtu kroků(Y) a sumy counts(X) z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace *suma Y/3s a X/3s*: Aktigraf 1 = **0.94**, Aktigraf 2 = **0.95**

Korelace *suma Y/15s a X/15s*: Aktigraf 1 = **0.97**, Aktigraf 2 = **0.97**

Korelace *suma Y/30s a X/30s*: Aktigraf 1 = **0.97**, Aktigraf 2 = **0.97**

Korelace *suma Y/60s a X/60s*: Aktigraf 1 = **0.97**, Aktigraf 2 = **0.97**

Proband 4:

Výstup tab.č.17 je korelační koeficient dvou současně měřících akcelerometrů počtu kroků(Y) a sumy counts(X) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření.

Korelace hodnot *sumy Y/120s. a X/120s.*: Aktigraf 1 = **0.97**, Aktigraf 2 = **0.97**

5.4 Ověřování interinstrumentální spolehlivosti měření energetického výdeje

Následující výsledky poskytují informaci o interinstrumentální spolehlivosti měření sumy zrychlení (counts) u dvou přístrojů, na základě analýzy sumy zrychlení(counts) akcelerometru 1 a sumy zrychlení(counts) akcelerometru 2. Korelace hodnot sumy zrychlení (counts) z obou současně měřících akcelerometrů jsou z celého souvislého měření najednou. Byla korelována data získaná z IZ. Vyloučen byl IO a prvních 30 sekund IZ. Korelace jsou uváděny v časových intervalech 3, 15, 30, 60, 120 sekund.

Proband 1:

Výstup tab.č.18 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot sumy counts(X) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 120 sekund za příslušný IZ.

Korelace hodnot *sumy X/120s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Tabulka č.18: Ověření spolehlivosti měření hodnot sumy counts/2min u 2 přístrojů

Rychlost	Aktigraf 1-counts/2min	Aktigraf 2-counts/2min	SD - counts/2min
3km	1068	768	212
4km	2968	2831	97
5km	4972	4840	93
6km	7110	7236	89
7km	8542	8854	220
9km	17209	15549	1174
10km	17150	15642	1066
11km	16750	14931	1286
12km	17587	15918	1180
13km	17494	15914	1117
14km	16522	14713	1279
15km	16038	14516	1076
16km	15340	13600	1230

Korelace hodnot sumy counts(X) dvou současně měřících akcelerometrů z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace hodnot *sumy X/3s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/15s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/30s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/60s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Výstup tab.č.19 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot sumy counts(X) za časový interval 3, 6, 12 sekund z každého IZ *samostatně*. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 3, 6, 12 sekund za příslušný IZ.

Tabulka č.19: Korelace jen v IZ(2min.) *samostatně* za časový interval 3,6,12 sekund

v	<i>r sumy counts/3s</i>	SD (counts)	<i>r sumy counts/6s</i>	SD (counts)	<i>r sumy counts/12s</i>	SD (counts)
3km	0,29	6	0,40	10	0,50	17
4km	0,27	8	0,60	13	0,78	22
5km	0,30	7	0,41	12	0,52	18
6km	0,38	7	0,68	12	0,69	18
7km	0,64	11	0,87	19	0,92	35
9km	0,34	25	0,54	47	0,57	89
10km	0,75	33	0,99	200	0,99	404
11km	-0,20	26	0,99	188	0,99	66
12km	0,69	29	0,98	105	0,99	318
13km	0,44	24	0,99	191	0,96	159
14km	0,19	26	0,61	47	0,86	92
15km	0,11	23	0,93	66	0,97	115
16km	0,35	25	0,59	47	0,76	93

Proband 2:

Výstup tab.č.20 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot sumy counts(X) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření. Dále je

v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 120 sekund za příslušný IZ.

Korelace hodnot **sumy X/120s.** dvou současně měřících akcelerometrů: **$r = 0.99$**

Tabulka č.20: Ověření spolehlivosti měření hodnot sumy counts/2min u 2 přístrojů

Rychlost	Aktigraf 1-counts/2min	Aktigraf 2-counts/2min	SD - counts/2min
<i>3km</i>	1562	1178	272
<i>4km</i>	3928	4204	195
<i>5km</i>	6300	6661	255
<i>6km</i>	9398	9820	298
<i>7km</i>	11817	12456	451
<i>9km</i>	20214	19900	222
<i>10km</i>	18788	18602	131
<i>11km</i>	19597	18918	480
<i>12km</i>	17877	17295	411
<i>13km</i>	18698	18127	403
<i>14km</i>	19933	18902	729
<i>15km</i>	17835	16860	689
<i>16km</i>	18329	17334	703

Korelace hodnot sumy counts(X) dvou současně měřících akcelerometrů z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace hodnot **sumy X/3s.** dvou současně měřících akcelerometrů: **$r = 0.99$**

Korelace hodnot **sumy X/15s.** dvou současně měřících akcelerometrů: **$r = 0.99$**

Korelace hodnot **sumy X/30s.** dvou současně měřících akcelerometrů: **$r = 0.99$**

Korelace hodnot **sumy X/60s.** dvou současně měřících akcelerometrů: **$r = 0.99$**

Výstup tab.č.21 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot sumy counts(X) za časový interval 3, 6, 12 sekund z každého IZ **samostatně**. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 3, 6, 12 sekund za příslušný IZ.

Tabulka č.21: Korelace jen v IZ(2min.) *samostatně* za časový interval 3,6,12 sekund

v	<i>r</i> sumy counts/3s	SD (counts)	<i>r</i> sumy counts/6s	SD (counts)	<i>r</i> sumy counts/12s	SD (counts)
3km	0,43	7	0,38	12	0,49	23
4km	0,4	8	0,69	13	0,71	19
5km	0,58	9	0,70	14	0,90	26
6km	0,13	10	0,73	15	0,75	27
7km	0,18	15	0,84	25	0,96	49
9km	0,25	14	0,38	25	0,46	44
10km	0,52	15	0,99	212	0,99	428
11km	-0,1	35	0,93	193	0,99	105
12km	0,05	18	0,95	69	0,99	321
13km	0,11	17	0,99	194	0,95	114
14km	0,78	40	0,40	26	0,65	46
15km	0,91	44	0,95	43	0,98	83
16km	0,87	58	0,89	113	0,94	223

Proband 3:

Výstup tab.č.22 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot sumy counts(X) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 120 sekund za příslušný IZ.

Korelace hodnot *sumy X/120s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Tabulka č.22: Ověření spolehlivosti měření hodnot sumy counts/2min u 2 přístrojů

Rychlost	Aktigraf 1-counts/2min	Aktigraf 2-counts/2min	SD - counts/2min
3km	1289	1529	170
4km	3965	3799	117
5km	6451	6302	105
6km	8962	8786	124
7km	12031	11529	355
9km	16962	18453	1054
10km	15642	17150	1066
11km	18248	19154	641
12km	18608	19684	761
13km	18344	19399	746
14km	18248	19154	641
15km	17388	18264	619
16km	18476	19533	747

Korelace hodnot sumy counts(X) dvou současně měřících akcelerometrů z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace hodnot *sumy X/3s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/15s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/30s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/60s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Výstup tab.č.23 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot sumy counts(X) za časový interval 3, 6, 12 sekund z každého IZ *samostatně*. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 3, 6, 12 sekund za příslušný IZ.

Tabulka č.23: Korelace jen v IZ(2min.) *samostatně* za časový interval 3,6,12 sekund

v	<i>r</i> sumy counts/3s	SD (counts)	<i>r</i> sumy counts/6s	SD (counts)	<i>r</i> sumy counts/12s	SD (counts)
3km	0,14	7	0,42	11	0,50	18
4km	0,65	9	0,68	13	0,79	20
5km	0,19	8	0,26	12	0,46	16
6km	0,55	10	0,67	15	0,78	23
7km	0,5	12	0,76	20	0,78	36
9km	0,75	33	0,84	62	0,88	118
10km	0,75	33	0,99	160	0,99	317
11km	0,58	22	0,99	184	0,99	123
12km	0,57	24	0,95	90	0,95	255
13km	0,43	23	0,96	148	0,90	151
14km	0,58	22	0,77	54	0,83	94
15km	0,71	25	0,93	70	0,94	127
16km	0,38	21	0,70	35	0,80	64

Proband 4:

Výstup tab.č.24 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot sumy counts(X) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 120 sekund za příslušný IZ.

Korelace hodnot *sumy X/120s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Tabulka č.24: Ověření spolehlivosti měření hodnot sumy counts/2min u 2 přístrojů

Rychlost	Aktigraf 1-counts/2min	Aktigraf 2-counts/2min	SD - counts/2min
3km	1941	1566	265
4km	4852	4876	17
5km	7711	8104	278
6km	10585	10966	269
7km	11973	12651	479
9km	19462	18369	773
10km	20095	18922	829
11km	20272	19279	702
12km	20696	19672	724
13km	21077	20316	538
14km	20254	19378	619
15km	18938	17894	738
16km	18866	17927	664

Korelace hodnot sumy counts(X) dvou současně měřících akcelerometrů z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace hodnot *sumy X/3s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/15s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/30s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *sumy X/60s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Výstup tab.č.25 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot sumy counts(X) za časový interval 3, 6, 12 sekund z každého IZ *samostatně*. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 3, 6, 12 sekund za příslušný IZ.

Tabulka č.25: Korelace jen v IZ(2min.) *samostatně* za časový interval 3,6,12 sekund

v	<i>r</i> sumy counts/3s	SD (counts)	<i>r</i> sumy counts/6s	SD (counts)	<i>r</i> sumy counts/12s	SD (counts)
3km	0,36	8	0,54	15	0,90	26
4km	0,20	8	0,15	10	0,52	15
5km	0,12	10	0,20	16	0,49	28
6km	0,68	11	0,87	19	0,89	35
7km	0,17	13	0,37	23	0,82	41
9km	0,72	20	0,87	38	0,95	74
10km	0,67	25	0,99	215	0,99	435
11km	0,58	19	0,99	191	0,91	59
12km	0,49	17	0,98	91	0,99	265
13km	0,40	14	0,99	169	0,99	108
14km	0,59	19	0,63	29	0,81	55
15km	0,44	21	0,81	50	0,86	92
16km	0,47	19	0,66	33	0,78	63

5.5 Ověřování interinstrumentální spolehlivosti měření počtu kroků

Následující výsledky poskytují informaci o interinstrumentální spolehlivosti měření počtu kroků u dvou přístrojů, na základě analýzy počtu kroků získaných z akcelerometru 1 a počtu kroků získaných z akcelerometru 2. Korelace hodnot počtu kroků z obou současně měřících akcelerometrů jsou z celého souvislého měření najednou. Byla korelována data získaná z IZ. Vyloučen byl IO a prvních 30 sekund IZ. Korelace jsou uváděny v časových intervalech 3, 15, 30, 60, 120 sekund.

Proband 1:

Výstup tab.č.26 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot počtu kroků(Y) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 120 sekund za příslušný IZ.

Korelace hodnot *sumy Y/120s.* dvou současně měřících akcelerometrů: ***r = 0.99***

Tabulka č.26: Ověření spolehlivosti měření počtu kroků/2 min u 2 přístrojů.

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 2-kroky/2min	SD - kroky/2min
<i>3km</i>	94	85	6
<i>4km</i>	203	206	2
<i>5km</i>	231	231	0
<i>6km</i>	254	253	1
<i>7km</i>	268	268	0
<i>9km</i>	321	321	0
<i>10km</i>	330	330	0
<i>11km</i>	336	337	1
<i>12km</i>	339	339	0
<i>13km</i>	344	344	0
<i>14km</i>	351	351	0
<i>15km</i>	356	357	1
<i>16km</i>	364	365	1

Korelace hodnot počtu kroků(Y) dvou současně měřících akcelerometrů z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace hodnot *počtu Y/3s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.94$

Korelace hodnot *počtu Y/15s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *počtu Y/30s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *počtu Y/60s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Výstup tab.č.25 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot počtu kroků(Y) za časový interval 3, 6, 12 sekund z každého IZ *samostatně*. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 3, 6, 12 sekund za příslušný IZ.

Tabulka č.27: Korelace jen v IZ(2min.) *samostatně* za časový interval 3,6,12 sekund

v	r počtu kroků/3s	SD (counts)	r počtu kroků/6s	SD (counts)	r počtu kroků/12s	SD (counts)
3km	0,51	1	0,43	1	0,18	1
4km	-0,19	1	-0,67	1	-0,21	1
5km	0,43	0	0,60	1	0,99	0
6km	-0,51	0	-0,48	1	-0,53	1
7km	-0,43	0	-0,04	1	-0,25	0
9km	-0,01	0	-0,03	0	-0,11	0
10km	0,02	1	0,93	2	0,99	4
11km	0,12	0	0,89	2	0,62	1
12km	-0,10	1	0,91	1	0,95	2
13km	-0,46	0	0,89	1	0,86	1
14km	-0,15	0	-0,08	0	-0,11	1
15km	0,12	0	0,67	1	0,89	1
16km	0,42	0	0,55	1	0,67	1

Proband 2:

Výstup tab.č.28 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot počtu kroků(Y) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 120 sekund za příslušný IZ.

Korelace hodnot *sumy Y/120s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Tabulka č.28: Ověření spolehlivosti měření počtu kroků/2 min u 2 přístrojů.

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 2-kroky/2min	SD - kroky/2min
3km	84	84	0
4km	180	187	5
5km	211	210	1
6km	231	231	0
7km	248	248	0
9km	325	326	1
10km	330	330	0
11km	333	334	1
12km	345	345	0
13km	342	342	0
14km	340	338	1
15km	350	350	0
16km	349	348	1

Korelace hodnot počtu kroků(Y) dvou současně měřících akcelerometrů z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace hodnot *počtu Y/3s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.96$

Korelace hodnot *počtu Y/15s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *počtu Y/30s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *počtu Y/60s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Výstup tab.č.29 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot počtu kroků(Y) za časový interval 3, 6, 12 sekund z každého IZ *samostatně*. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 3, 6, 12 sekund za příslušný IZ.

Tabulka č.29: Korelace jen v IZ(2min.) *samostatně* za časový interval 3,6,12 sekund

v	r počtu kroků/3s	SD (counts)	r počtu kroků/6s	SD (counts)	r počtu kroků/12s	SD (counts)
3km	0,7	0	0,75	1	0,61	1
4km	0,21	1	0,54	1	0,69	1
5km	-0,28	0	-0,70	1	0,02	0
6km	0,18	0	0,08	1	0,37	1
7km	0,16	0	-0,46	1	0,38	0
9km	-0,18	0	-0,38	1	0,02	1
10km	0,02	1	0,99	2	0,99	5
11km	0,01	0	0,98	2	0,88	1
12km	0,23	0	0,92	1	0,96	3
13km	0,4	1	0,91	2	0,89	1
14km	0,1	1	-0,38	1	0,04	1
15km	0,56	1	0,42	1	0,73	1
16km	0,47	0	0,64	1	0,73	1

Proband 3:

Výstup tab.č.30 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot počtu kroků(Y) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 120 sekund za příslušný IZ.

Korelace hodnot *sumy Y/120s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Tabulka č.30: Ověření spolehlivosti měření počtu kroků/2 min u 2 přístrojů.

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 2-kroky/2min	SD - kroky/2min
3km	83	84	1
4km	193	192	1
5km	218	218	0
6km	233	233	0
7km	246	246	0
9km	340	341	1
10km	339	343	3
11km	345	346	1
12km	347	347	0
13km	352	352	0
14km	353	353	0
15km	362	362	0
16km	359	359	0

Korelace hodnot počtu kroků(Y) dvou současně měřících akcelerometrů z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace hodnot *počtu Y/3s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.95$

Korelace hodnot *počtu Y/15s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *počtu Y/30s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *počtu Y/60s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Výstup tab.č.31 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot počtu kroků(Y) za časový interval 3, 6, 12 sekund z každého IZ *samostatně*. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 3, 6, 12 sekund za příslušný IZ.

Tabulka č.31: Korelace jen v IZ(2min.) *samostatně* za časový interval 3,6,12 sekund.

v	r počtu kroků/3s	SD (counts)	r počtu kroků/6s	SD (counts)	r počtu kroků/12s	SD (counts)
3km	0,17	0	0,63	0	0,57	1
4km	-0,23	0	-0,60	1	0,22	1
5km	0,19	1	-0,11	0	-0,25	0

6km	0,65	0	0,56	1	0,99	1
7km	0,22	0	0,29	1	0,58	1
9km	-0,75	1	0,02	0	0,06	0
10km	-0,27	1	0,90	3	0,95	1
11km	-0,46	0	0,96	3	0,51	1
12km	-0,03	0	0,84	1	0,99	4
13km	-0,25	0	0,98	2	0,66	2
14km	-0,21	0	0,05	0	0,07	0
15km	0,28	0	0,33	1	0,48	2
16km	-0,005	0	-0,01	1	0,31	1

Proband 4:

Výstup tab.č.32 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot počtu kroků(Y) za časový interval 120 sekund z celého souvislého měření. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 120 sekund za příslušný IZ.

Korelace hodnot *sumy Y/120s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Tabulka č.32: Ověření spolehlivosti měření počtu kroků/2 min u 2 přístrojů.

Rychlost	Aktigraf 1-kroky/2min	Aktigraf 2-kroky/2min	SD - kroky/2min
3km	93	94	1
4km	204	204	0
5km	222	221	1
6km	239	239	0
7km	255	254	1
9km	324	324	0
10km	342	342	0
11km	322	322	0
12km	337	337	0
13km	332	332	0
14km	350	351	1
15km	334	334	0
16km	337	337	0

Korelace hodnot počtu kroků(Y) dvou současně měřících akcelerometrů z celého souvislého měření za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund a 60 sekund:

Korelace hodnot *počtu Y/3s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.93$

Korelace hodnot *počtu Y/15s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *počtu Y/30s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Korelace hodnot *počtu Y/60s.* dvou současně měřících akcelerometrů: $r = 0.99$

Výstup tab.č.33 je korelační koeficient, dvou současně měřících akcelerometrů, hodnot počtu kroků(Y) za časový interval 3, 6, 12 sekund z každého IZ *samostatně*. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka(SD) pro hodnoty za časový interval 3, 6, 12 sekund za příslušný IZ.

Tabulka č.33: Korelace jen v IZ(2min.) *samostatně* za časový interval 3,6,12 sekund.

v	r počtu kroků/3s	SD (counts)	r počtu kroků/6s	SD (counts)	r počtu kroků/12s	SD (counts)
3km	0,19	1	0,38	1	0,58	1
4km	-0,09	0	-0,25	0	-0,67	1
5km	-0,36	1	-0,08	0	-0,17	0
6km	0,99	0	0,99	0	0,99	0
7km	-0,46	0	-0,13	1	-0,41	1
9km	-0,05	0	-0,11	0	-0,25	0
10km	-0,11	0	0,99	2	0,99	4
11km	-0,43	0	0,93	2	0,74	1
12km	-0,54	0	0,80	1	0,97	3
13km	-0,64	0	0,95	2	0,86	1
14km	-0,74	0	-0,14	0	-0,33	0
15km	-0,52	1	0,28	1	0,88	1
16km	-0,31	0	-0,10	1	0,29	1

6. DISKUZE

Při ověřování platnosti akcelerometru, a to pro odhad energetického výdeje na základě analýzy vztahů sumy zrychlení (counts) na straně jedné a rychlosti lokomoce na straně druhé, se korelace pohybuje v rozmezí 0.83 – 0.91.

Proband č.1 vykazuje korelační koeficient sumy counts a rychlosti v intervalech sběru dat 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund, 60 sekund a 120 sekund hodnoty v rozmezí 0,85 až 0,87. Hodnoty korelací získané akcelerometrem 1 byly u Probanda 1 vždy vyšší než výstupy z akcelerometru 2.

Druhý Proband označovaný číslem 2 dosáhl hodnot korelačního koeficientu sumy counts a rychlosti ve stejných intervalech v rozmezí 0,83 až 0,87. I zde dosahují korelační koeficienty akcelerometru 1 vyšších hodnot než koeficienty z akcelerometru 2.

Proband s číslem 3 dosáhl ve stejné kategorii měření hodnot korelačního koeficientu v intervalu 0,90 až 0,91. S výjimkou korelačního koeficientu sumy counts a rychlosti v intervalu sběru dat 3 sekundy u akcelerometru 1, byly získány vždy stejné výsledky – 0,91.

Poslední ze sledovaných – Proband č.4 dosáhl výše korelačního koeficientu sumy counts a rychlosti v rozmezí 0,87 až 0,88, kdy hodnota 0,87 tvoří globálně většinu.

Důvodem vyšších hodnot korelačního koeficientu získaných z akcelerometru 1 se zdá být rozdílnou polohou akcelerometru 1 a 2 na pravém boku každého z Probandů. Rozdílná vzdálenost klíčových čidel akcelerometrů, jež mohla dosáhnout až několik cm, je možné vysvětlení získání rozdílných hodnot sumy counts za časový interval v příslušné intenzitě zatížení.

Ve srovnání s uniaxiálním akcelerometrem CSA (Shalimar, Florida, USA), ověřovaný ve studii Melanson a Freedson (1996), vykazuje Actigraph GT1M vyšší rozmezí korelace vztahu energetického výdeje jako sumy zrychlení a rychlosti lokomoce. Akcelerometr CSA vykazoval v laboratorním měření korelaci vztahu energetického výdeje jako sumy zrychlení a rychlosti lokomoce 0.77-0.89. Další uniaxiální akcelerometr Caltrac (Muscle Dynamics Fitness Network, Torrence, Kalifornie), ověřovaný ve studii Maliszewskiho a kol.(1991), vykazoval vysokou

průměrnou korelaci ($r = 0.92$) mezi energetickým výdejem a rychlostí lokomoce. Je nutné zdůraznit, že akcelerometr Caltrac byl ověřován pouze v chůzi. Obecně mají akcelerometry méně přesný odhad energetického výdeje jako sumy zrychlení při vyšších rychlostech běhu a zrovna tak při velmi pomalé chůzi. Ve studii Leenderse a kol. (2003) byl ověřován pro vztah mezi energetickým výdejem jako sumy zrychlení a rychlosti lokomoce (3.2, 4.0, 4.8, 5.6, 6.4) triaxiální akcelerometr Tritrac-R3D (Homekinetics, Inc. Madison, WI) a uniaxiální akcelerometr Mini-Logger Series 2000 (Minimitter Corp., Sunriver, OR). Akcelerometr Tritrac-R3D vykazoval hodnotu korelace 0.86, akcelerometr Mini-Logger dosahoval hodnoty korelace 0.81.

Akcelerometr Actigraph GT1M je ve srovnání s ostatními akcelerometry, podle námi zvolených kritérií, přesný. V jeho prospěch mluví nejen dosažená čísla v této práci, ale také jeho velikost. Na trhu není uniaxiálního akcelerometru o podobných rozměrech a hmotnosti.

Při ověřování platnosti akcelerometru pro měření počtu kroků, kde kritériem byla opět rychlost, se koeficient korelace pohybuje v intervalu 0.87 – 0.90.

Korelační koeficient sumy kroků a rychlosti, kdy sběr dat probíhal v intervalech sekundy, 15 sekund, 30 sekund, 60 sekund a 120 sekund, dosahuje u Probanda 1 hodnot v rozmezí 0,87 až 0,90. Opět hodnoty získané akcelerometrem 1 převyšují výstupy z akcelerometru 2.

Proband 2 dosahuje ve stejné kategorii zájmu hodnot v rozmezí 0,87 až 0,90. I zde akcelerometr 1 vykazuje vyšších hodnot než akcelerometr 2, avšak ne ve všech intervalech sběru dat.

Výsledky dosažené Probandem 3 ve všech sledovaných směrech dosáhly ve finálních korelacích hodnoty 0,93 pro oba akcelerometry.

Sledování Probanda 4 přineslo následující výsledky korelačního koeficientu sumy kroků a rychlosti. V daných intervalech sběru dat se koeficient pohybuje v rozmezí 0,87 a 0,89. Kdy tento Proband dosáhl vždy stejných hodnot u obou akcelerometrů v jednotlivých intervalech sběru dat.

Vzhledem k minimálnímu rozptylu hodnot kroků u jednotlivých akcelerometrů (což potvrzuje i koeficient korelace), lze usuzovat, že akcelerometr má vyšší vypovídající hodnotu pro měření počtu kroků než sumy counts.

Porovnáváním pedometrů se zabývali ve své studii Schneider a kol. (2003). Pedometry jako Kenz Lifecorder, New Lifestyles NL-2000, Omron HJ-105 a Yamax Digi-Walker SW-701 sledované v laboratorních podmínkách dosahovaly vysokého korelačního koeficientu ve vztahu mezi rychlosti lokomoce a počtem kroků ($r = 0.86$).

Při ověřování platnosti akcelerometru pro měření počtu kroků, kde kritériem byla suma counts za časový interval 3 sekundy, 15 sekund, 30 sekund, 60 sekund a 120 sekund se koeficient korelace pohybuje v rozmezí 0.87 – 0.97.

Proband č.1. dosáhl hodnot koeficientu korelace pro sumu kroků a sumy counts v daných intervalech sběru dat v příslušném zatížení 0,90 až 0,93. Pouze v intervalu sběru dat 3 sekundy ukazují oba akcelerometry hodnotu 0,90, ve všech ostatních případech pak hodnotu 0,93.

Koeficient korelace u následně sledovaného Probanda č.2 varíruje od 0,87 až 0,97. Tento Proband nevykazuje jednoznačnou převahu ve vyšší hodnot pro jeden z akcelerometrů.

Proband s číslem 3 dosáhl za výše uvedených kritérii hodnot korelačního koeficientu intervalu 0,94 až 0,97. Pouze v intervalu sběru dat 3 sekundy se hodnoty akcelerometru 1 a 2 liší (akcelerometr 2 převyšuje výsledky akcelerometru 1), ostatní intervaly sběru dat vykazují stejné výstupy.

Hodnoty získané sledováním Probanda 4 se pohybují v rozmezí 0,93 až 0,97, kdy i v tomto případě není možné poukázat na jednoznačně vyšší výstupy z jednoho z akcelerometrů.

Na rozdíl od předchozích předmětů diskuze, zde nelze vysvětlovat rozdílné výstupy z akcelerometrů jejich rozdílným umístěním na těle probandů, protože oba požadované vstupy jsou ovlivněny stejnými odchylkami.

Při ověřování interinstrumentální spolehlivosti měření counts, byla korelaci porovnávána data získaná ze dvou akcelerometrů. Akcelerometry byly připevněny

v době měření současně nad sebou na pravém boku sledovaného Probanda. Výsledná korelace pro všechny analyzované časové intervaly sběru dat (3 sekundy, 15 sekundy, 30 sekundy, 60 sekundy a 120 sekundy) u všech sledovaných Probandů udala hodnotu 0,99. Ze statistického hlediska je dosažený výsledek korelace správný.

Pro hlubší analýzu získaných dat ze dvou přístrojů byly korelovány sumy counts v intervalu sběru dat 3 sekundy, 6 sekund, 12 sekund v příslušné intenzitě zatížení samostatně z obou akcelerometrů, tzn. počet vstupních dat byl 40 pro 3 sekundy, 20 pro 6 sekund a 10 v případě 12 sekund.

Proband č.1. vykazuje korelační koeficient sumy counts za 3 sekundy sběru dat v rozmezí v samotných intenzitách zatížení v rozmezí -0,2 až 0,75. Při sběru dat v intervalu 6 sekund varírují hodnoty od 0,40 do 0,99. Interval sběru dat 12 sekund generuje rozsah korelačního koeficientu 0,5 až 0,99. Pouze v rychlostech 3 km/h, 5 km/h, 9 km/h je korelační koeficient výrazně nepřibližuje hodnotě 1.

Další ze sledovaných – Proband č.2 - dosahuje hodnot korelačního koeficientu v intervalu sběru dat 3 sekundy v rozmezí -0,1 až 0,91. Pro interval sběru dat 6 sekund pak 0,38 až 1,0, interval 12 sekund pak vykazuje hodnoty v rozsahu 0,46 až 0,99. Opět jen v při rychlostech 3 km/h, 9 km/h se koeficient korelace neblíží hodnotě 1.

Proband s číslem 3 dosahuje za výše uvedených parametrů při intervalu sběru dat 3 sekundy 0,14 až 0,75, 6sekundový interval pak vykazuje 0,26 až 0,99, korelační koeficient při 12sekundovém intervalu sběru dat se pak pohybuje od 0,46 k 0,99. Pouze u rychlosti 3 km/h a 5 km/h se výstup neblíží hodnotě 1.

Posledním sledovaným byl Proband č.4, jehož hodnoty korelačního koeficientu se pohybují při 3sekundovém intervalu od 0,12 k 0,72. V případě sběru dat v intervalu 6 sekund jsou hodnoty korelačního koeficientu generovány z intervalu 0,15 až 0,99. Následně sledovaný, 12sekundový interval pak odpovídá korelaci v rozpětí 0,49 až 0,99. I zde se pouze rychlosti 4 km/h a 5 km/h výrazně nepřibližují hodnotě 1.

I při ověřování interinstrumentální spolehlivosti měření kroků, byla korelací provnávána data ze dvou akcelerometrů. I v tomto případě byly akcelerometry umístěny na těle Probanda současně a vertikálně nad sebou. V intervalech sběru dat 15

sekund, 30 sekund, 60 sekund a 120 sekund, byl u všech Probandů pozorován korelační koeficient, který se velmi blížil hodnotě 1 (konkrétně 0,99).

Důvodem je již zmiňovaná schopnost akcelerometru fungovat jako pedometr s velmi vysokou přesností.

Suma kroků při intervalu sběru dat 3 sekundy při všech intenzitách zatížení je u sledovaných Probandů následující:

Proband 1 vykazuje v tomto intervalu korelační koeficient 0,94. Testovaný, označený jako Proband 2, dosáhl 0,96. Proband s číslem 3 má korelační koeficient 0,95. Poslední sledovaný – Proband č.4 – pak 0,93. Suma kroků za interval delší než 3 sekundy je u obou akcelerometrů téměř totožný (maximální odchylka je v řádu jednotek kroků v rámci 3 sekundového intervalu sběru dat).

Jako u předešlé analýzy byla i zde ověřována interinstrumentální spolehlivost i pro každý interval zatížení individuálně, a to v jednotlivých intenzitách pro interval sběru dat 3 sekundy, 6 sekund, 12 sekund. Dané analýzy odpovídají příslušné intenzitě samostatně z obou akcelerometrů, tzn. počet vstupních dat byl 40 pro 3 sekundy, 20 pro 6 sekund a 10 v případě 12 sekund.

Proband č.1 vykazuje při sběru dat v intervalu 3 sekundy hodnoty korelačního koeficientu v rozmezí -0,46 až 0,51, interval 6 sekund odpovídá -0,67 – 0,91. A konečně interval 12 sekund pak odpovídá -0,53 až 0,89.

V případě Probanda č.2 se při intervalu 3 sekundy korelace pohybuje v rozmezí -0,28 až 0,70. Interval 6 sekund pak generuje rozmezí -0,70 až 0,99. V intervalu sběru dat 12 sekund pak hodnoty korelace spadají do rozmezí 0,02 až 0,99.

Proband č.3 v intervalu sběru dat 3 sekundy udává hodnoty od -0,75 až po 0,65. Následný, 6 sekundový interval sběru dat odpovídá -0,60 až 0,98. Rozsah -0,25 až 0,99 pak odpovídá sledovanému 12 sekundovému intervalu.

Poslední sledovaný – Proband č.4 – generuje v intervalu 3 sekund výstupy -0,74 až 0,99. Interval 6 sekund je pak charakterizován rozsahem -0,25 až 0,99. Pro sledování při 12 sekundovém intervalu odpovídají výsledky rozmezí -0,67 až 1,0.

Zřejmý velký rozsah jednotlivých korelací samotných intenzit zatížení může být výsledkem různého umístění akcelerometru na těle sledovaného probanda, stejně jako tomu bylo v případě sledování spolehlivosti sum counts dvou přístrojů.

Testovaný přístroj akcelerometr Actigraph GT1M je uniaxiální. To znamená, že zrychlení těla probanda monitoruje a zpracovává ve směru vertikálním. Fakt, že zaznamenává data o pohybu pouze v jednom směru, je jeho omezením. Což je jeden z důvodů, proč odhad energetického výdeje jako sumy counts za určitý časový interval sběru dat může být vyšší u nižších intenzit zatížení (např. rychlosti 9, 10, 11 km/h) než u vyšších intenzit zatížení (např. rychlosti 14, 15, 16 km/h). Pro konkrétnější představu, při běhu 9 km/h běžec zpravidla provádí více vertikálního pohybu, než při běhu 16 km/h, kde je více pohybu horizontálního, který uniaxiální akcelerometr není schopen adekvátně zaznamenat. Navíc je třeba počítat s individuální technikou běhu daného sportovce.

Dle mého názoru by pro konkrétního jedince mohl být přístroj velmi přesnou metodou odhadu energetického výdeje, avšak vyžadovalo by to více měření s více kritérii měření (rychlost, spotřeba kyslíku, tepová frekvence) k vytvoření individuální rovnice danému jedinci.

Actigraph GT1M je jediným akcelerometrem, který je schopen sbírat data 30-krát za vteřinu, žádný jiný uniaxiální akcelerometr na trhu toho není schopen. Z toho vyplývá, že je velmi citlivý a nachází uplatnění v medicíně (monitoruje aktivity během spánku). Domnívám se, že i jeho citlivost ovlivňuje přesnost odhadu energetického výdeje jako sumy counts za daný časový interval ve vyšších rychlostech lokomoce.

Funkce pedometru Actigraphu GT1M je podle provedených měření spolehlivá a přesná. Přístroj ve všech provedených rychlostech ukazuje vysokou platnost a spolehlivost. Důvod proč se zvyšující intenzitou může klesat počet kroků a naopak je, že proband v závislosti na intenzitě zatížení prodlužuje nebo zkracuje kroky tak, jak mu to je vlastní a přirozené. Svou roli hraje individuální technika běhu.

7. Závěr

Cílem práce je ověření platnosti a spolehlivosti uniaxiálního akcelerometru typu Actigraph GT1M.

Byla ověřována platnost akcelerometru pro odhad energetického výdeje na základě vztahů sumy zrychlení (counts), kdy kritériem byla rychlost lokomoce. Na základě dat získaných sledováním a měřeními čtyř vybraných probandů, byl získán korelační koeficient, jehož hodnoty se pohybují v intervalu 0,83 až 0,91.

Dalším cílem této diplomové práce bylo ověření platnosti akcelerometru pro měření počtu kroků, při stejném kritériu – rychlosti lokomoce. Získané výsledky vykazují korelační koeficient v rozsahu 0,87 až 0,90.

Dále byl akcelerometr využit pro ověření validity počtu kroků při kritériu sumy counts za stejného časového intervalu. Výstupy tohoto měření ukazují na korelační koeficient varírující od 0,87 do 0,97.

Posledním posláním této práce bylo ověření interinstrumentální spolehlivosti Actigrafu GT1M pro odhad energetického výdeje na základě sum zrychlení (counts) u dvou akcelerometrů. Výsledkem byl korelační koeficient v intervalu 0,46 až 0,99. Stejná metoda byla použita pro sumu kroků, která je validní jen z pohledu celkového měření (rozsah korelačního koeficientu zde odpovídal 0,93 až 0,99), ne však při dílčích výstupech (kdy korelační koeficient dosahoval nesmyslně záporných hodnot).

Použitá literatura

1. AINSWORTH, B. E., HASKELL, W. L., LEON, A. S., A KOL.: Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1993, Vol. 25, No. 1, pp. 71-80.
2. BOUTEN, C. V., WESTERTERP, K. P., VERDUIN, M., JANSEN, J. D.: Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1994, Vol. 26, pp. 1516-1523.
3. ESTON, R. E., ROWLANDS, A. V., INGLEDEV, D. K.: Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting of energy cost of children's activities. *Journal of Applied Physiology*, 1998, Vol. 84, pp. 362-371.
4. FREEDSON, P. S., MELANSON E. L., SIRARD J.: Calibration of the computer science and applications, Inc. Accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1998, Vol. 30, pp. 777-781.
5. FREEDSON, P.S., MILLER, K.: Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2000, Vol. 71, No. 2, pp. 21-29.
6. KING, G. A., TORRES, N., POTTER, C., BROOKS, T. J., COLEMAN, K. J.: Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2004, Vol. 36, No. 7, pp. 1244-1251.
7. LEENDERS, N. Y., NELSON, T. E., SHERMAN, W. M.: Ability of different physical activity monitors to detect movement during treadmill walking. *International Journal of Sports Medicine*, 2003.
8. LE MASURIER, G. C., Tudor-Locke C.: Comparison of pedometer and accelerometer accuracy under controlled conditions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2003, Vol. 35, No. 5, pp. 867-871.
9. MALISZEWSKI, A. F., FREEDSON, P. S., EBBELING C. J., CRUSSEMEYER, J., KASTANGO, K. B.: Validity of the Caltrac accelerometer

- in estimating energy expenditure and activity in children and adults. *Pediatric Exercise Science*, 1991, Vol. 2, pp. 141-151.
10. MATTHEWS, C. E., FREEDSON, P. S.: Field trial of a threedimensional activity monitor: comparison with self-report. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1995, Vol. 27, pp. 1071-1081.
 11. MELANSON, E. L., FREEDSON, P. S.: Physical activity assessment: review of methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1996, Vol. 36, pp. 385-396.
 12. MONTOYE, H. J., KEMPER, H. C. G., SARIS, W. H. M., WASHBURN, R. A.: Measuring physical activity and energy expenditure. *Champaign: Human Kinetics*, 1996, pp. 72-79.
 13. NICHOLAS, J.F., MORGAN, C.G., CHABOT, L.E., SALLIS J.F., CALFAS, K. J.: Assessment of physical activity with the CSA, Inc., accelerometer: laboratory versus field validation. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2000, Vol. 81, No 1, 36-43.
 14. POOLE, K. P., LEIFERMAN, J. A., SERMON, S. E.: Examination of the physiological demands of National Football League officiating. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2004, Vol. 36, No. 5, supplement.
 15. TYRON, W. W., WILLIAMS, R.: Fully proportional actigraphy: a new instrument. *Behavior Research Methods*, 1998, Vol. 28, pp. 392-403.
 16. SCHNEIDER, P.L., COUTER, S.E., LUKAJIC, O., BASSETT, D.R. jr.: Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over 400-m walk. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2003, Vol.35, No.10, pp. 1779-1784.
 17. SIRARD, J.R., MELANSON, E. L., LI, L.I., FREEDSON, P.S.: Field evaluation of the computer science and applications, Inc. physical activity monitor. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000, Vol.32, No.3, pp. 695-700.
 18. WELK, G. J., BLAIR, S. N., WOOD, K., JONES, S., THOMPSON, R.W.: A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000, Vol.32, No.9, suppl, pp. S489-497.

19. WELK, G. J., CORBIN, C. B.: The validity of the Tritrac-3RD activity monitor for the assessment of physical activity in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1995, Vol. 66, pp. 202-209.

Přílohy

TECHNICKÉ ÚDAJE O ACTIGRAPH GT1M

Akcelerometr má rozměry 3.8 x 3.7 x 1.8 cm a hmotnost 27g. Skládá se z 16-bitového mikrořadiče s 12-bitovým čipem ADC, 1 Megabyte Flash paměti, polovodiče, regulátoru napětí, dobíjecí jednotky baterie, dobíjitelné 4.0V baterie a USB 2.0 rozhraní.

Výrobce je:

Actigraph, LLC

709 Anchors St., N. W.

Fort Walton Brach, FL 32548

Tel: 1 850 244 7211, Fax.: 1 850 243 0126, E-mail: customerservice@theactigraph.com

MINIMÁLNÍ SYSTÉMOVÉ NÁROKY

Operační systém: Windows 98 SE/ 2000 Professional s SP4/ XP Home nebo Professional Ed.

Programy: Microsoft Office s programem Excel 2000/XP v angličtině UK nebo US k analýze dat, Adobe Reader k přečtení manuálu

Sít': Internet, všechna práva administrátora

Grafika: Min. 256 barev, malé fonty

Rozlišení: 800x600, 1024x768

Připojení: Sériový port nebo USB připojení

Procesor: 300 MHz

Paměť: 32 MB

Pevný disk: 32 MB

ACTIGRAPH GT1M – SPECIFIKA VÝROBKU

Baterie

Dobíjitelné lithiono-iontové baterie Aktigrafu GT1M vydrží nabité po dobu 14 dnů. Dobíjení je automatické a děje se při připojení GT1M k jakémukoliv standardnímu USB portu. Doba nabíjení je závislá na velikosti vybití baterie, ale neměla by přesáhnout dobu 3 hodin k úplnému nabití. Když bude baterie kompletně nabitá, červené světlo uvnitř Aktigrafu bude svítit. Plně nabitá baterie bude mít napětí 4.0 voltů. Jestliže klesne napětí baterie pod 3.1 voltů, Aktigraf nebude mít dostatek energie ke spuštění a stahování dat. Úroveň baterie, udávaná ve voltech, můžete vidět při použití ActiLife Lifestyle software. Na liště pod COMMAND, klikněte na REPORT STATUS. Zobrazí se Vám stav Aktigrafu. Jedna z informačních položek udává napětí baterie.

Poznámka: Když PC není k dispozici a Aktigraf potřebuje nabít, můžete použít nezávislého USB rozdělovače. Když se GT1M nabíjí touto cestou, je doporučeno, aby rozdělovač nebyl připojen k počítači. Když ano, tak GT1M bude usilovat o navázání spojení s počítačem a to by mohlo být důvodem potenciální nestability počítače.

USB

GT1M využívá průmyslově standardní 2.0 připojení pro oboje, přenos dat a nabíjení. Datový přenos je nastaven na 115,200 bps s žádnou paritou, jedním (1) stop bitem, osmi (8) datovými byty.

Výsledný ukazatel

Tlačítko na GT1M umožňuje uživateli ukázat podstatné výsledky, které si chce poznamenat během shromažďování dat (př. Začátek nebo konec vytrvalých cvičení). Ukázané výsledky se objeví jako čáry v kalorických a pohybových grafech v příslušném softwaru pro snazší znázornění. Aby se předešlo problému s výsledným zobrazováním výsledků, je doporučeno stlačit tlačítko po dobu jedné celé sekundy.

Operační módy

GT1M má 5 rozdílných módů. Jsou to Aktivní, Málo baterie, Zastavení, Znovunabíjení, USB/Nabíjení.

Aktivní

Aktivní mód je normálně operující mód GT1M. Během tohoto módu je přístroj zapnut a sbírá data.

Málo baterie

GT1M spouští mód Málo baterie automaticky, když napětí v baterii klesne pod 3.5 voltů. Tento mód je stejný jako aktivní mód, vyjma toho, že každé 3 sekundy GT1M dvakrát blikne. Když přístroj jednou spustí tento mód, tak musí být do tří a půl hodin napojen na dobíjení, jinak se spustí mód zastavení.

Zastavení

V tomto módu bude GT1M zachovávat dříve nasbíraná data, nebude sbírat data následující, každé 3 sekundy světlo 3-krát blikne a bude šetřit energií. GT1M spustí mód Zastavení tři a půl hodiny po módu Málo baterie, jestliže není napojen na dobíjení. Přístroj musí být znovu spuštěn nebo restartován pokud byl mód Zastavení zapnut, jestliže si uživatel přeje pokračovat používat GT1M.

Aby baterie vydržela, může být Aktigraf uveden do módu zastavení stisknutím tlačítka po dobu 6 sekund, že je vypnut poznáme podle intenzivního zablikání. Uvedení do aktivního módu je stejné jako vypnutí, stisknutím tlačítka po dobu 6 sekund a následné intenzivní zablikání.

USB/Nabíjení

Mód USB/Nabíjení bude spuštěn vždy, když GT1M bude připojen k PC přes USB port. V tomto módu bude automaticky zastaveno sbírání dat a baterie se bude automaticky dobíjet (když to bude třeba). Za předpokladu, že ovladače Aktigrafu GT1M byly nainstalovány do počítače, uživatel může komunikovat s přístrojem skrze ActiLife Lifestyle software. Jestliže se GT1M nachází v módu Zastavení díky uživateli, tak zůstane v módu Zastavení stejně i po odpojení od počítače.

MÓDY

Pohybový mód

Tento mód umožňuje Aktigrafu sbírání dat. Je vždy zapnut.

Dual Axis mód

Není přístupný v ActiLife Lifestyle softwaru.

Mód měření kroků

Když je Aktigraf v tomto módu a je připevněn na těle, tak bude Aktigraf udávat počet kroků za každou dobu. Minimální doba, za kterou je Actigraph GT1M schopen sbírat data o krocích je 3 sekundy.

Poznámka: Použití módu měření kroků se redukuje celková nasbíraná data v čase na polovinu. To proto, že Aktigraf sbírá a ukládá dvoje data, pohybu a krokoměru.

Mód blikání

Když je mód aktivní, tak světýlko na přední straně Aktigrafu bude blikat v závislosti na tom jaký mód je zrovna aktivní. Tento mód je příčinou dalšího vyčerpávání baterie a vede ke kratší výdrží Aktigrafu.

On/Off Mód

Tlačítko na GT1M umožňuje uživateli:

- 1) ukázat podstatné výsledky, které si chce poznamenat během shromažďování dat (př. Začátek nebo konec vytrvalých cvičení). Ukázané výsledky se objeví jako čáry v kalorických a pohybových grafech v ActiLife Lifestyle softwaru.
- 2) Vypnout jednotku během doby, kdy není potřeba a šetřit baterii.
- 3) Zapnout jednotku k pokračování sbírání dat.

Aby se předešlo problému s výsledným zobrazování výsledků, je doporučeno stlačit tlačítko:

Výsledný ukazatel: 1 sec

On/Off: 6 sec

Tlačítko On/Off nemusí fungovat během zapínání proto, aby nedošlo k neúmyslnému ukončení sbírání dat. Tento mód je přednastaven na vypnuto.

Startovní čas/čas zastavení

GT1M podporuje uživatele v nastavení startovního a času zastavení. To umožňuje přístroji být v „úsporném režimu“ uživateli k dispozici sbírat data v nastavených časových periodách a pak se vrátit k „úspornému režimu“.

PŘEHLED TABULEK

Tabulka č. 1 – Pohybové činnosti v porovnání s MET (AINSWORTH A KOL. 1993)

Tabulka č. 2 – Hladiny intenzit zatížení (FREEDSON a KOL. 1998)

Tabulka č.3 – Přehled použitých pedometrů (SCHNEIDER A KOL. 2003)

Tabulka č.4 – Fyzické parametry probandů

Tabulka č. 5 - Průběh měření

Tabulka č.6 : Suma counts/2 min.

Tabulka č.7: Suma counts/2 min..

Tabulka č.8: Suma counts/2 min.

Tabulka č.9: Suma counts/2 min..

Tabulka č.10: Suma kroky/2 min.

Tabulka č.11: Suma kroky/2 min.

Tabulka č.12: Suma kroky/2 min.

Tabulka č.13: Suma kroky/2 min.

Tabulka č.14: Suma kroky/2 min a counts/2 min

Tabulka č.15: Suma kroky/2 min a counts/2 min

Tabulka č.16: Suma kroky/2 min a counts/2 min

Tabulka č.17: Suma kroky/2 min a counts/2 min

Tabulka č.18: Ověření spolehlivosti měření hodnot sumy counts/2min u 2 přístrojů

Tabulka č.19: Korelace jen v IZ(2min.) samostatně za časový interval 3,6,12 sekund

Tabulka č.20: Ověření spolehlivosti měření hodnot sumy counts/2min u 2 přístrojů

Tabulka č.21: Korelace jen v IZ(2min.) samostatně za časový interval 3,6,12 sekund

Tabulka č.22: Ověření spolehlivosti měření hodnot sumy counts/2min u 2 přístrojů

Tabulka č.23: Korelace jen v IZ(2min.) samostatně za časový interval 3,6,12 sekund

Tabulka č.24: Ověření spolehlivosti měření hodnot sumy counts/2min u 2 přístrojů

Tabulka č.25: Korelace jen v IZ(2min.) samostatně za časový interval 3,6,12 sekund

Tabulka č.26: Ověření spolehlivosti měření počtu kroků/2 min u 2 přístrojů.

Tabulka č.27: Korelace jen v IZ(2min.) samostatně za časový interval 3,6,12 sekund.

Tabulka č.28: Ověření spolehlivosti měření počtu kroků/2 min u 2 přístrojů.

Tabulka č.29: Korelace jen v IZ(2min.) samostatně za časový interval 3,6,12 sekund.

Tabulka č.30: Ověření spolehlivosti měření počtu kroků/2 min u 2 přístrojů.

Tabulka č.31: Korelace jen v IZ(2min.) samostatně za časový interval 3,6,12 sekund.

Tabulka č.32: Ověření spolehlivosti měření počtu kroků/2 min u 2 přístrojů.

Tabulka č.33: Korelace jen v IZ(2min.) samostatně za časový interval 3,6,12 sekund.