

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Monitorování pohybové aktivity pomocí nositelné elektroniky

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

doc. MUDr. Ing. Tomáš Větrovský, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Zdenka Mádlová

Praha, prosinec 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

Podpis:

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením bakalářské práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. MUDr. Ing. Tomáši Větrovskému, Ph.D. za vedení, trpělivost a jeho čas, který mi věnoval při konzultacích. Dále bych ráda vyjádřila díky celému týmu WEALTH, za možnost podílet se na výzkumu, který byl významným zdrojem dat pro tuto práci.

Abstrakt

- Název:** Monitorování pohybové aktivity pomocí nositelné elektroniky
- Cíle:** Tato práce si klade za cíl posoudit validitu zařízení Fitbit Charge 5 ve srovnání s ActiGraphem wGT3x–BT pro hodnocení pohybové aktivity (kroků, času stráveného střední intenzitou pohybové aktivity, vysokou intenzitou pohybové aktivity a kombinací střední až vysoké intenzity pohybové aktivity) u dospělých.
- Metody:** Komerčně dostupný monitor pohybové aktivity Fitbit Charge 5 byl srovnáván s ActiGraphem wGT3x–BT v podmínkách běžného života. Zdraví dospělí (n=32) nosili obě zařízení v rámci 7 denní terénní studie. Data byla analyzována na bázi dnů pro kroky, minuty střední intenzity pohybové aktivity, minuty vysoké intenzity pohybové aktivity a pro kombinaci minut pohybové aktivity střední až vysoké intenzity. K vyhodnocení shody mezi zařízeními Fitbit Charge 5 a kritériem byl použit Pearsonův korelační koeficient a Bland–Altmanův graf. K posouzení rozdílů byly vypočteny střední procentuální chyba (MPE) a střední absolutní procentuální chyba (MAPE).
- Výsledky:** Fitbit Charge 5 prokázal velmi silnou korelaci ($r = 0,94$; 95% CI 0,92–0,96) s kritériem v měření kroků. Hodnota MAPE byla 23%. U měřené pohybové aktivity střední intenzity byla vůči kritériu prokázána korelace slabá ($r = 0,33$; 95% CI 0,27–0,39). Obdobně tomu bylo i u pohybové aktivity vysoké intenzity, kde vyšla střední korelace ($r = 0,45$; 95% CI 0,39–0,51). Stejně tak u kombinace pohybové aktivity střední až vysoké intenzity byla zjištěna střední korelace ($r = 0,49$; 95% CI 0,44–0,56) s kritériem.
- Klíčová slova:** Fitbit, ActiGraph, pohybová aktivita, MVPA, počet kroků, validita

Abstract

Title: Using wearables to monitor physical activity

Objectives: The aim of this study is to assess the validity of the Fitbit Charge 5 compared to the ActiGraph wGT3x–BT for the assessment of physical activity (steps, time spent in moderate physical activity, vigorous physical activity and moderate to vigorous physical activity) in adults.

Methods: The Fitbit Charge 5 commercial physical activity monitor was compared to the ActiGraph wGT3x–BT under daily living conditions. Healthy adults (n=32) wore both devices in a 7-day field study. Data were analyzed based on days for steps, minutes of moderate physical activity, minutes of vigorous physical activity and minutes of moderate to vigorous physical activity. Pearson's correlation coefficient and Bland-Altman plot were used to assess the correlation between the Fitbit Charge 5 device and the criterion. Mean percentage error (MPE) and mean absolute percentage error (MAPE) were calculated to assess differences.

Results: The Fitbit Charge 5 had a very strong correlation ($r = 0,94$; 95% CI 0,92–0,96) on the step measurement with criterion. The MAPE value was 23%. A weak correlation with respect to the criterion was demonstrated for the measured physical activity of moderate intensity ($r = 0,33$; 95% CI 0,27–0,39). For vigorous physical activity a moderate correlation was found ($r = 0,45$; 95% CI 0,39–0,51). Similarly, a moderate correlation ($r = 0,49$; 95% CI 0,44–0,56) with the criterion was found for the combination of physical activity of moderate to vigorous intensity.

Keywords: Fitbit, ActiGraph, physical activity, MVPA, step count, validity

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Teoretická část	12
2.1 Pohyb.....	12
2.2 Pohybové chování	12
2.3 Pohybová aktivita.....	16
2.4 Vymezení parametrů pohybové aktivity.....	16
2.4.1 Koncept fyziologický	17
2.4.2 Koncept fyzikální	18
2.4.3 Koncept adaptační	19
2.5 Další možnosti dělení pohybové aktivity	20
2.6 Definice vybraných pojmů souvisejících s pohybovou aktivitou	20
2.7 Význam pohybové aktivity pro člověka.....	23
2.7.1 Zdravotní benefity pohybových aktivit	24
2.7.2 Psychosociální aspekty pohybových aktivit.....	24
2.8 Doporučení k pohybové aktivitě	25
2.9 Možnosti monitorování pohybových aktivit	25
2.9.1 Sebehodnotící dotazníkové techniky	26
2.9.2 Přímé pozorování.....	27
2.9.3 Měření pohybové aktivity pomocí senzorů	27
2.10 Monitorování pohybových aktivit pomocí nositelných zařízení.....	30
2.10.1 Validita nositelných zařízení.....	31
3. Praktická část	34
3.1 Cíle.....	34
3.2 Úkoly	34
3.3 Výzkumné otázky	34

4. Metodika	35
4.1 Charakteristika výzkumného souboru	35
4.2 Metody sběru dat a jejich analýza	37
4.2.1 Metody sběru dat	38
4.2.2 Analýza dat	40
5. Výsledky	41
5.1 Kroky.....	41
5.2 Pohybová aktivita střední intenzity	43
5.3 Pohybová aktivity vysoké intenzity	46
5.4 MVPA.....	49
6. Diskuze	52
7. Závěr	55
Seznam použité literatury	56

Seznam zkratek

CI	konfidenční interval (confidence interval)
CPM	county za minutu (counts per minutes)
DWL	technika dvojité značené vody (Doubly-Labeled Water)
EE	energetický výdej (energy expenditure)
FC5	Fitbit Charge 5
HR	srdeční frekvence (heart rate)
LIPA	pohybová aktivity nízké intenzity (light intensity physical activity)
LoA	limit shody (limits of agreement)
MAPE	střední absolutní procentuální chyba (mean absolute percentage error)
MET	metabolický ekvivalent
MPE	střední procentuální chyba (mean percentage error)
MVPA	střední až vysoká intenzita pohybové aktivity (moderate to vigorous physical activity)
PA	pohybová aktivity
PAEE	energetický výdej při pohybové aktivitě (physical activity energy expenditure)
r	Pearsonův korelační koeficient
SB	sedavé chování (sedentary behavior)
VO ₂	spotřeba kyslíku (volume of oxygen)
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

1. Úvod

Význam pohybové aktivity pro člověka je dlouhodobě známý. I přesto, že pohybová aktivita přináší do života nespočet benefitů, velká část dospělé populace nesplňuje ani základní obecně doporučované úrovně, kterými jsou minuty strávené střední až vysokou intenzitou pohybové aktivity v rámci týdne a denní počet kroků.

Pohybovou aktivitu lze hodnotit pomocí různých ověřených technik. Metody jako je například přímé pozorování, nebo technika dvojité značené vody nám mohou poskytnout užitečné a přesné informace, jsou však spojeny se zvýšenou zátěží účastníků a velmi vysokými náklady. Tyto metody se nejvíce uplatňují při laboratorním měření, pro získání dat o každodenní činnosti jedince je však zapotřebí hodnocení aktivity i v prostředí běžného života mimo laboratoř. Jedním z nevíce užívaných přístrojů používaných k měření pohybové aktivity v terénních studiích je akcelerometr ActiGraph. Stále se ovšem jedná spíše o vědecké zařízení, které je nákladné na pořízení a složitější na obsluhu. Jako levnější a uživatelsky obecně dostupnější tak přichází v úvahu komerční nositelná elektronika.

Fitbit je značka nositelné elektroniky, která má v posledních letech největší podíl na globálním trhu. Zařízení Fitbit lze nosit 24 hodin denně jako náramek, což může být pro uživatele pohodlnější než ActiGraph nošený v pase. Fitbit navíc každému uživateli poskytuje přístup k online databázi, kde je možné prohlížet si výstupy svých aktivit, připojovat se ke skupinám a komunikovat s ostatními uživateli. V neposlední řadě je Fitbit oproti ActiGraphu, který neposkytuje on-line interakci s uživatelem ani výstupy v reálném čase, uživatelsky atraktivnější.

Nositelná elektronika, především chytré hodinky a fitness náramky, představují trend v technologii pro sledování každodenních aktivit člověka. V posledních letech si široká veřejnost velmi oblíbila nositelná zařízení, která umožňují uživateli přístup k informacím v reálném čase. Ty nejlepší sledovače aktivity na současném trhu jsou technologicky velmi vyspělé a umožňují mnohem víc, než jen vypočítat, kolik uděláte za den kroků. Dalo by se říci, že jsou to vlastně takové malé počítače, vybavené řadou senzorů, které se nosí na těle. Uživatel má možnost veškerá naměřená data synchronizovat, ve většině případů bezdrátově, s počítačem nebo chytrým telefonem pro jejich dlouhodobé ukládání. Sebemonitorování pomocí nositelné elektroniky se také čím dál tím více jeví jako ideální a dostupný prostředek ke zlepšení úrovně fyzické aktivity u dospělých.

Nositelná elektronika, která dokáže monitorovat pohybovou aktivitu a je uživatelsky dostupná, by mohla mít velký potenciál poskytovat objektivní zpětnou vazbu nejen o vykonané pohybové aktivitě během dne, ale i o celkovém pohybovém chování člověka. K širšímu použití těchto zařízení ve výzkumných studiích, ať už pro účely intervence nebo měření, je však důležité stanovit jejich platnost a spolehlivost.

2. Teoretická část

2.1 Pohyb

„Pohyb, to je vlastně nejlevnější lék skoro na všechno a umožní nám prožít život co nejplněji a nejpestřeji až do pozdního věku“.

Doc. MUDr. Jiřina Máčková, CSc.

Pohyb je široký pojem, kterým se zabývá nejedna vědní disciplína. Na jeho smysl pro člověka se lze proto dívat z různých úhlů (Hošek, 1999). Od počátku je život všech primátů bezprostředně propojen s pohybem. Pohyb jednoznačně ovlivňuje všechny vývojové etapy, podílí se na jejich dynamice a v neposlední řadě usměrňuje jejich průběh. V raných stádiích ontogeneze rozhoduje třeba i o tom, jak bude daný jedinec utvářen v dospělosti a jak u něj bude probíhat období regresivních změn. Pohyb se spolupodílí na tvorbě aktivního zdraví, nemoci, výkonnosti a do určité míry také ovlivňuje i další generace (Kučera, Dylevský et al., 1999).

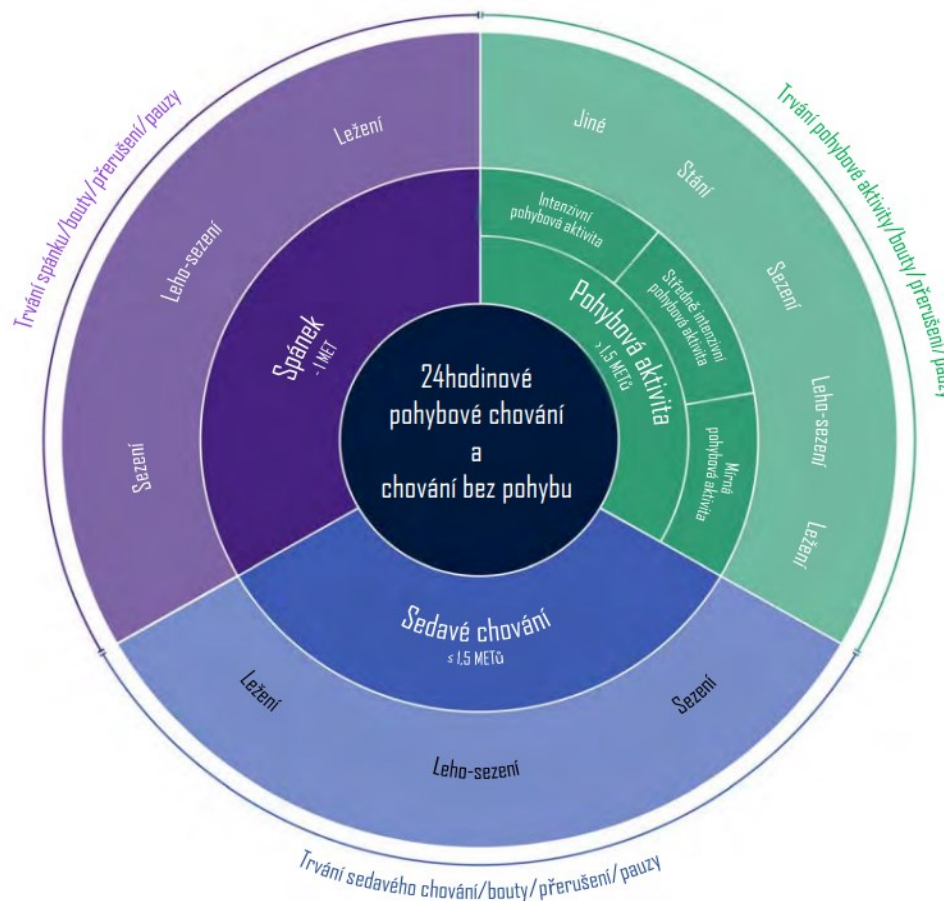
Pohyb však nelze chápat pouze ve smyslu lokomoce, to co v životě člověka znamená, má větší hloubku i šíři. Nejedná se pouze o pohyb svalů, ale i myšlenkových pochodů, nálad a také citů. Pohyb není výhradně psychologická či psychofyzická záležitost, je to i společenská síla, která motivuje a uvádí do pohybu lidskou soudržnost téměř na všech úrovních. Od soudržnosti intimní milenecké až po masové nadšení sportovních fanoušků. Takto široké pojetí pohybu lze názorně vystihnout, pokud se zamyslíme nad postavením pohybu v současném světě. Novodobá společnost svým vlastním rozvojem značně omezila pohybové nároky kladené na člověka, kdy důsledkem tohoto rozvoje je v každém případě obecně známý pojem hypokineze (Rýdl, 1998).

2.2 Pohybové chování

Nejnovější výzkumy vycházejí nejčastěji z konceptu chování člověka na základě 24hodinového cyklu (Pedisic et al., 2017). Tento cyklus lze rozčlenit do tří hlavních komponent lidského chování na: pohybovou aktivitu (PA), sedavé chování (SB) a období spánku (Rollo, 2020).

Organizace *Sedentary Behavior Research Network* (SBRN) představila konceptuální model nazvaný *24hodinové pohybové chování a chování bez pohybu (orig. 24-Hour*

Movement and Non-Movement Behaviors, Trembley et al., 2017). Model (Obrázek 1) vychází jednak z úrovně energetického výdeje (EE) v rámci určitého chování, z pozic těla, ve kterých je toto pohybově orientované chování realizováno a v neposlední řadě z časových charakteristik daného typu chování (Cuberek, 2019).



Obrázek 1. Model 24hodinového pohybového chování a chování bez pohybu (zdroj: Trembley et al., 2017; český překlad Sigmund, Sigmundová, 2021)

Grafika (Obrázek 1) organizuje denní aktivity do dvou hlavních složek: Vnitřní kruh identifikuje hlavní kategorie chování na základě energetického výdeje, zatímco vnější prstenec zahrnuje obecné kategorie spojené s držením těla. Důležité je si uvědomit, že relativní velikost jednotlivých sekcí nepředstavuje čas, který by měl být denně stráven tímto chováním (Sigmund, Sigmundová, 2021).

V rámci tohoto modelu byly dále formálně stanoveny definice klíčových termínů souvisejících s hodnocením sedavého chování (SB) A tyto definice byly následně doporučeny pro používání v odborné literatuře jak organizací SBRN, tak i *International*

Society of Behavioral Nutrition and Physical Activity. Níže jsou uvedené definice pojmů dle Tremblay et al., (2017) s českým překladem od Cuberka (2019):

Pohybová inaktivita – je nedostatečná úroveň PA z hlediska aktuálních doporučení k pohybové aktivitě.

Stacionární/nehýbné chování – zahrnuje veškeré chování při bdění, které je prováděno při ležení, leho-sezení, sezení a stání, avšak nejedná se o přesun z místa na místo spojený s EE.

Sedavé chování (SB) – je chování při bdění, kdy je energetický výdej $\leq 1,5$ násobku metabolického ekvivalentu (MET), při sezení, vleže, nebo při přechodu mezi těmito polohami.

Stání – taková poloha těla, při které je udržována nebo držena vzpřímená pozice s oporou o dolní končetiny.

Doba sledování – definuje čas strávený takovým chováním, které je založeno na užívání obrazovky, nebo zařízení s monitorem. V průběhu doby sledování může být vykonáváno SB i PA.

Doba sedavého chování bez sledování – čas strávený SB, kdy chování nezahrnuje užívání obrazovky, ani zařízení s monitorem.

Sezení – poloha těla, kde je trup ve vertikální poloze a při které hmotnost těla spočívá spíše na hýždích, než na chodidlech.

Polehávání (posedávání)/ Leho-sezení – poloha těla, která se nachází mezi ležením a sezením. (zde není český ekvivalent k anglickému termínu zcela ustálen).

Ležení – poloha odpovídající horizontální poloze těla opírající se o podložku.

Schéma sedavého chování – popisuje způsob, jakým dochází ke kumulaci doby SB v průběhu dne nebo týdne při bdělém stavu jedince.

Rosenberger et al., (2019) prezentovali 24hodinový cyklus pohybového chování se čtyřmi základními aktivitami, kterými jsou spánek, sedavé chování, LIPA a MVPA. Zmíněné aktivity představují fyzické chování, jsou primárně založené na čase a lze je hodnotit pomocí nositelných technologií. Z pohledu Rosenbergera et al., 2019 využívá 24hodinový cyklus holistický přístup k integraci čtyř výše popsaných činností souvisejících se zdravím (tj. spánek, SB, LIPA a MVPA) do paradigmatu, které komplexně popisuje činnosti každodenního života pro optimální zdraví. Změny času stráveného jednou aktivitou ovlivní čas strávený alespoň jednou další aktivitou. Například snížení sedavého chování (např. sledování televize) může vést ke zvýšení LIPA (např. procházka) a/nebo prodloužení doby spánku (např. chození dříve spát). Model 24hodinového cyklu také předpokládá vzájemné vztahy mezi aktivitami. Například účast na MVPA může podporovat lepší spánek, což může následně vést k lepší bdělosti během dne a větší aktivitě. Tyto vztahy demonstruje několik studií, například v 16týdenní studii, ve které účastníci zaznamenávali denní aktivity během dne byly pozorovány časové souvislosti mezi fyzickou aktivitou a zlepšenou kvalitou spánku během následující noci. Cílem modelu je poskytnout integrované paradigma pro sjednocení současných doporučení pro spánek a MVPA založená na čase a kvalitě s novými důkazy o sedavém chování a LIPA.

Výsledky studií naznačují, že složení pohybového chování během 24 hodin je důležitým ukazatelem zdraví v každém věku a může mít také významný vliv na zdraví člověka po celý jeho život. Bylo dobře zdokumentováno, že všechny tyto časově náročné složky napříč 24 hodinovým spektrem mohou významně souviset se zdravím. Například zvýšené riziko úmrtnosti, kardiovaskulárních onemocnění, metabolického syndromu, ale i diabetes mellitus 2. typu a určité typy rakoviny jsou spojeny s nízkou hodnotou MVPA, velkým množstvím času stráveného SB a špatnými spánkovými návyky (Grgic et al., 2018). V souladu s integrovaným paradigmatem pohybového chování tak řada zemí vydala doporučení pro konkrétní věkové skupiny (Rollo et al., 2020). Jak již bylo zmíněno výše, rozhodující pro celkový vliv těchto složek na zdraví jedince není pouze čas, který s nimi jedinec stráví, ale i způsob střídání v rámci sledovaného cyklu (Chastin et al., 2015).

2.3 Pohybová aktivita

Pohybová aktivita, jindy také pohybová činnost či motorické projevy člověka jsou pojmy, které popisují jakýkoliv pohyb realizovaný v průběhu jeho života. Pohybová aktivita dále zahrnuje veškeré činnosti realizované kosterním svalstvem a podmíněné energetickým systémem za předpokladu součinnosti všech fyziologických funkcí (Hrabinec et al., 2017). V oxfordském slovníku sportovní vědy a medicíny nalezneme definici PA jako jakoukoliv formu pohybu, která má významné metabolické nároky. PA zahrnují trénink a účast na sportovních utkáních, fyzicky namáhavé zaměstnání, vykonávání domácích prací, a nespportovní volnočasové aktivity, které vyžadují fyzickou námahu (Kent, 1994). Jednu z definic pohybové aktivity uvádí v literatuře také Hendl (2011). Pohybovou aktivitu popisuje jako „*druh nebo druhy pohybu člověka, které jsou výsledkem svalové práce prováděné zvýšeným energetického výdeje, charakterizované svébytnými vnitřními determinantami a vnější podobou*“.

Výše uvedené definice jsou jedny z mnoha, které můžeme v odborné literatuře najít. Nejčastěji používaná definice PA současnosti je však stále od autorů: Caspersen, Powell, & Christenson, z roku 1985, dle kterých představuje PA jakýkoliv pohyb těla realizovaný prostřednictvím kosterního svalstva, který vede ke zvýšenému energetickému výdeji (Cuberek, 2019). Z této definice následně vychází i WHO (2020) a definuje PA jako jakýkoliv pohyb vyvolaný kosterními svaly, který vyžaduje výdej energie nad klidovou úroveň metabolismu.

Cuberek (2019) upozorňuje na nutnost korekce používané definice PA. Jeho práce se proto opírá o následné vymezení PA: „*Pohybová aktivita je specifické chování jedince, jehož projevem je pohyb těla, jeho částí nebo udržení těla v neměnné poloze při změnách působení vnějších sil, a které je způsobeno volní činností kosterního svalstva doprovázenou nárůstem energetického výdeje nad úroveň 1,5 METů*“.

2.4 Vymezení parametrů pohybové aktivity

Parametry PA řadí Cuberek (2019) do tří oblastí na základě podstaty, se kterou k vyjádření PA přistupují. Rozlišuje tak fyziologický, fyzikální a adaptační koncept parametrizace PA.

PA jako komplexní celek není přímo měřitelná, nemá svou standardní jednotku a nelze ji přímo kvantifikovat. Parametrizace zde označuje proces přiřazení měřitelné proměnné, která v určitém smyslu a míře reprezentuje PA a umožňuje nám získat informace o její úrovni. Samotný výběr parametrů PA tak představuje klíčový prvek při realizaci výzkumů a jeden z primárních faktorů determinující validitu studií v oblasti pohybového chování. Většina proměnných často opomíjí individuální charakteristiky jedince nebo specifickou povahu PA (např. při používání akcelerometrie se neberou v úvahu faktory jako zdatnost jedince, jeho zdravotní stav, psychický stav atd.), proto je při výzkumech vhodné zvážit užití více parametrů PA (Cuberek, 2019).

2.4.1 Koncept fyziologický

Energetický výdej (EE) související s realizací PA je považován, s ohledem na definici PA, za standardní fyziologickou proměnnou, základní jednotkou EE je kalorie. Toto hledisko vychází z předpokladu, že pro pohyb těla nebo jeho části je nezbytné vynaložit odpovídající množství energie ve smyslu fyzikálním. Tato energie je zároveň uvažována jako energie, kterou musí jedinec vynaložit na realizaci pohybu ve smyslu fyziologickém, tedy energii spojenou především se svalovou činností (Cuberek, 2019). Celkový EE jedince pak představuje kombinované energetické výdaje spojené s udržováním stabilních podmínek v těle a náklady spojené s fyzickou aktivitou. EE je měřitelný přímou nebo nepřímou kalorimetrií (Botek, 2017).

Physical activity level (PAL) je index vyjadřující energetické nároky jedince spojené s realizací PA a současně zahrnuje trvání i intenzitu PA vykonané za 24 hodin (Cuberek, 2019).

Metabolický ekvivalent (MET) představuje běžně využívaný fyziologický koncept, poskytující jednoduchý prostředek pro vyjádření energetického výdeje. Hodnota MET je definována jako objem spotřebovaného kyslíku (O_2) vůči hmotnosti jedince za bazálních podmínek. Jeden MET se rovná $3,5 \text{ ml } O_2/\text{kg}\cdot\text{min}$ nebo $1 \text{ kcal}/\text{kg}\cdot\text{h}$. Použití standardizované měrné veličiny je pohodlné pro popis PA různé intenzity například v epidemiologických studiích (Byrne et al., 2005).

Tabulka 1. Rozdělení intenzity PA dle metabolického ekvivalentu MET (upraveno dle: Anisworth et al., 2011).

Sedavé chování 1,0-1,5 MET	Lehká intenzita 1,6-2,9 MET	Střední intenzita 3-5,9 MET	Vysoká intenzita ≥6 MET
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	----------------------------

Spotřeba kyslíku (VO₂) a srdeční frekvence (HR) jsou dalšími fyziologickými parametry PA. Tyto parametry postihují fyziologickou odezvu organismu a zátěž, ke které dochází působením PA. Spotřeba kyslíku je výstupem nepřímé kalorimetrie a ve vztahu k úrovni PA je možné PA hodnotit na základě přímo naměřených hodnot VO₂, nebo použít odvozené hodnoty MET, popřípadě jakékoli jiné parametry PAEE. Hodnoty srdeční frekvence lze získat přímým výstupem z EKG, ale i nepřímo palpací. Obě dvě uvedené metriky se využívají přímo na základě naměřených hodnot, nebo z hodnot odvozených, kterými jsou odhady EE (Cuberek, 2019).

2.4.2 Koncept fyzikální

Následující skupina parametrů PA se opírá o její realizaci v rozměru fyzikálním. Na úroveň PA je zde nahlíženo z pozice pohybu těla v prostoru, pohybu segmentů těla v jednotlivých kloubních spojeních a změn poloh těla v rámci prostoru. PA je takto popisována dle běžných fyzikálních veličin, kterými jsou např. vzdálenost, čas, rychlost nebo zrychlení.

Count je nejfrekventovaněji užívaný parametr a vychází z akcelerace jedince při pohybu. Koncept tohoto parametru vychází z převodu původního záznamu akcelerace na odvozenou, transformovanou jednotku. Count můžeme zjednodušeně charakterizovat jako odvozenou jednotku, která postihuje míru akcelerace během pohybu jedince, kde je tato míra akcelerace determinována způsobem transkripce původního signálu z akcelerometru.

Pojem count pochází z angličtiny a v češtině k němu nenajdeme vhodný ekvivalent. Tento termín se proto využívá bez překladu a postupně tak došlo k jeho počestění (Cuberek, 2019).

Krok lze podobně jako parametr count zahrnout do fyzikálního konceptu rozměru PA. Jeden krok představuje měrnou jednotku parametru krok a postihuje přechod od kaudálního ke kraniálnímu směru těžiště těla po svislé ose a to bez ohledu na její pozici v prostoru. Obvykle užívanou metrikou která je založena na kroku je počet krků za den. I když je krok jako parametr PA odvozen od skutečného kroku při bipedální lokomoci, není v praxi využíván pouze k vyjádření lokomoční PA. Běžně se krok používá také k vyjádření celkové habituální PA či intenzity PA při libovolné aktivitě (Cuberek, 2019).

Čas je základní fyzikální veličina a jako parametr PA postihuje dobu trvání libovolného chování, které vyhovuje definici PA. PA však není většinou kvantifikována pomocí času přímo, mnohem častěji je kvantifikováno množství PA určité kategorie dle její intenzity, nebo typu. Lze tak například vyjádřit pomocí času množství MVPA a to jako dobu, po kterou byla vykonávána libovolná PA ≥ 3 MET (Cuberek, 2019).

2.4.3 Koncept adaptační

Tento koncept vychází ze skutečnosti, že lidský organismus reaguje na pohyb řadou adaptačních procesů a že PA lze postihnout výčtem adaptačních změn organismu, které jsou přímým důsledkem realizace PA při akceptaci všech spolupůsobících faktorů. Tyto změny v organismu mohou mít z hlediska doby trvání krátkodobý i dlouhodobý charakter. V takovém pojetí je PA chápána jako jedinečný projev jedince, který je podmíněn vnitřním i vnějším prostředím. Výhodou adaptačního konceptu je především možnost postihnout všechny aspekty realizace PA a to díky komplexní povaze všech parametrů. Mezi aspekty se řadí:

- podmínky realizace PA,
- specifika jedince,
- časová kontinuita celkového pohybového chování,
- komponenty pohybového chování jedince a vazba mezi nimi (Cuberek, 2019).

2.5 Další možnosti dělení pohybové aktivity

PA lze rozčlenit do několika skupin a to z hlediska vybraného aspektu. Existuje tedy řada aspektů a možností, podle kterých se PA dá dělit. Z hlediska organizace je možné rozlišit organizovanou a neorganizovanou PA, kde organizovaná PA je prováděna pod vedením druhé osoby, například trenéra, cvičitele. Naproti tomu neorganizovaná PA je aktivitou spontánní, volitelnou a determinují ji většinou vlastní zájmy. Podle aspektu pravidelnosti dělíme PA na pravidelnou, tedy takovou PA, která má opakující se dlouhodobý charakter a na nepravidelnou, pro kterou je charakteristická nárazovost a různorodost. Dle záměru PA existuje rozdělení na intencionální (cílenou) PA, kde obsah tvoří taková tělesná cvičení, která jsou vědomě a cíleně prováděna za účelem udržení nebo zlepšení tělesné zdatnosti a zdraví. Opakem cílené aktivity je pak aktivita spontánní, která je prováděna bez cílení na rozvoj tělesné zdatnosti. Z hlediska socializace pak můžeme PA dělit na individuální a skupinovou. Individuální PA je realizována bez interakce s dalšími osobami, naopak ke skupinové PA je nutná účast alespoň jednoho dalšího jedince, většinou však větší skupiny osob.

Z pohledu denního režimu člověka, nebo životního stylu se PA nejčastěji dělí do 3-4 oblastí. Na PA vykonávanou v zaměstnání nebo ve škole, v domácnosti, ve volném čase a v neposlední řadě na PA jako součást transportu při přesunech z místa na místo (Rubín, 2018).

2.6 Definice vybraných pojmů souvisejících s pohybovou aktivitou

Pohybová aktivnost

Termín pohybová aktivnost zahrnuje všechny vykonané pohybové aktivity v určité časové jednotce, které se uskutečňují v pracovní, tak i mimopracovní době. Tyto aktivity mohou být prováděny bez přerušení v jednom časovém úseku, nebo se sčítají z několika různých intervalů. Pohybová aktivnost jako komplexní pojem zahrnuje různé pohybové aktivity a činnosti – chůzi, práci na zahradě, ale také cvičební a strukturované aktivity jako jsou sportovní hry a cvičení s hudbou. Pohybová aktivnost v životě člověka je ovlivněna několika faktory, patří mezi ně především sociální prostředí rodiny, školy a sociálně ekonomický status. Pravidelná pohybová aktivnost je považována za jeden z významných faktorů podpory zdraví v kterémkoli věku. Korvas, Kysel (2013).

Pohybová nedostatečnost

Pojem pohybová nedostatečnost stojí naproti pohybové aktivitě a označuje takové chování jedince, projevující se velmi nízkým objemem běžných denních pohybových aktivit a na straně druhé také absencí strukturovaných pohybových aktivit dovednostního charakteru (Sekot, 2015).

Pohybový režim

Jedná se o ukazatel kvality a kvantity pohybové aktivity člověka. Pohybový režim představuje souhrn všech pohybových aktivit, které člověk zařazuje pravidelně a dlouhodobě do svého života v rámci životního stylu. Pohybový režim můžeme posuzovat z hlediska intervalů a to denních, týdenních, měsíčních i ročních, ale také z hlediska struktury, objemu, intenzity a frekvence daných pohybových aktivit (Hrabinec et al., 2017).

Fyzická aktivita

Fyzickou aktivitu můžeme vymezit jako pojem označující soubor chování, který zahrnuje veškerý fyzický pohyb produkovaný svalovým výkonem vyžadujícím výdej energie. Z hlediska odborného je možné rozlišit tři kategorie úrovně/intenzity fyzické aktivity:

- úplná absence fyzické aktivity
- pravidelná fyzická aktivita (prováděna nejméně pětkrát do týdne, více než 30 minut denně)
- pravidelná dynamická fyzická aktivita (prováděna nejméně třikrát v týdnu s využitím více než padesáti procent srdeční a dechové kapacity) (Michálek et al., 2014).

Zdatnost

Zdatnost představuje kvalitativní i kvantitativní charakteristiku člověka a jeho schopnost čelit psychickým, fyzickým i sociálním nárokům, kterými je zvenčí ovlivňován prostředím (Korvas, Kysel, 2013).

Tělesná zdatnost

Schopnost člověka přiměřeně reagovat na vlivy zevního prostředí, jako je například teplo, chlad, nebo tělesná zátěž. V užším slova smyslu pojem tělesná zdatnost představuje adaptaci na tělesnou zátěž (Máček, Radvanský et al., 2011). Definovat tělesnou zdatnost

lze ze dvou pohledů, buďto z hlediska výkonnosti, nebo z hlediska zdravotního a pak tedy mluvíme o zdravotně orientované zdatnosti (Hrabinec a et al., 2017)

Tělesná kultura

Sociokulturní jev, který má osobnostní i společenský rozměr a stává se tak součástí kultury lidstva. Tělesná kultura provází člověka jeho vývojem a to jak fylogeneticky z hlediska kulturního vývoje lidstva v jednotlivých etapách, tak ontogeneticky z hlediska vývoje člověka od narození až do stáří. Je to obecný pojem, který zahrnuje veškeré cílevědomé činnosti, hodnoty a také normy zaměřené na tělesné zdokonalování člověka, využívání tělesných aktivit k rozvoji všestrannosti a k uspokojování jeho potřeb individuálních i společenských. Cílem je kultivace, socializace, zdravotní prevence a tím pádem i zlepšování kvality života člověka i společnosti prostředky pohybové aktivity (Hrabinec et al., 2017).

Životní styl

Životní styl definuje Machová et al. (2015) jako formy dobrovolného chování v určitých životních situacích, které jsou založené na osobním výběru z různých možností. Pro životní styl je tedy charakteristická souhra dobrovolného chování a životních situací. Rozhodování člověka však není úplně svobodné. Jeho chování podmiňují rodinné zvyklosti, tradice společnosti, limituje ho ekonomická situace jak společenská, tak vlastní. Roli zde hraje také vzdělání, zaměstnání, příjem, ale také věk, temperament, rasa i pohlaví.

Velký technický pokrok zásadně změnil životní styl obyvatel ve vyspělých zemích. Současný člověk vede převážně sedavý způsob života, který má vliv i na zhoršující se mezilidské vztahy. Životní styl mnoha jedinců je orientovaný na honbu za úspěchem, mocí a penězi. Pracovní vyčerpání, nedostatek času na sebe a neustálý spěch vytváří podloží pro stresové situace a vznik problémů, které život člověka předčasně zkracují, nebo zhoršují jeho kvalitu. Řešením tohoto problému však není odmítnutí technického pokroku, člověk by si měl uvědomit svou biologickou podstatu a z té vyplývající potřebu pohybu (Machová et al., 2015).

Životní styl představuje faktor nejvíce ovlivňující zdraví. Zdravotní stav jedince je podmíněn jeho životním stylem z 50-60 % (Vysoký, Konečný, 2022).

Zdraví

Zdraví není pouze absencí nemoci nebo jakéhokoliv nedostatku, jedná se o přechodný stav celkové tělesné, psychické, sociální a chovní pohody. Zdraví je východiskem úrovně každodenního života, zdůrazňujícím osobní a sociální zdroje, stejně jako tělesné možnosti. Z pohledu holistického lze zdraví chápat jako dynamický systém tělesné, psychické, sociální, i duchovní pohody, ve kterém při narušení jedné ze složek dochází k nerovnováze a narušení celku. Mezi základní determinanty zdraví patří: genetické předpoklady, lékařská péče, prostředí a životní styl. Životní styl je nejvýraznější determinantou zdraví, kterou lze zároveň navíc relativně snadno ovlivňovat (Sigmund, Sigmundová, 2021). Také Vašíčková a Pernicová (2018) uvádějí, že existuje spojitost mezi PA a zachováním nebo zlepšením zdraví jedince. Nicméně, dle jejich zjištění je klíčovým problémem motivace k PA.

Kvalita života

Kvalita života, pokud ji hodnotíme jako celek, je a musí být vnímána jako multidimenzionální. Kvalita života člověka je výsledkem interakce mnoha různých faktorů a podmínek, zejména ekonomických, sociálních, psychologických, zdravotních a enviromentálních (Payne, 2005). Být fyzicky aktivní se ukazuje jako jeden z možných způsobů, jak zlepšit kvalitu života a obecně celkovou pohodu (Marquez et al., 2020).

2.7 Význam pohybové aktivity pro člověka

Pozitivní vliv PA na člověka je známý již po staletí. Například starověký filozof Platón zdůraznil význam PA prohlášením, že „nedostatek aktivity ničí dobrou kondici každého člověka, zatímco pohyb a tělesné cvičení jej zachraňuje a uchovává“. Ve skutečnosti toto tvrzení platí dnes stejně jako ve starověku (Dhuli et al., 2022). PA jsou významným činitelem somatického i psychického vývoje člověka a jejich působení se projevuje již od samotného narození. V průběhu našeho života nás náš pohybový projev do velké míry ovlivňuje a v mnoha ohledech i předurčuje. A právě proto, by se PA měly stát každodenní potřebou a základní složkou v našem denním režimu (Schlegel, Fialová, 2023). Dle Tuky et al. (2017) představuje návrat k pravidelné PA velmi účinný a zároveň levný prostředek v prevenci a léčbě většiny civilizačních chorob.

Poslední měření provedené WHO ukázalo, že je pohybová aktivita nedostatečná u více než čtvrtiny světové populace dospělých. Průměrně 1 ze 3 žen a 1 ze 4 mužů jsou nedostatečně aktivní. Z měření navíc také vyplývá, že komplexně nedochází ke zlepšení tohoto stavu již více jak 20 let (WHO, 2022). Moderní životní styl vedl nejen ke snížení PA při provádění běžných každodenních činností, ale také podpořil závislost lidí na strojích a moderních technologiích. Tento životní styl přinesl mnoho pohodlí, samozřejmě, ale je to především pohodlí na úkor fyzického i psychického zdraví lidí. Snížená PA vyvolala velké obavy o veřejné zdraví a pohodu, nedostatek PA se stal čtvrtou hlavní příčinou úmrtí. Nejen, že tato situace je značně alarmující, ale má také obrovský socioekonomický dopad na systém zdravotní péče (Dhuli et al., 2022).

2.7.1 Zdravotní benefity pohybových aktivit

Dle Praška a Praškové (2001) je pohyb rozhodujícím činitelem, na kterém závisí zdravotní stav člověka. Tuka et al., (2017) uvádí, že PA přináší prospěch jedincům s rizikovými faktory pro aterosklerózu, jakož i těm, kteří již projevují příznaky aterosklerózy (jako pacienti s ischemickou chorobou srdeční, po cévní mozkové příhodě, nebo s ischemickou chorobou dolních končetin). Stejně tak má pozitivní vliv na jedince s chronickým srdečním selháním. Pohyb je prospěšný i pro osoby s onemocněním plic (např. CHOPN, astma), s metabolickými chorobami (diabetes mellitus, obezita, osteoporóza), s revmatologickými onemocněními a v nedávné době také ukázalo, že má pozitivní vliv i na střevní mikrobiom.

2.7.2 Psychosociální aspekty pohybových aktivit

Pro emocionální ladění člověka má pohybová aktivita také velký význam. Pohybově aktivní člověk má zvýšený pocit důvěry ve své schopnosti, snadněji nakládá s obavami a stresey denního života a je méně agresivní. Je také známo, že pravidelné cvičení upravuje výkyvy nálad, zmenšuje depresi i neopodstatněné obavy kterými člověk může trpět. Příčinou takto pozitivních změn v chování jsou změny, které se odehrávají v mozku. Fyzicky aktivní jedinci mají zvýšenou produkci některých přenašečů a modulátorů, které snižují bolest, ale také zlepšují náladu a člověku tak přináší pocit radosti (Stejskal, 2004).

Myšlení a postoje ovlivňují podstatným způsobem naše prožívání a chování. Vlivem PA je možné odstranit pocit bezmoci a vytvořit tak důvěru ve vlastní kompetence posílením

sebevědomí. Význam má PA i v rámci zlepšování sociálních kontaktů a to především díky skupinovým PA (Schlegel, Fialová, 2023).

2.8 Doporučení k pohybové aktivitě

WHO (2020) doporučuje základní množství pohybové aktivity a udává je pro různé věkové skupiny populace. Tato doporučení tvoří minimální základ, který by měl v ideálním případě dodržovat každý dospělý bez vážnějších zdravotních komplikací.

- Dospělým ve věku od 18 do 64 let se doporučuje věnovat 150-300 minut týdně PA střední intenzity, nebo 75-150 minut PA vysoké intenzity. Ekvivalentem pro dosažení zdravotních přínosů může být také kombinace aktivity střední a vysoké intenzity po celý týden.
- Vhodná je také kombinace kondičního a silového cvičení, které zapojuje velké svalové skupiny. Silové cvičení střední až vyšší intenzity by se mělo zařazovat nejméně 2x týdně.

Běžně používaným cílem je také hranice 10 000 kroků na den, které tvoří základ zdraví prospěšnému chování jedince.

Dle národního informačního zdravotnického portálu je doporučeno vykonávat ideálně 5x týdně minimálně 30 minut pohybovou aktivitu střední intenzity, nebo alespoň 3x týdně 25 minut pohybovou aktivitu vysoké intenzity. Uvedené doporučení je nutné chápat jako doplněk aktivitám běžného dne, které mají obvykle mírnou intenzitu nebo trvají méně než 10 minut (nzip.cz, 2023).

2.9 Možnosti monitorování pohybových aktivit

Monitorování PA je v současnosti realizováno v širokém spektru různého prostředí a podmínek, přičemž zároveň kopíruje prolínání tradičních vědních oborů s dalšími vědními disciplínami. Tento novodobý trend v PA výzkumech odpovídá globálně uznávanému multidisciplinárnímu přístupu k řešení vědeckých otázek.

Výstupem monitorování bývá řada různých proměnných charakterizujících PA. Tyto výstupy jsou specifické pro zvolenou techniku měření, avšak ve většině případů PA popisují využitím FITT charakteristik (frekvence, intenzita, doba trvání, druh aktivity).

S ohledem na potřeby konkrétního výzkumu je pro monitoring PA možné využít řadu subjektivních nebo objektivních metod a technik měření (Frömel et al., 2009).

Pro analýzu výsledků a zabezpečení spolehlivého a především objektivního monitorování PA, realizovaného mimo laboratoře v běžných podmínkách všedního života, je zapotřebí součinnosti všech činností, technik a především přístrojů (Sigmund, Sigmundová 2011).

2.9.1 Sebehodnotící dotazníkové techniky

Dotazníky pro sebehodnocení jsou označovány za nejčastěji využívané metody hodnocení PA a spoléhají se na schopnost jednotlivců vzpomenout si na své pohybové chování v minulosti. Výsledky těchto dotazníků jsou velmi rozmanité, s důrazem převážně na odhad EE, dobu trvání specifické tělesné aktivity a frekvenci určitého typu pohybu. Dotazníky se přirozeně soustředí spíše na hrubý popis pohybového chování, než na podrobný popis každodenní PA, a to z důvodu omezené schopnosti vybavit si retrospektivně své chování, zejména pokud jde o delší časový rámec (Cuberek, 2019). Nejvyžívanějším dotazníkem pro zjištění úrovně pohybové aktivity je standardizovaný Mezinárodní dotazník k pohybové aktivitě (IPAQ) (Rubín et al., 2018).

Hlavními výhodami dotazníků jsou jejich efektivita z hlediska nákladů, snadná administrace, schopnost rozlišit mezi různými kategoriemi tělesné aktivity, schopnost rozpoznat statické a dynamické aspekty pohybu, klasifikace jednotlivců nebo skupin podle úrovně tělesné aktivity, poskytování podrobností o pohybové aktivitě a detekce zlepšení u jednotlivců nebo skupin. Navíc jsou dotazníky schopny zahrnout poměrně rozsáhlé časové období, buď prostřednictvím pravidelného opakovaného sběru dat, nebo samotným obsahem dotazníku. Při návrhu studie je však nutné zajistit, aby vyplňování dotazníků nebylo ovlivněno efektem opakovaných odpovědí na stejné otázky (Cuberek, 2019).

Nevýhodou dotazníků je jednoznačně jejich chybovost spojená s porozuměním otázkám, sociální očekávání, věk, ale i vliv sezóny na charakter pohybového chování u konkrétního člověka. Avšak, jak se ukazuje, mnoho z těchto omezujících faktorů lze částečně eliminovat skupinovým vyplňováním dotazníků ve srovnání s individuálním přístupem nebo také uspořádáním otázek v chronologickém souladu s realizací PA (Cuberek, 2019).

2.9.2 Přímé pozorování

Jedná se o metodu se standardizovaným postupem, kdy nezávislý vyškolený pozorovatel sleduje a současně zaznamenává PA (jedince, nebo skupiny osob) na základě přesně definované metodiky. Použití této metody je vhodné v případě, že je PA realizována pouze ve vymezeném prostoru a čase.

Metoda přímého pozorování má pro svá specifika mezi ostatními metodami popisu PA nezastupitelné místo. Tato metoda je cenná především pro svou schopnost získat informace v určitém kontextu jako je např. preferovaná lokalita, čas, nebo oblečení a poskytuje pozorovateli také další detaily, kterými mohou být osobnostní specifika spojené s danou PA. Naopak jako nevýhody se jeví vysoké nároky na čas a energii, potenciální nežádoucí reakce pozorovaného jedince/skupiny, obtíže týkající se získání souhlasu etické komise, nebo nedostatek objektivních metrik EE (Cuberek, 2019).

2.9.3 Měření pohybové aktivity pomocí senzorů

Akcelerometry

Akcelerometrie je přístrojová metoda pro hodnocení sedavého chování a specifických typů fyzické aktivity, např. chůze, stání a počtu kroků. Často se používá v klinických a výzkumných podmínkách pro měření intenzity za minutu a polohy těla, což umožňuje odhadnout trvání, intenzitu a frekvenci konkrétních typů aktivit (Milther et al., 2023). Akcelerometry jsou přenosné snímače, které pomocí vnitřního piezoelektrického krystalu registrují změny rychlosti pohybu. Pestrou škálu akcelerometrů používaných při monitorování PA lze z hlediska uživatelského rozdělit podle: rozměru snímání pohybu (lineární, rovinné, nebo prostorové), rozsahu výsledku (pouze souhrnné, souhrnné i průběžné), obsluhy a nastavování (manuální, nastavitelní pomocí počítače), zobrazení výsledku (okamžití, zpětné) (Sigmund, Sigmundová, 2011).

Za signifikantní výhodu akcelerometrů je nutné označit skutečnost, že popisují změny pohybového chování kontinuálně a v reálném čase. Jsou tak schopny registrovat odchylky, které nastanou v průběhu určitého typu nebo charakteru pohybového chování. Ve srovnání s přímým pozorováním jsou tak akcelerometry schopné detekovat i velice krátké přerušení určitého konkrétního chování jedince (Cuberek, 2019). Senzor zachycující akceleraci je poměrně malý a proto bývá kromě samotných akcelerometrů zabudován také do chytrých hodinek, mobilů a multisenzorických přístrojů.

Monitorovaná data akcelerometru lze naprogramovat pro různá využití. Například při běhu mohou akcelerometry generovat výstupy týkající se maximální rychlosti a zrychlení, taktéž jsou schopny monitorovat vzorce spánku, které mohou být spojeny se záchvaty. Tyto dva příklady ilustrují, jak odvětví, jako jsou sport a lékařství, mohou těžit z nositelných zařízení s akcelerometrem díky jejich schopnosti generovat různorodá a významná data (Arogam et al., 2019).

Pedometry

Využívání pedometrů je historicky nejstarším způsobem přístrojového sledování terénní PA. Pedometr je malý a lehký elektronický přístroj, který měří vertikální oscilace (Sigmund, Sigmundová, 2011). Obecně je pedometr nástrojem pro kvantifikaci metriky fyzikálního konceptu parametrizace PA, tedy metriky krok (Cuberek, 2019).

Existují dvě varianty krokoměrů - mechanické a elektrické. Elektrická verze je v současné době nejrozšířenější pro zajištění přesnosti měření, nicméně stále pracuje na principech odvozených od mechanických krokoměrů. K identifikaci kroků slouží mechanismus kyvadla, kde malé kovové kladívko reaguje na každý uživatelův krok. Při každém kroku se kladívko hýbe, dotkne se druhého konce a následně se vrátí do své výchozí polohy, celý tento mechanismus je pak propojen s elektronickým počítačovým obvodem prostřednictvím pružiny. Na začátku není žádný proud, takže pokaždé, když se kladívko dotkne druhého konce, uzavře se otevřený obvod, což umožňuje průchod proudu. Po návratu do výchozí polohy se obvod opět uzavře, čímž se znovu spustí kyvadlový pohyb. Takový systém umožňuje obvodu detekovat každý krokový cyklus (Arogam et al., 2019).

Pedometry mají řadu silných ale i slabých stránek v kontextu využití ve výzkumech orientovaných na PA. Pedometry poskytují přímou a okamžitou zpětnou vazbu, výstupy jsou relativně srozumitelné a lze je jednoduše interpretovat a v neposlední řadě se jedná o přístroj, který je aplikovatelný v širokém spektru rozsáhlých studií. Na straně druhé je potřeba zmínit, že pedometry jsou neaplikovatelné u mnoha typů PA (plavání, jízda na kole atd.), jejich validita a reliabilita se liší v rámci populačních skupin, podhodnocují počet kroků u PA s nízkou intenzitou a naopak nadhodnocují kroky u PA vysoké intenzity a významným zdrojem chyb měření představuje také změna polohy umístění pedometru na těle (Cuberek, 2019).

Snímače srdeční frekvence

Srdeční frekvence je jedním ze základních fyziologických parametrů, který úzce souvisí s intenzitou a EE při PA (Sigmund, Sigmundová, 2011). Cuberek (2019) uvádí, že standardně není ve výzkumech spojených s PA měřená srdeční frekvence, nýbrž frekvence tepová. Srdeční frekvence se vztahuje přímo k činnosti srdce, tepová frekvence pak reflektuje důsledek této činnosti. Přestože se tedy nejedná o totožné jevy, z hlediska vyjádření srdeční činnosti reflektující úroveň PA se většinou srdeční a tepová frekvence nerozlišují.

Existuje celá řada senzorů a technik, které mohou měřit srdeční frekvenci. Jednou z používaných technik je použití kapacitního snímání, kdy elektrodu (senzor) a lidskou kůži lze idealizovat jako dvě součásti, které tvoří tradiční kondenzátor. Fenoménem je v poslední době fotopletysmografie, která k měření průtoku krve využívá světlo a spojuje jej se srdečními tepy. Fitness náramky, jako je např. Fitbit, používají tuto metodu prostřednictvím fotodiody. Na kůži uživatele vyzařuje konstantní zelené světlo, a fotodioda je tak schopna měřit absorpci světla. Tato data jsou následně převedena tak, aby bylo možné zpracovat měření pulzu. Čím více krve protéká tělem uživatele, tedy čím vyšší intenzita, tím větší je množství světla absorbovaného diodami (Aroganam a kol., 2019).

Globální polohový systém

GPS je velmi běžně užívaný senzor, který informuje uživatele především o jeho poloze. Data senzoru jsou odesílána na satelit, kde se měří přesná poloha jedince v čase. Satelit funguje jako vysílač a přijímač, odkud se informace vrací zpět do senzoru, který nás informuje o místě. GPS se proto používá v nositelných zařízeních k měření klíčových dat, jako je např. vzdálenost (Aroganam et al., 2019). Hlavní výhodou využití GPS ve výzkumu je především možnost posouzení PA v kontextu enviromentálním. V kombinaci s Geografickým informačním systémem (GIS) lze totiž získat náhled do interakce mezi pohybovým chováním jedince/společnosti a prostředím. Na rozdíl od jiných senzorů pohybu je možné získat informace o tom, kde se jedinec při PA nebo SB obvykle nachází. GPS je aplikovatelný pouze pro PA realizovanou venku, přerušení signálu je vyhodnoceno jako přerušení pohybu a je tedy považováno za inaktivitu. Další problém nastává v opětovném připojení se na satelit, kdy může uběhnout až 15 minut, než přístroj

opět získá satelitní signály. Z těchto důvodů je vhodné kombinovat GPS ve výzkumech s dalšími senzory pohybu (Cuberek, 2019).

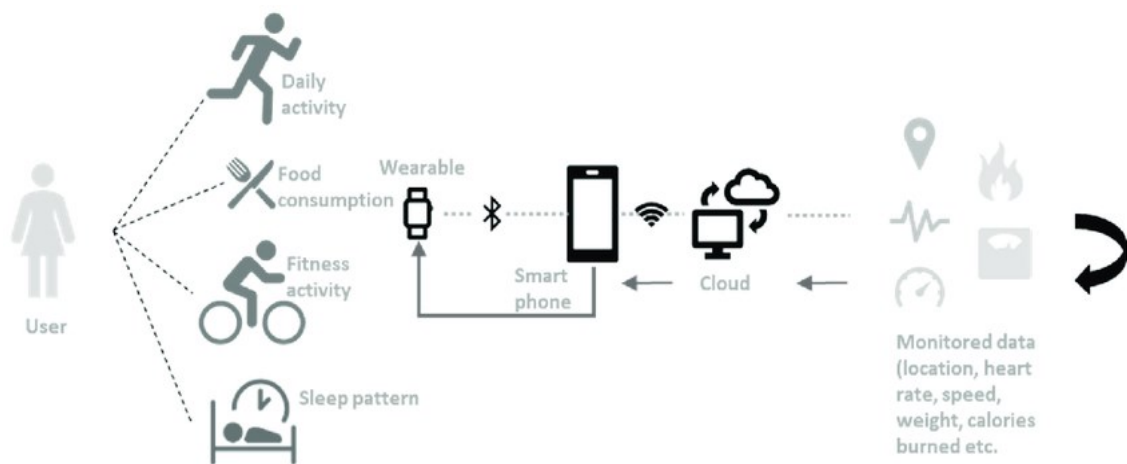
2.10 Monitorování pohybových aktivit pomocí nositelných zařízení

Nositelná zařízení jsou definována jako technologie nošené na těle nebo v jeho blízkosti, hodnotící např. držení těla, zrychlení, biomechanické síly, srdeční frekvenci, saturaci svalů kyslíkem nebo vzorce spánku. Existuje široká škála hodinek, oděvů, trackerů, pásků a dalších zařízení vybavená kombinací současně aktivních senzorů, které zaznamenávají velké množství zdravotních a výkonnostních proměnných (Giurgiu et al., 2023). Senzory umístěné na těle nám umožňují přesně identifikovat a klasifikovat širokou škálu činností, jako je ležení, sezení, stání, chůze, jízda na kole, nebo přeprava autem, spolu s pokročilými technikami kvantifikace umožňují také dále analyzovat intenzity a vzory těchto činností v čase. Měření těchto vzorců chování nám také umožňuje hlubší vhled do individuálního i kolektivního chování (Granat et al., 2023).

Nedávné pokroky v mikroelektronice poskytly prostředky pro výrobu malých flexibilních senzorů, které také zahrnují miniaturní obvody, mikroprocesory a rádiové vysílače. Zmíněné vlastnosti překonávají některé překážky, jako je velikost a hmotnost zařízení, které bránily přijetí nositelných senzorů pro dlouhodobé monitorování (Tokuçoğlu, 2018). Globální trh s nositelnými zařízeními pro sledování aktivity za poslední desetiletí ohromně vzrostl. Mezi lety 2014 a 2020 se počet nositelných sledovačů aktivity dodaných po celém světě zvýšil odhadem o 1444 %. V roce 2020 bylo celosvětově vynaloženo přibližně 2,8 miliardy dolarů na nositelná zařízení monitorující každodenní aktivitu (Ferguson et al., 2022). Nedávný systematický přehled ukázal, že nošení dostupného zařízení pro sledování PA může být účinným nástrojem při zvyšování fyzické aktivity jedince. Tyto uživatelsky dostupné monitory se primárně nosí na zápěstí a nejvíce se zaměřují na počet kroků dosažených za den jako hlavní metriku PA (Maylor et al., 2022).

Velkým tématem pro uživatele těchto zařízení je také soukromí a bezpečnost získaných dat. Nositelná technologie skutečně podporuje shromažďování, ukládání a sdílení dat, která mohou být vnímána jako citlivější než obvyklé informace o jménu, pohlaví a věku. Z etického hlediska je nutné, aby uživatelé senzorů chápali rizika a přínosy sběru a sdílení těchto dat. Nositelná zařízení zpracovávají data jako jsou: úroveň fyzické aktivity a tedy zdraví, poloha pomocí GPS a její načasování, srdeční frekvence a další. Pokud jde o

politiku ochrany dat, každá země má své vlastní zákony. EU od roku 2014 přijala několik kroků k zajištění bezpečnosti uživatelů využívající nositelná zařízení pro sledování aktivity. Zejména obecné nařízení o ochraně osobních údajů (GDPR), které poskytuje pevný rámec pro digitální důvěru. Dalšími iniciativami jsou nařízení o volném toku neosobních údajů (FFD), zákon o kybernetické bezpečnosti (CSA) a směrnice o otevřených datech (Davergne et al., 2021).



Obrázek 2. Jak fungují nositelná zařízení (zdroj: Aroganam et al., 2019)

2.10.1 Validita nositelných zařízení

Validita je definována jako „úroveň, s jakou nástroj skutečně měří konstrukt nebo konstrukty (např. kroky), které míní měřit“ (de Vet et al., 2011).

Kromě komerčních účelů jsou nositelná zařízení cenným nástrojem pro podporu výzkumu pohybového chování a zdraví. Především mezi výzkumníky roste zájem zachytit cyklus 24hodinového chování prostřednictvím nositelných zařízení, která mohou sbírat hustá data po dlouhou dobu, což umožňuje podrobné zkoumání každodenního chování (Giurgiu et al., 2023).

Zejména ve výzkumu by se však mělo řešit několik metodologických problémů týkajících se nositelných zařízení (např. zpracování dat, monitorovací protokoly nebo kritéria kvality, jako je validita) (Giurgiu et al., 2023). Nositelná zařízení mají bezpochyby mnoho předností, avšak existují významná omezení, která se týkají především platnosti a

spolehlivosti metrik, které tato zařízení mají měřit. Rychlé tempo vývoje a zavádění nových technologií, senzorů, algoritmů a dalších součástí těchto zařízení může vést uživatele k domněnce, že tyto sofistikované přístroje jsou vysoce přesné, přesto publikované údaje naznačují, že tomu tak nemusí vždy být a to především v klidu a při aktivitě nízké intenzity. Tato omezení znesnadňují důvěru v metriky, které koncový uživatel z těchto zařízení vidí a pro odborníka je náročné interpretovat význam generovaných dat. Řešením může být zlepšení transparentnosti při vývoji a ověřování těchto metrik spolu s lepším přizpůsobením jednotlivci by mělo zvýšit platnost a spolehlivost těchto zařízení. I když asi žádná technologie nebo zařízení nefunguje za všech okolností dokonale, nedokonalosti nositelných zařízení mohou vést k otázce, zda jde opravdu o pokročilejší technologii nebo naopak o pokročilý marketing cílený na koncového uživatele (Shey et al., 2022).

Pouze malá část nositelných zařízení byla prokázána jako účinná díky přísnému nezávislému ověřování. Pouze 5 % z 61 spotřebitelských nositelných zařízení, která byla v roce 2018 přezkoumána, odpovídala marketingovým tvrzením založeným na přijatých referenčních normách. Jako užitečné se tak jeví začlenění standardizovaných ověřovacích protokolů jako ukazatel pro spotřebitele i výzkumné pracovníky při výběru vhodného nositelného zařízení nebo designu studie a získání smysluplných a transparentních výsledků (Giurgiu et al., 2023).

Kooiman et al., 2015 testovali deset uživatelsky populárních nositelných zařízení pro monitorování aktivity, zařízení byla testována na spolehlivost a platnost pro měření počtu kroků. Sedm z deseti zařízení bylo spolehlivých (Fitbit Flex, Jawbone UP, Lumoback, Misfit Shine, Withings Pulse, Fitbit Zip a Digiwalker) a pět z těchto zařízení také prokázalo vysokou validitu v laboratorních podmínkách (Jawbone Up, Misfit Shine, Lumoback, Withings Pulse a Fitbit Zip).

Ve studii prezentované Hartungem et al., (2020), která se zabývala monitorování aktivit běžného života nadhodnocovala zařízení nošená na zápěstí kroky a byla méně přesná než zařízení nošená na bocích a na kotníku. Zařízení nošená na zápěstí nadhodnocovala kroky při sedavých činnostech včetně pohybů paží (např. hraní karet, psaní, sledování televize, čtení) a to v průměru 1–2 kroky během 10 min, při skládání prádla tato zařízení napočítala přibližně 90 až 180 kroků. Výsledky této studie ukázaly, že míra nadhodnocení se mezi zařízeními a pohyby liší. Obecně však platí, že zařízení nošená na kyčlích a kotnících jasně překonala zařízení nošená na zápěstí během chůze, aktivit denního život a

přerušované chůze. Rozdíly v míře nadhodnocení či podhodnocení závisí také na konkrétní studii a mohou být způsobeny různými testovacími protokoly. Napříč zařízeními silně ovlivňoval přesnost měření typ protokolu aktivity, přičemž nejlepší přesnost vykazovala nepřetržitá chůze, po ní následovala přerušovaná chůze a pohyby paží. Monitory aktivity na zápěstí byly obzvláště náchylné k falešné identifikaci pohybů paží jako kroků, jejichž rozsah byl specifický pro výrobce.

3. Praktická část

3.1 Cíle

Cílem diplomové práce bylo určit validitu komerčně dostupného zařízení Fitbit Charge 5 pro monitorování kroků a intenzity pohybové aktivity u dospělé populace ve srovnání s ActiGraphem wGT3x–BT.

3.2 Úkoly

- studium literatury
- sběr dat, jejich následné zpracování a vyhodnocení
- interpretace výsledů

3.3 Výzkumné otázky

- VO1: Jaká je korelace mezi Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT při hodnocení průměrného denního počtu kroků v běžném životě?
- VO2: S jakou chybou měří Fitbi Charge 5 průměrný denní počet kroků v běžném životě ve srovnání s ActiGraphem wGT3X-BT?
- VO3: Jaká je korelace mezi Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT při hodnocení průměrných denních minut strávených střední a vysokou intenzitou PA a jejich kombinací v běžném životě?
- VO4: S jakou chybou měří Fitbi Charge 5 průměrný denní počet minut strávených PA střední intenzity, vysoké intenzity a jejich kombinací v běžném životě ve srovnání s ActiGraphem wGT3X-BT?

4. Metodika

Diplomová práce byla zpracována v rámci mezinárodního projektu WEALTH - Wearable Sensor Assessment of Physical and Eating Behaviours. Na zmíněném projektu se podílí univerzity a výzkumná centra celkem z 5 evropských zemí. Vybraná data pro tuto práci byla získána z české větve studie probíhající pod záštitou Univerzity Hradec Králové na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Práce je teoreticko - empirického charakteru a má povahu terénní studie.

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumu se zúčastnilo 38 zdravých dospělých, 15 mužů a 23 žen ve věku od 19 do 53 let. Podrobná charakteristika probandů je uvedena v Tabulce 2. Probandi byli seznámeni s požadavky a se všemi specifiky výzkumu a měli možnost kdykoli a bez udání důvodu ze studie odstoupit. Všichni také před vstupem do výzkumu podepsali informovaný souhlas, kladné stanovisko k výzkumu vydala etická komise univerzity v Hradci Králové, evidenční číslo 11/2022.

Vstupní kritéria pro účast ve výzkumu:

- věk od 18 do 60 let,
- vlastnit chytrý mobilní telefon a mít ho u sebe většinu času během dne,
- dobrovolná účast ve výzkumu,
- dostavit se ke vstupnímu měření na Fakultu tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy,
- podepsat informovaný souhlas.

Tabulka 2. Charakteristika probandů, kteří se zúčastnili studie: Hodnota (SD) nebo %

	Probandi (n = 38)
Věk (roky)	28,3 (7,6)
Muži (n)	15
Ženy (n)	23
Výška (cm)	174,3 (9,8)
Váha (kg)	68,9 (12,8)
BMI (kg/m ²)	22,5 (2,8)
Dominantní ruka (% podíl praváků)	89

Celkem 5 probandů nebylo zahrnuto v následné analýze získaných dat. Probandi byli z analýzy vyřazeni, pokud u nich úplně chyběly záznamy dat a to na minimálně jenom ze dvou zařízení, nebo byla data zaznamenávána pouze po dobu 4 a méně dnů. Výsledný vzorek tak tvořilo celkem 32 jedinců (19 žen a 13 mužů) ve věku od 19 do 53 let. Věkový průměr skupiny byl 27,7 let (8,0 SD) a 91% zúčastněných byli praváci.

Tabulka 3. Charakteristika probandů, kteří splnili kritéria pro následnou analýzu dat: Hodnota (SD) nebo %

	Probandi (n = 32)
Věk (roky)	27,7 (8,0)
Muži (n)	13
Ženy (n)	19
Výška (cm)	172,9 (8,8)
Váha (kg)	68,3 (12,2)
BMI (kg/m ²)	22,7 (2,8)
Dominantní ruka (% podíl praváků)	91

4.2 Metody sběru dat a jejich analýza

Pro prozkoumání validity Fitbit Charge 5 v podmínkách běžného života byla provedena 7 denní terénní studie. V této studii byla zkoumána shoda zaznamenaných kroků a intenzity PA na bázi 24hodinového cyklu, tedy dne. Data ze zařízení Fitbit Charge 5 byla porovnávána s validačním kritériem, kterým byl akcelerometr ActiGraph wGT3X-BT.

Výzkumný projekt WEALTH

Jak již bylo zmíněno výše, data pro tuto práci byla získána v rámci projektu WEALT. Tento mezinárodní projekt probíhá v období od dubna 2022 až do března 2025. Projekt je financován Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci iniciativ Společného programování (ERA-NET Horizont 2020).

Hlavním cílem projektu WEALTH je vyvinout metody měření pohybového a stravovacího chování pomocí senzorů v nositelných zařízeních, např. chytrých hodinkách. Dílčím cílem je zjistit, do jaké míry se pohybové a stravovací chování navzájem ovlivňují.

Průběh vstupního měření

Probandi se zúčastnili vstupního měření na Fakultě tělesné výchovy a sportu UK. Vstupní měření probíhalo ve skupinkách po 2–5 probandech v období roku 2023. Časová náročnost vstupního měření byla do 3 hodin.

- Během vstupního měření účastníci vyplnili dotazník zaměřený na pohybové a stravovací chování.
- Dále byla u každého změřena výška, hmotnost, obvod pasu a sílu úchopu.
- Probandi následně obdrželi čtyři malá zařízení se senzory monitorujícími pohyb, tepovou frekvenci a další tělesné funkce (Fitbit jako náramek na zápěstí dominantní ruky, chytré hodinky Skagen na zápěstí nedominantní ruky, ActiGraph na elastickém pásku kolem pasu na pravý bok, ActivPAL přilepený vodotěsnou páskou doprostřed přední strany stehna pravé nohy).
- Každý účastník musel mít ve svém telefonu nainstalovanou aplikaci Fitbit a aplikaci HealthReact. Aplikace Fitbit slouží pro přenos dat z náramku Fitbit a aplikace HealthReact slouží pro vyplňování krátkých dotazníků zasílaných během dne.
- S nasazenými zařízeními poté začal standardizovaný protokol pohybových aktivit zaměřených na simulaci běžných denních aktivit. Jednalo se o běžné aktivity jako

je sezení, stání, chůze různou rychlostí, běh, jízda na kole, domácí práce a aktivity související s jídlom.

Během dalších osmi dnů na sobě probandi trvale nosili čtyři zařízení pro zaznamenávání pohybového chování. V případě nutnosti sundání zařízení měli účastníci za úkol zaznamenat dobu bez zařízení do záznamového archu, který obdrželi. Během těchto osmi dnů také každý den odpovídali na 7-12 dotazníků (každý o 12 až 18 otázkách), které se v průběhu dne zobrazovali v aplikaci HealthReact. Vedle toho účastníci zaznamenávali od aplikace formou webového dietního deníku veškeré potraviny a nápoje, které denně zkonsumovali.

Pro účely této diplomové práce byla použita anonymizovaná data z náramku Fitbit Charge 5 a z vědeckého zařízení ActiGraph a to ze 7 dnů měření v běžných podmínkách (7 výsledných dnů se skládalo ze dnů bez: dne vstupního měření a posledního dne nošení). Dále byla v této práci použita vybraná anonymizovaná data o účastnících.

4.2.1 Metody sběru dat

Fitbit Charge 5

Fitbit Charge 5 (Fitbit Inc., San Francisco, CA) je lehký komerční tříosý akcelerometr založený na sledování aktivity a monitoru srdečního tepu. Fitbit Charge 5 se nosí na zápěstí a shromažďuje data v minutových intervalech, z nichž následně patentované algoritmy odvozují počet kroků, celkový EE, aktivní minuty, srdeční frekvenci, vystoupaná patra, nebo vzdálenost a dobu spánku. Na základě intenzity aktivity pak Fitbit odhadne odpovídající hodnoty MET a následně je vyhodnotí jako čas: neaktivity, mírné aktivity, střední aktivity, nebo velmi aktivní minuty. Tyto proměnné se zobrazují jak na samotném zařízení, tak na uživatelském účtu v přidružené aplikaci (Middelweerd et al., 2017).

Fitbit Charge 5 nosily probandi na zápěstí dominantní ruky. Zařízení se muselo minimálně jednou v průběhu celé studie dobít. Odkládání zařízení bylo nutným při delším pobytu ve vodě, například při plavání. V noci bylo nošení dobrovolné, při pocitu nepohodlí se zařízení mohlo po dobu spánku také odložit. Každý účastník studie obdržel na začátku přístupové údaje k účtu Fitbit, kam byla v průběhu synchronizována veškerá data. Pro následné zpracování byla vybraná data načtena pomocí uživatelského účtu Fitbit a uložena jako soubor *xlsx*.

ActiGraph

ActiGraph wGT3X-BT (ActiGraph Inc., Pensacola (FL), USA) byl použit jako referenční metoda pro srovnání s komerčním zařízením Fitbit Charge 5. Tento tříosý akcelerometr je obecně uznáván jako platný nástroj pro objektivní hodnocení fyzické aktivity u dospělých a byl použit v mnoha studiích (Feehan et al., 2018, Dominick et al., 2016, Neishabouri et al., 2022).

Nastavení přístroje, ukládání a následné zpracování dat probíhalo v softwaru ActiLife 6.13.5. Patentovaný software ActiLife umožňuje uživateli vybrat si z několika ověřených algoritmů pro kvantifikaci PA v závislosti na skupině účastníků (např. batolata nebo předškoláci, dospělí a starší dospělí). Rozsah, v jakém ActiGraph wGT3X-BT kvantifikuje data, závisí na konkrétním „cut pointu“ a algoritmech hodnocení, které výzkumník vybere (Dominick et al., 2016). Zmíněné cut points v zásadě umožňují kategorizovat data shromážděná zařízením ActiGraph do „segmentů intenzity“, které následně mohou výzkumníkovi pomoci porozumět rozložení EE daného subjektu. Všechny hodnoty cut points v ActiLife jsou založeny na 60 sekundových délkách epoch a odkazují na počty za minutu (theactigraph.com).

ActiGraph wGT3X-BT neposkytuje uživateli online interakci ani výstupy v reálném čase, v této studii byl nošen na pravém boku umístěný na pružném nastavitelném zapínacím popruhu. Actigraph uvádí výdrž baterie u modelu wGT3X-BT až 25 dní, probandi proto nemuseli v průběhu studie přístroj dobíjet. Toto zařízení probandi odkládali na spánek, stejně tak jako na veškeré činnosti u kterých by mohlo dojít ke styku s vodou (např. sprchování, plavání). Akcelerometr ActiGraph wGT3X-BT byl nastaven na vzorkovací frekvenci 100 Hz, získaná data byla následně stažena v 60 sekundových epochách a pro rozlišení pohybového chování podle intenzity byly cut pointy stanoveny pomocí validovaného Freedsonova algoritmu pro dospělé (1998). Kategorie vysoké a velmi vysoké intenzity PA byly následně zkombinovány, aby se daly porovnat s daty o PA z Fitbit Charge 5. Dále byly také z následné analýzy vyřazeny ty dny, kde bylo zařízení nošeno méně než 10 hodin.

4.2.2 Analýza dat

Pro posuzované hodnoty (kroky, PA střední intenzity, PA vysoké intenzity a MVPA) byl vypočítán:

- Pearsonův korelační koeficient společně s horní a spodní hranicí 95% konfidenčního intervalu (CI). Korelační koeficient (Pearsonův) vyjadřuje míru lineárního vztahu mezi dvěma proměnnými a může nabývat hodnot od -1 do 1 (Janáček, 2022). Pro posouzení míry shody byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient porovnán s následujícím kritériem shody: slabá ($r < 0.40$), střední ($r = 0.40-0.69$), silná ($r = 0.70-0.89$) a velmi silná ($r \geq 0.90$) (Schober et al., 2018).
- Shoda mezi zařízeními byla hodnocena také pomocí Bland-Altmanových grafů včetně 95% limitů shody (LoA) (LoA [$\pm 1,96$ SD]). Horní a spodní LoA vymezují interval, v němž lze očekávat naměřené hodnoty.
- Střední procentuální chyba (MPE) a střední absolutní procentuální chyba (MAPE). Hodnota MPE posuzuje stupeň celkového nadhodnocení nebo podhodnocení pro zkoumané zařízení (FC5) oproti kritériu (ActiGraph), naproti tomu hodnota MAPE poskytuje nejrelevantnější ukazatel individuální chyby, protože zohledňuje nadhodnocení i podhodnocení u každého účastníka (Welk et al., 2012) V literatuře se obvykle uvádí, že pro využití při monitorování PA v běžném životě by zařízení mělo vykazovat hodnotu MAPE $\leq 10\%$ (Boudreaux et al., 2018).
- Výpočty byly následně doplněny o korelační diagram s referenční křivkou, který jednoduše popisuje vzájemný vztah mezi dvěma proměnnými.

5. Výsledky

5.1 Kroky

V terénní studii byl průměrný denní počet kroků na základě počtu kroků naměřených přístrojem ActiGraph wGT3X-BT během týdne 10580 (SD 5164). Výsledky měření kritériální validity v terénní studii jsou uvedeny v Tabulce 4.

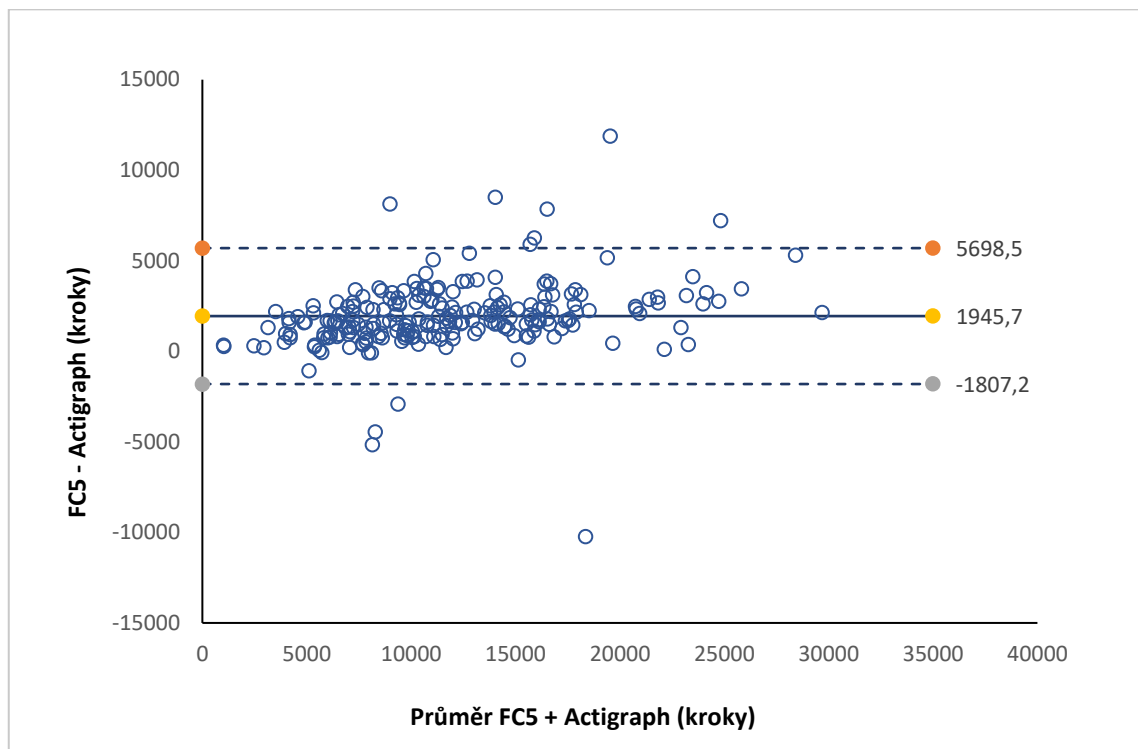
Tabulka 4. Korelace kroků naměřených FC5 v porovnání s kritériem

	Fitbit Charge 5 Kroky/den
Průměr kroků za den (SD)	12796 (5707)
Rozdíl od kritéria (LoA)	1945 (-1807–5699)
r (95% CI)	0,94 (0,92–0,96)
MPE	+21,3%
MAPE	23%

SD: směrodatná odchylka; LoA: limit shody; r: Pearsonův korelační koeficient; CI: konfidenční interval; MPE: střední procentuální chyba; MAPE: střední absolutní procentuální chyba.

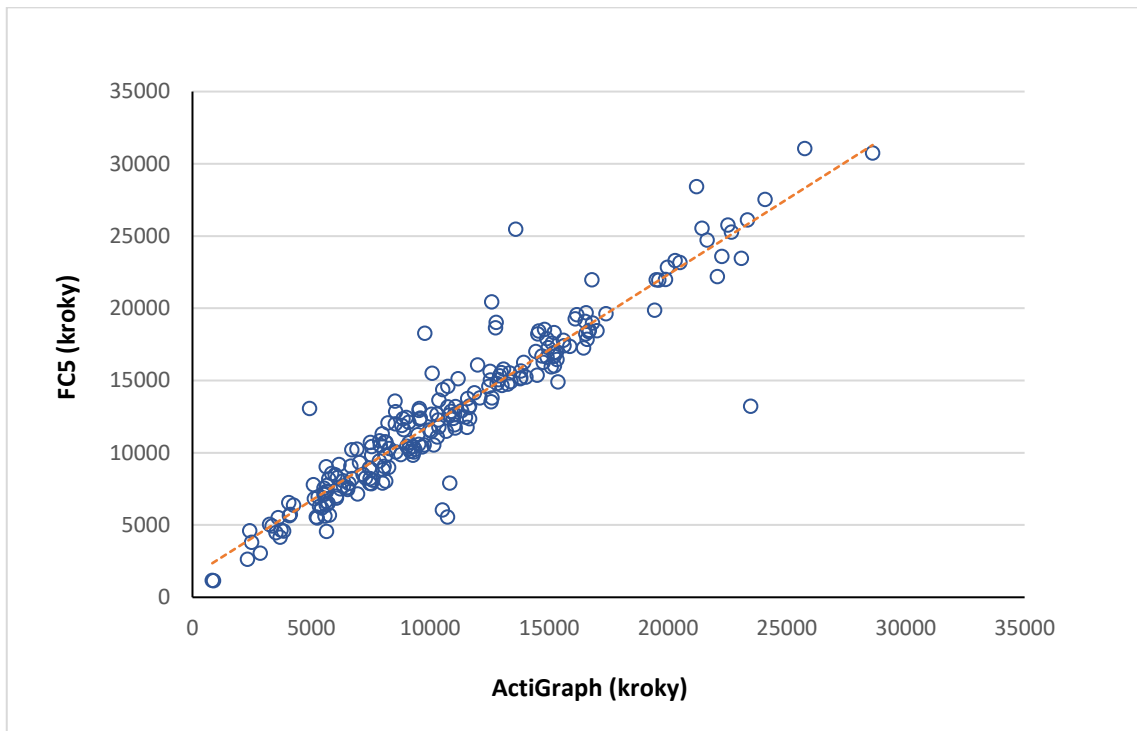
Pro kroky za den vykazuje Fitbit Charge 5 velmi silnou korelaci ($r = 0,94$; 95% CI 0,92–0,96) s kritériem. MAPE je 23 %, což je však nad doporučenou hodnotou pro validitu monitorů aktivity při monitorování PA v běžném životě. Fitbit Charge 5 nadhodnocoval kroky oproti ActiGraphu wGT3X-BT v průměru o 1945 (SD 1915) za den.

Graf 1. Bland–Altmanův graf pro kroky



Graf 1. znázorňuje Bland–Altmanovu analýzu dat získaných pro PA střední intenzity. Na ose x je zanesen průměr kroků zaznamenaný Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT během 7 dnů. Na ose y jsou zaneseny rozdíly kroků zaznamenaný Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT během jednotlivých dnů. Tyto rozdíly by měly být v ideálním případě kolem 0. Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Tučná úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (1945,7 kroků). Přerušované čáry značí LoA (-1807,2–5698,5).

Graf 2. Korelační diagram pro kroky



Graf 2. popisuje vzájemný vztah mezi ActiGraphem wGT3X-BT a Fitbit Charge 5. Na ose x jsou vyneseny kroky naměřené ActiGraphem wGT3X-BT a na ose y kroky z Fitbit Charge 5. Oranžová přerušovaná čára představuje regresní křivku, která reprezentuje funkci závislosti proměnných.

5.2 Pohybová aktivita střední intenzity

V terénní studii byl průměrný denní počet minut strávených pohybovou aktivitou střední intenzity naměřených přístrojem ActiGraph wGT3X-BT během týdne 67,5 (SD 34). Výsledky měření kriteriální validity v terénní studii jsou uvedeny v Tabulce 5.

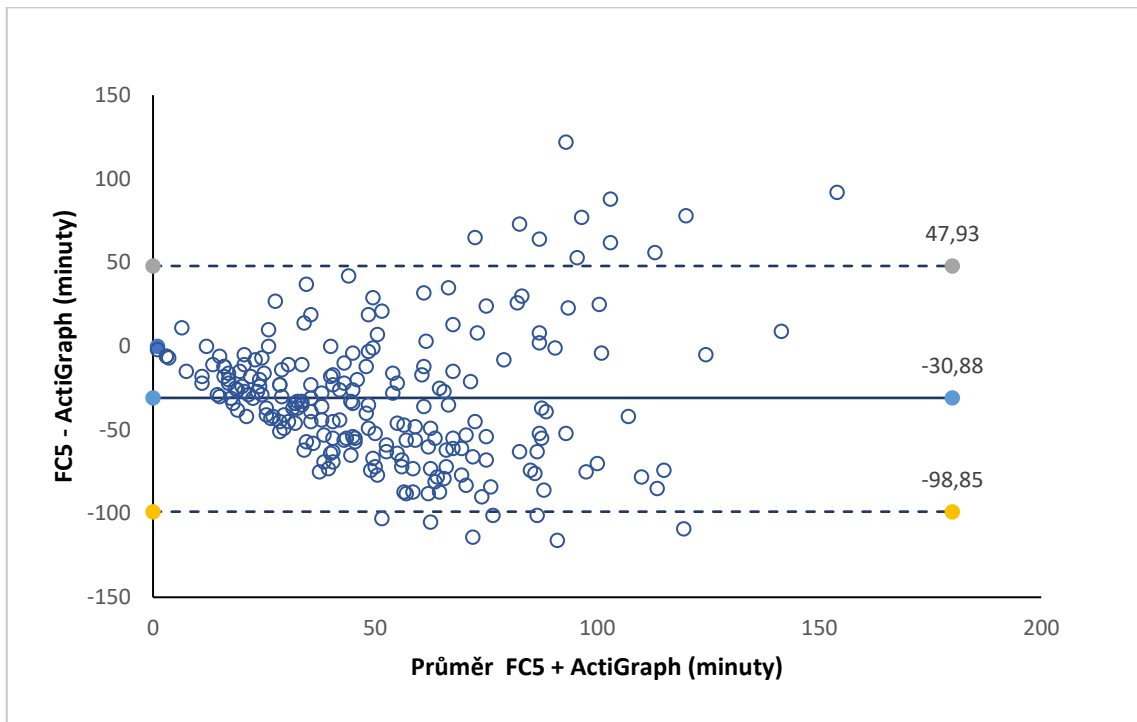
Tabulka 5. Korelace PA střední intenzity měřené FC5 v porovnání s kritériem

	Fitbit Charge 5 PA střední intenzity
Průměr minut za den (SD)	36,6 (35,4)
Rozdíl od kritéria (LoA)	-30,9 (-98,9–47,9)
r (95% CI)	0,33(0,27–0,39)
MPE	-35,4%
MAPE	71%

SD: směrodatná odchylka; LoA: limit shody; r: Pearsonův korelační koeficient; CI: konfidenční interval; MPE: střední procentuální chyba; MAPE: střední absolutní procentuální chyba.

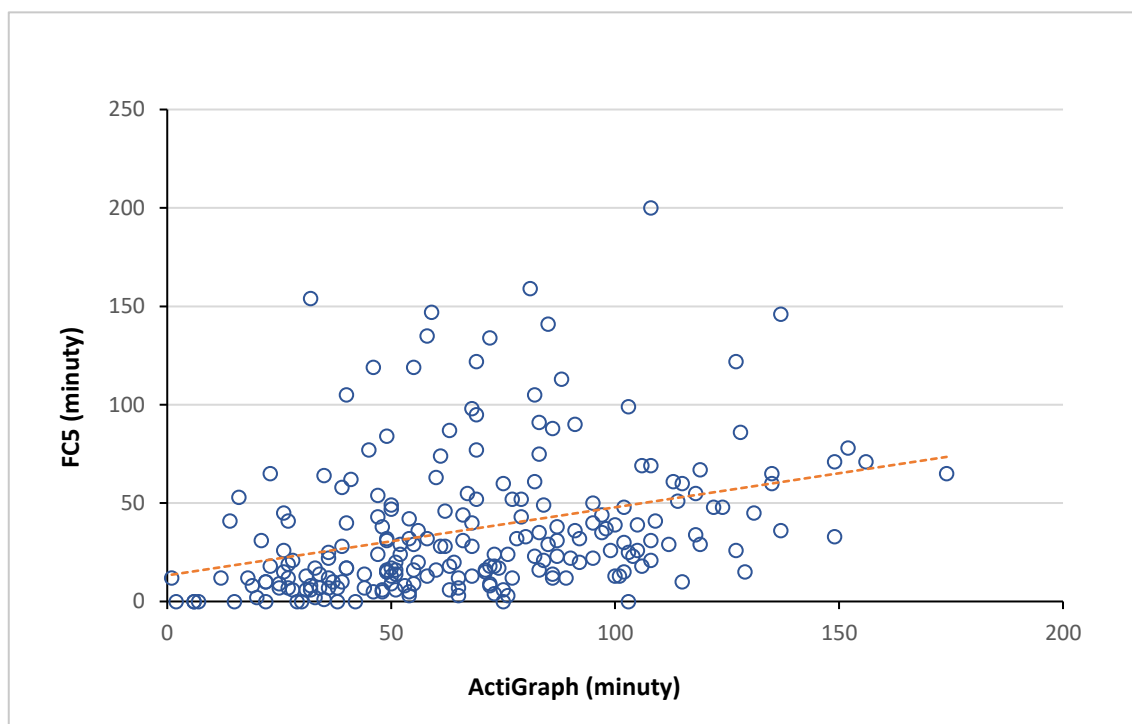
Pro měření PA střední intenzity během dne vykazuje Fitbit Charge 5 velmi slabou korelaci ($r = 0,33$; 95% CI 0,27–0,39) s kritériem. Stejně tak MAPE vyšla nad prahem pro validitu monitorů PA a to 71%. Fitbit Charge 5 oproti ActiGraphu wGT3X-BT podhodnocovali čas strávený PA střední intenzity a to v průměru o 30,9 (SD 40,2) minut denně.

Graf 3. Bland–Altmanův graf pro PA střední intenzity



Graf 3. znázorňuje Bland–Altmanovu analýzu dat získaných pro PA střední intenzity. Na ose x je zanesen průměr minut zaznamenaný Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT během jednotlivých dnů. Na ose y jsou zaneseny rozdíly minut zaznamenaný Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT. Tyto rozdíly by měly být v ideálním případě kolem 0. Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Tučná úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (-30,88 minut). Přerušované čáry značí LoA (-98,85–47,93).

Graf 4. Korelační diagram pro PA střední intenzity



Graf 4. popisuje vzájemný vztah mezi ActiGraphem wGT3X-BT a Fitbit Charge 5. Na ose x jsou vyneseny minuty PA střední intenzity naměřené ActiGraphem wGT3X-BT a na ose y minuty PA střední intenzity z Fitbit Charge 5. Oranžová přerušovaná čára představuje regresní křivku, která reprezentuje funkci závislosti proměnných.

5.3 Pohybová aktivity vysoké intenzity

V terénní studii byl průměrný denní počet minut strávených pohybovou aktivitou vysoké intenzity naměřených přístrojem ActiGraph wGT3X-BT během týdne 14,1 (SD 17,8). Výsledky měření kriteriální validity v terénní studii jsou uvedeny v Tabulce 6. MAPE v této analýze nebyla uveden z důvodu nemožnosti počítat s výstupy, které jsou rovny 0.

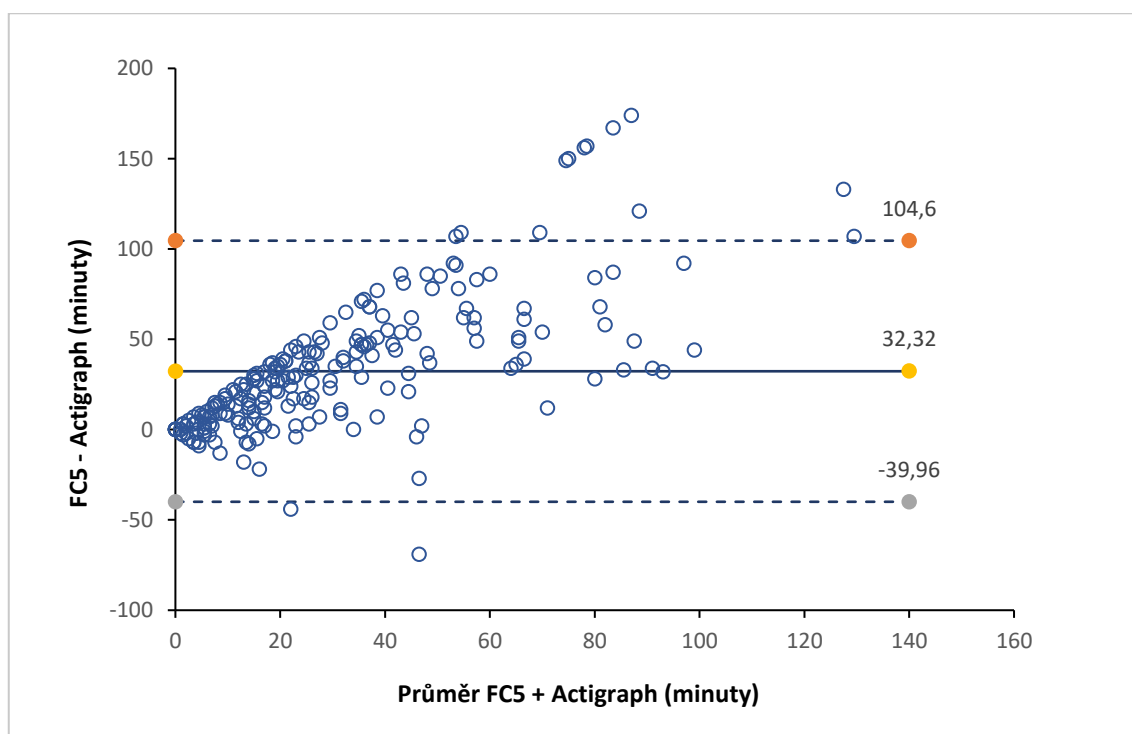
Tabulka 6. Korelace PA vysoké intenzity měřené FC5 v porovnání s kritériem

	Fitbit Charge 5 PA vysoké intenzity
Průměr minut za den (SD)	46,4 (41,2)
Rozdíl od kritéria (LoA)	32,3 (-40–104,6)
r (95% CI)	0,45 (0,39–0,51)

SD: směrodatná odchylka; LoA: limit shody; r: Pearsonův korelační koeficient; CI: konfidenční interval.

Pro měření PA vysoké intenzity během dne vykazuje Fitbit Charge 5 střední korelaci ($r = 0,45$; 95% CI 0,39–0,51) s kritériem. Fitbit Charge 5 oproti ActiGraphu wGT3X-BT nadhodnocoval čas strávený PA vysokou intenzitou a to v průměru o 32,3 (SD 36,9) minuty denně.

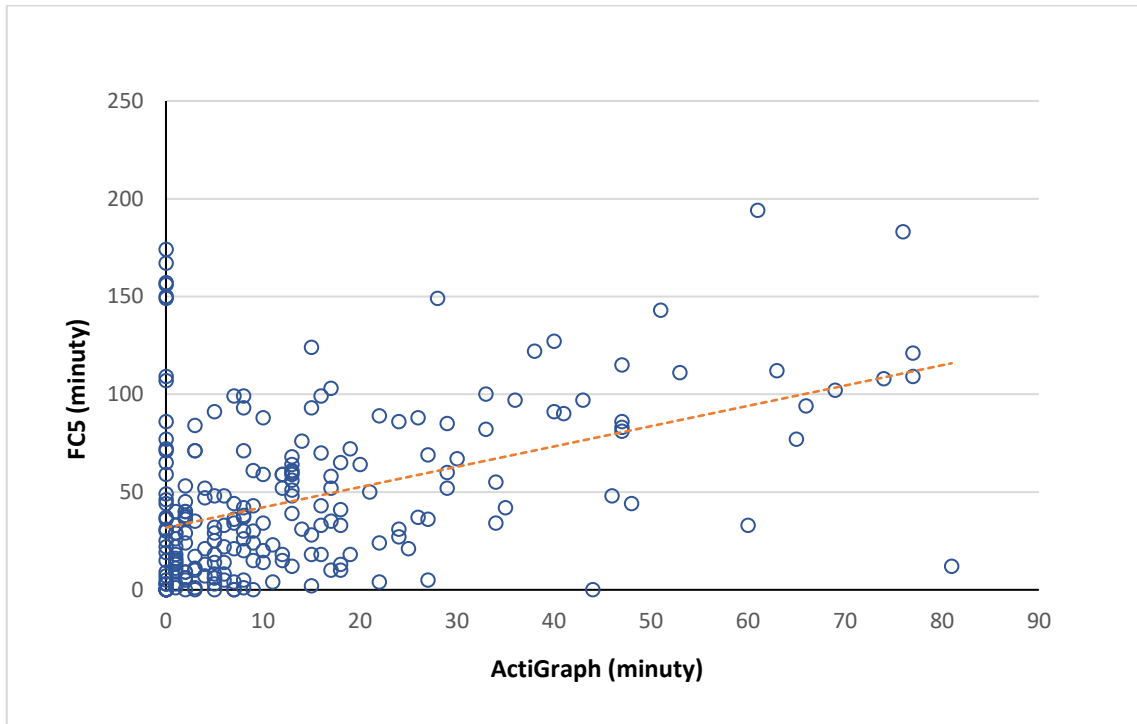
Graf 5. Bland–Altmanův graf pro PA vysoké intenzity



Graf 5. znázorňuje Bland–Altmanovu analýzu dat získaných pro PA vysoké intenzity. Na ose x je zanesen průměr minut zaznamenaný Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT během jednotlivých dnů. Na ose y jsou zaneseny rozdíly minut zaznamenaný Fitbit

Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT. Tyto rozdíly by měly být v ideálním případě kolem 0. Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Tučná úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (32,32 minut). Přerušované čáry značí LoA (-39,96–104,6).

Graf 6. Korelační diagram pro PA vysoké intenzity



Graf 4. popisuje vzájemný vztah mezi ActiGraphem wGT3X-BT a Fitbit Charge 5. Na ose x jsou vyneseny kroky naměřené ActiGraphem wGT3X-BT a na ose y kroky z Fitbit Charge 5. Oranžová přerušovaná čára představuje regresní křivku, která reprezentuje funkci závislosti proměnných.

5.4 MVPA

V terénní studii byl průměrný denní počet minut strávených MVPA naměřených přístrojem ActiGraph wGT3X-BT během týdne 81,6 (SD 44). Výsledky měření kritériální validity v terénní studii jsou uvedeny v Tabulce 7.

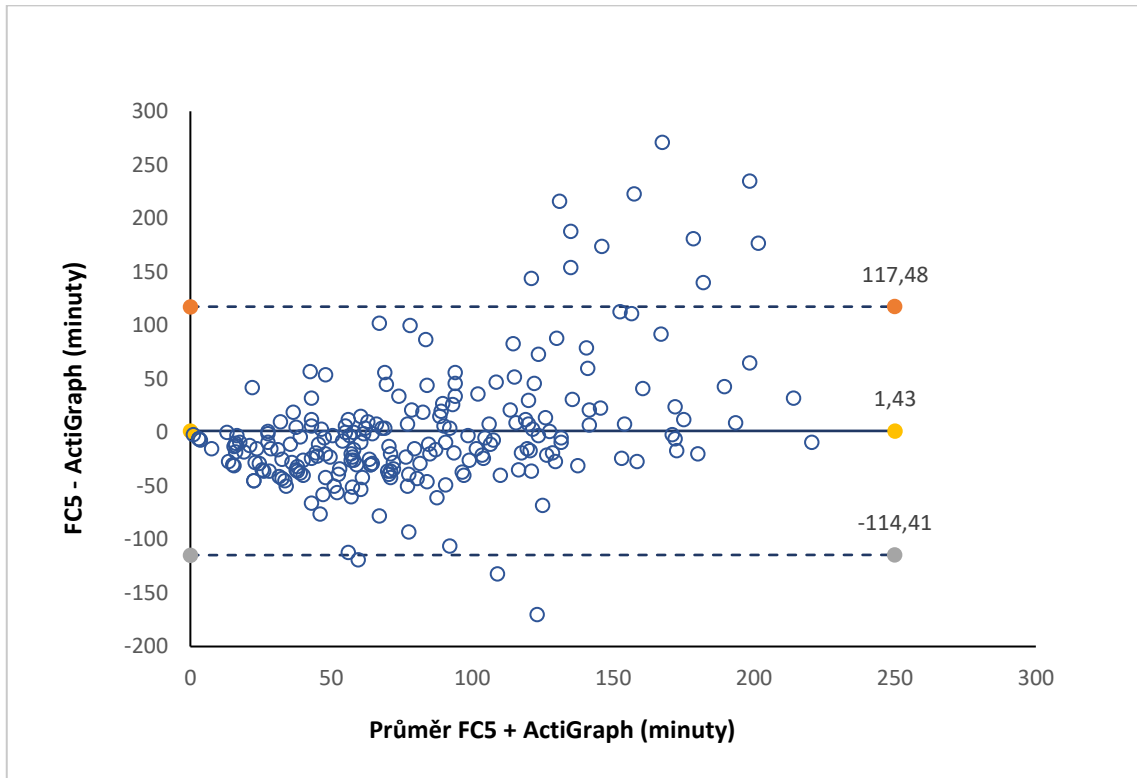
Tabulka 7. Korelace MVPA měřené FC5 v porovnání s kritériem

	Fitbit Charge 5 MVPA
Průměr minut za den (SD)	83,1 (67,2)
Rozdíl od kritéria (LoA)	1,43 (-114,6–117,5)
r (95% CI)	0,49(0,44–0,56)
MPE	+31%
MAPE	84,7%

SD: směrodatná odchylka; LoA: limit shody; r: Pearsonův korelační koeficient; CI: konfidenční interval; MPE: střední procentuální chyba; MAPE: střední absolutní procentuální chyba.

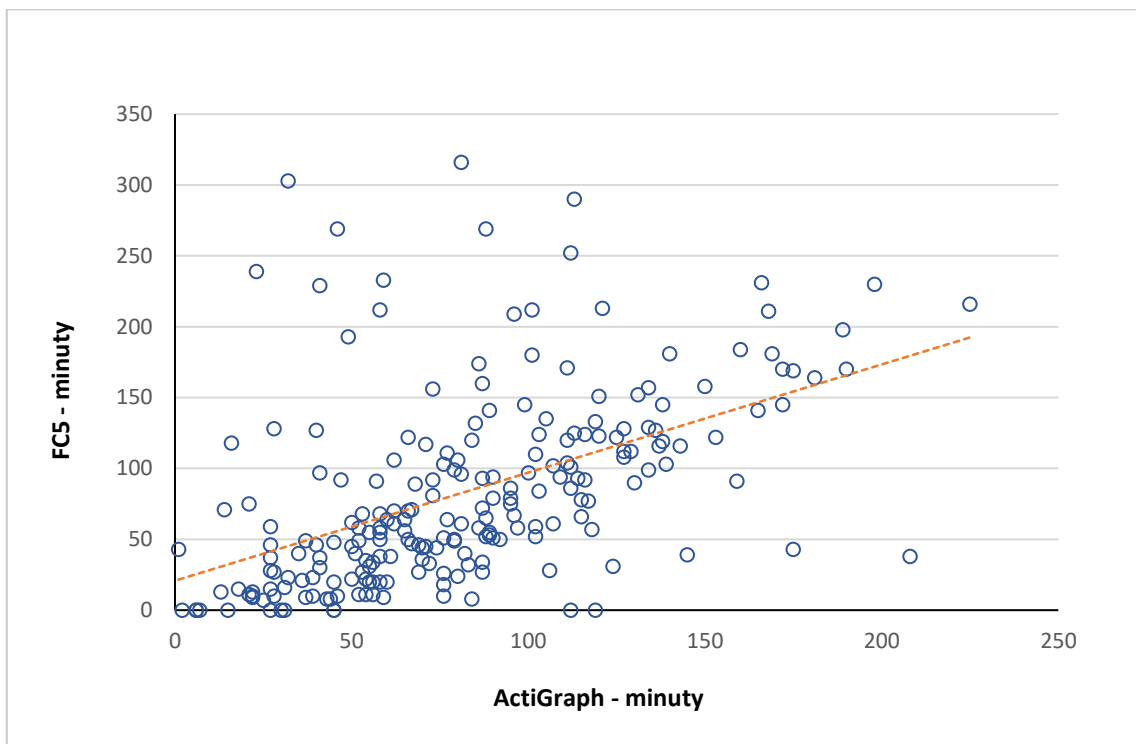
Pro měření MVPA během dne vykazuje Fitbit Charge 5 střední korelaci ($r = 0,49$; 95% CI 0,44–0,56) s kritériem. Hodnota MAPE vyšla výrazně nad prahem pro validitu monitorů aktivity a to 84,7%. Fitbit Charge 5 oproti ActiGraphu wGT3X-BT nadhodnocoval čas strávený PA střední intenzity a to v průměru o 1,43 (SD 59,2) minuty denně.

Graf 7. Bland–Altmanův graf pro MVPA



Graf 7. znázorňuje Bland–Altmanovu analýzu dat získaných pro MVPA. Na ose x je zanesen průměr minut zaznamenaný Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT během 7 dnů. Na ose y jsou zaneseny rozdíly minut zaznamenaný Fitbit Charge 5 a ActiGraphem wGT3X-BT. Tyto rozdíly by měly být v ideálním případě kolem 0. Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Tučná úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (1,43 minut). Přerušované čáry značí LoA (-114,41–117,48).

Graf 8. Korelační diagram pro MVPA



Graf 8. popisuje vzájemný vztah mezi ActiGraphem wGT3X-BT a Fitbit Charge 5. Na ose x jsou vyneseny minuty MVPA naměřené ActiGraphem wGT3X-BT a na ose y minuty MVPA z Fitbit Charge 5. Oranžová přerušovaná čára představuje regresní křivku, která reprezentuje funkci závislosti proměnných.

6. Diskuze

Tato práce porovnávala měření Fitbit Charge 5 s kritériem, kterým byl ActiGraph wGT3X-BT. Jednalo se o měření kroků a intenzity PA, aby se posoudila validita Fitbit Charge 5 pro poskytování zpětné vazby o PA v reálném čase a běžném prostředí. Výsledky naznačují, že Fitbit Charge 5 vykazuje velmi silnou korelaci s ActiGraphem wGT3X-BT pro počty kroků za den. Můžeme proto říci, že Fitbit Charge 5 je vhodný pro poskytování zpětné vazby o krocích.

Rosenberger et al. (2016) došli ve své studii k podobným závěrům. Porovnávali devět nositelných zařízení a vyhodnotili Fitbit jako nejpřesnější zařízení pro měření kroků ve srovnání s počty kroků kritéria. K podobným výsledkům také dospěli i Middelweerd et al., (2017). Ti prezentovali studii, která porovnávala Fitbit One s ActiGraphem GT3X+ a hodnotili kroky a intenzitu PA v různých časových intervalech, aby posoudili konstrukční validitu Fitbit One pro poskytování zpětné vazby PA v reálném čase. Při pohledu na systematické rozdíly nebyl prokázán vliv času, protože nadhodnocení bylo vždy přibližně stejné pro všechny časové intervaly. V důsledku toho dospěli k závěru, že Fitbit One je vhodný pro poskytování zpětné vazby o počtu kroků v reálném čase a lze jej tedy použít jako intervenční nástroj. V systematickém přehledu z roku 2015 dospěli Evenson et al. k závěru, že Fitbit typu Classic, One a Zip mají vysokou validitu ve srovnání s počty kroků založenými na akcelerometrii a to zejména v laboratorních podmínkách.

I když Fitbit Charge 5 koreluje v této práci s kritériem, stále výrazně nadhodnocuje denní počet kroků, v této práci v průměru o 1945 kroků za den. Hartung et al., 2020 ve své studii uvádí, že monitory aktivity na zápěstí jsou obzvláště náchylné k falešné identifikaci pohybů paží jako kroků, která se liší se v závislosti na výrobcí. Také uvádí, že i když se míra nadhodnocení/ podhodnocení mezi zařízeními a pohyby liší, tak jsou zařízení nošená na kyčlích a kotnících během chůze přesnější než zařízení nošená na zápěstí.

Naproti velmi silné korelaci při měření kroků jsou další výsledky této práce už méně pozitivní. Výsledky naznačují, že měřená intenzita PA (střední intenzita PA, vysoká intenzita PA a MVPA) pomocí Fitbit Charge 5 nijak výrazně nekoreluje s kritériem. Výsledky ukázaly, že Fitbit Charge 5 podhodnocuje denní minuty strávené PA střední intenzity v průměru o 31 minut, minuty strávené PA vysoké intenzity naopak nadhodnocuje v průměru o 32 minut denně a u minut MVPA vycházelo nadhodnocení

v průměru o 2 minuty. Výrazné podhodnocení nebo nadhodnocení tak ukazuje, že Fitbit Charge není vhodný pro sledování uvedených intenzit PA.

Jako méně vhodný vyhodnotili Fitbit pro poskytování okamžité zpětné vazby v reálném čase pro úroveň intenzity PA i Middelweerd et al. (2017) porovnávali totožné intenzity PA jako tato práce a to v různých časových úsecích (minuty, hodiny, dny).

Vzhledem k tomu, že většina dospělých stráví během dne pouze malé procento času pohybovou aktivitou střední až vysoké intenzity, je i malá chyba měření klinicky významná. Jedním z důvodů nesrovnalostí a chyb v měření by mohla být jednoduše definice MVPA. Společnosti vyrábějící komerční zařízení totiž neposkytují definici toho, co měří. Ačkoliv oficiální definice střední a vysoké intenzity PA zahrnuje jakoukoli aktivitu ≥ 3 MET (Anisworth et al., 2011), neexistuje vlastně žádné potvrzení, že právě takto komerční nositelná zařízení intenzitu PA měří. Algoritmus, který Fitbit používá k odhadu míry MET není ekvivalentní s ActiGraphem (Dominick et al., 2016). Například Fitbit definuje měření intenzity aktivity jako „minuty neaktivity, mírně aktivní minuty, středně aktivní minuty a velmi aktivní minuty“. V této práci vyšla u MVPA MAPE 84,6%, s největší pravděpodobností právě proto, že zařízení měřila jiné aktivity. Stejně tak bylo vidět, že pokud rozdělíme naměřené minuty intenzity PA u Fitbit Charge 5 na minuty střední intenzity a minuty vysoké intenzity PA a nepracujeme s MVPA jako s celkem, jedna aktivita je zařízením podhodnocována a druhá naopak nadhodnocována. Jedním z doporučení standardizace měření aktivity by tak mělo být dodržování běžně používané definice intenzity PA.

Standardy které se používají ve studiích (např. ActiGraph) jsou založeny na běžných terénních měřeních a nepředstavují zlaté standardy používané v laboratoři. Proto jak testovací zařízení, tak kritériální zařízení vnášejí do srovnání podstatné chyby. Také umístění monitorů aktivity může ovlivnit, jak dobře tato zařízení odpovídají standardům (Whitaker et al., 2018). Hartung et al., (2020) uvádí, že i když se míra nadhodnocení/podhodnocení mezi zařízeními a pohyby liší, tak obecně platí, že zařízení nošená na kyčlích a kotnících jsou přesnější, než zařízení nošená na zápěstí a to během chůze a aktivit běžného život. V neposlední řadě musíme vzít v úvahu i fakt, že funkce těchto zařízení se mění s každou aktualizací softwaru a hardwaru a proto nelze každou možnou aktualizaci vyhodnotit pomocí výzkumu v jednom konkrétním okamžiku (Whitaker a kol., 2018).

Čas strávený určitou intenzitou PA naměřený ActiGraphem je většinou odlišný od měření poskytovaných jinými (převážně komerčními) zařízeními. To ale na druhou stranu nemusí nutně znamenat, že je ActiGraph přesnější při měření aktivit s $EE \geq 3$ MET (Rosenberger et al., 2016). Chomistek et al., (2017) ve své studii porovnávali metriky měřené monitorem ActiGraph GT3X a zjistili, že metriky využívající triaxiální počty měly vyšší korelaci s PAEE měřenou pomocí techniky dvojité značené vody (DLW) ve srovnání s metrikami využívajícími pouze údaje z osy vertikální. To naznačuje, že pohyby, které vedou k horizontálnímu zrychlení v předozadním a středo-laterálním směru, vydávají energii. Zohlednění pomocí triaxiálních počtů tedy zvyšuje korelaci mezi metrikami akcelerometru a EE měřeným pomocí DLW. Tato studie dále demonstruje účinky použití různých definovaných mezních hodnot pro MVPA. Odhady času stráveného v MVPA se také značně lišily, když byl použit práh 200 CPM ve srovnání s prahem 760 CPM (toto možné omezení je specifické pro použitý algoritmus, nikoli pro zařízení jako takové). Odhad času stráveného v MVPA dále ovlivnil výběr epoch, přesněji řečeno zda byla zahrnuta každá minuta aktivity, nebo pouze modifikované epochy ≥ 10 minut.

7. Závěr

Diplomová práce prokázala, že monitor aktivit Fitbit Charge 5 na úrovni spotřebitele je vcelku přesný při měření kroků u zdravých jedinců, ale jeho přesnost klesá, pokud s ním monitorujeme PA střední až vysoké intenzity. Dle výsledů můžeme říci, Fitbit Charge 5 funguje dostatečně dobře na to, aby byl užitečným nástrojem při monitorování kroků během dne.

Tato práce hodnotí přesnost pouze některých výstupů ze zařízení, v ideálním případě by mohla hodnotit přesnost v zaznamenávání celého 24hodinového cyklu, tedy celkového pohybového chování jedince. Komerční zařízení typu Fitbit Charge 5 umí zaznamenat sedavé chování, ale i spánek a další atributy všedního dne. Protože nejen pohybová aktivita, ale veškeré pohybové chování během 24 hodin má vliv na zdraví člověka.

Práce poskytuje nové poznatky o platnosti jednoho z nejprodávanějších komerčních zařízení pro monitoring PA a poukazuje na skutečnost, že spotřebitelsky oblíbená zařízení stále ještě neodpovídají ekvivalentním a spolehlivým výsledkům vůči referenční metodě. Výrazné podhodnocení nebo nadhodnocení intenzity PA u zařízení skutečně zdůrazňuje, že stále existuje problém nesrovnatelnosti v procesu převádět vstupní signál ze senzorů na spolehlivé výstupní hodnoty. Ve výzkumném prostředí je tak třeba pečlivě zvážit použití zařízení na spotřebitelské úrovni.

Seznam použité literatury

AINSWORTH, Barbara E., HASKELL, William L., HERRMANN, Stephen D., MECKES, Nathanael, BASSETT, David R. JR., TUDOR-LOCKE, Catrine, GREER, Jennifer L., VEZINA, Jesse, WHITT-GLOVER, Melicia C., LEON, Arthur S. *A Second Update of Codes and MET Values*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 43 (2011), no. 8, s. 1575-1575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821ece12>. [citováno 2023-11-28].

AROGANAM, G., MANIVANNAN, N. and HARRISON, D. Review on wearable technology sensors used in consumer sport applications. *Sensors*. 2019, roč.19, č.9, [cit. 1.12.2023]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s19091983>. [citováno 2023-11-18].

BOTEK, Michal a kol. *Fyziologie pro tělovýchovné obory: (vybrané kapitoly)*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2017- . svazky. Skripta. ISBN 978-80-244-5307-1.

BOUDREAUX, Benjamin D., HEBERT, Edward P., HOLLANDER, Daniel B., WILLIAMS, Brain M., CORMIER, Corinne L., NAGUIN, Mildred R., GILLAN, Wynn W., GUSEW, Emily E. and KRAEMER, Robert R. *Validity of Wearable Activity Monitors during Cycling and Resistance Exercise*. *Medicine in Science in Sports and Exercise*, vol. 50 (2018), no. 3, s. 624-633. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001471>. [citováno 2023-12-08].

BYRNE, Nuala M., HILLS, Andrew P., HUNTER, Gary R., WEINSIER Roland L. and SCHUTZ, Yves. *Metabolic equivalent: one size does not fit all*. *Journal of Applied Physiology*, vol. 99 (2005) , no. 3, s. 1112-1119. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00023.2004>. [citováno 2023-10-10].

CUBEREK, Roman. *Výzkum orientovaný na pohybovou aktivitu: metodologické ukotvení*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2019. 126 stran. ISBN 978-80-244-5597-6.

DAVERGNE, Thomas, KEDRA, Joanna, GOSSEC, Laure. *Wearable activity trackers and artificial intelligence in the management of rheumatic diseases : Where are we in 2021?*. *Z Rheumatol*, vol. 80 (2021), no. 10, s. 928-935. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00393-021-01100-5>. [citováno 2023-12-11].

DE VET, H. C. W., TERWEE, C. B., MOKKINK, L. B. and KNOL, D. L. *Measurement in Medicine*. Cambridge University Press (2011). Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511996214>. [citováno 2023-12-11].

DHULI, Kristjana, NAUREEN, Zakira, MEDORI, Maria Ch., FIORETTI, Francesco, CARUSO, Paola, PERRONE, Marco A., NODARI, Savina, MANGANOTTI, Polo, XHUFU, Suela, BUSHATI, Marsida, BOZO, Dhurata, CONNELLY, Stephen T., HERBST, Karen L and BERTELLI, Matteo. *Physical activity for health*. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, vol. 63 (2020), no. 2 suppl 3, s. E150-E159. Dostupné z: <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2756>. [citováno 2023-11-10].

DOMINICK, Gregory M., WINFREE, Kyle N., POHLIG, Ryan T and PAPAS, Mia A. *Physical Activity Assessment Between Consumer- and Research-Grade Accelerometers: A Comparative Study in Free-Living Conditions*. *JMIR Mhealth Uhealth.*, vol. 4 (2016), no. 3, s. 110. Dostupné z: <https://doi.org/10.2196/mhealth.6281>. [citováno 2023-12-05].

EVENSON, Kelly R., GOTO, Michelle M. and FURBERG, Robert D. *Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers*. *Int J Behav Nutr Phys Act.*, vol. 12 (2015), s. 159. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0314-1>. [citováno 2023-12-16].

FEEHAN, Lyne M., GELDMAN, Jasina, SAYRE, Erick C., PARK, Chance, EZZAT, Allison M., YOO, Ju Young, HAMILTON, Clayon B. and LI, Linda C. *Accuracy of Fitbit Devices: Systematic Review and Narrative Syntheses of Quantitative Data*. *Journal of medical Internet research*, vol. 6 (2018), no. 8, s. 10527. Dostupné z: <https://doi.org/10.2196/10527>. [citováno 2023-12-05].

FERGUSON, Ty, OLDS, Timothy, CURTIS, Rachel, BLAKE, Henry, CROZIER, Alyson J., DANKVIN, Kylie, DUMUID, Dorothea, KASAI, Dsiki, O'CONNOR, Edward, VIRGARA, Rosa and MAHER, Carol. *Effectiveness of wearable activity trackers to increase physical activity and improve health: a systematic review of systematic reviews and meta-analyses*. The Lancet Digital Health, vol. 4 (2022), no. 8, s. 615-626. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(22\)00111-X](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(22)00111-X). [citováno 2023-12-01].

FRÖMEL, Karel a kol. *Výzkumně technické a metodologické aspekty monitoringu pohybové aktivity*. In MUŽÍK, Vladislav, ed. a SÜSS, Vladimír, ed. *Tělesná výchova a sport mládeže v 21. století*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2009. 168 s. Sborník prací Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity; č. 228. Řada tělovýchovná; č. 19. ISBN 978-80-210-4858-4.

GIURGIU, Marco, KETELHUT, Sascha, KUBICA, Claudia, NISSEN, Rebecca, DOSTER, Ann-Kathrin, THRON, Maxmiliane, THIMM, Irinam GIURGIU, Valeria, NIGG, Claudio R., WOLL, Alexander, ERBEN-PRIMER, Ulrich W. and BUSSMANN, Johannes B. J. *Assessment of 24-hour physical behaviour in adults via wearables: a systematic review of validation studies under laboratory conditions*. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, vol. 20 (2023), no. 1, s. 68. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12966-023-01473-7>. [citováno 2023-12-01].

GRANT, Malcolm, HOLTERMANN, Andreas, LYDEN, Kate. *Sensors for Human Physical Behaviour Monitoring*. Sensors, vol. 23 (2023), no. 8, s. 4091. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s23084091>. [citováno 2023-11-25].

GRGIC, Jozo, DUMUID, Dorothea, BENGOCHEA, Enrique Garcia, SHRESTHA, Nipun, BAUMAN, Adrian, OLDS, Timothy and PEDISIC, Zeljko. *Health outcomes associated with reallocations of time between sleep, sedentary behaviour, and physical activity: a systematic scoping review of isotemporal substitution studies*. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, vol. 15 (2018). Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0691-3>. [citováno 2023-10-10].

HARTUNG, Verena, SARSHAR, Mustafa, KARLE, Viktoria, SHAMMAS, Layal, RASCHID, Asarnusch, ROULLIER, Paul, EILERS, Caroline, MAURER, Mathias, FLACHENECKER, Peter, PFEIFER, Klaus and TALLENR, Alexander. *Validity of Consumer Activity Monitors and an Algorithm Using Smartphone Data for Measuring Steps during Different Activity Types*. Int J Environ Res Public Health, vol. 17 (2020), no. 24. s. 9314. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph17249314>. [citováno 2023-12-05].

HENDL, Jan a kol. *Zdravotní benefity pohybových aktivit: monitorování, intervence, evaluace*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2011. 300 s. ISBN 978-80-246-2000-8.

HOŠEK, Václav, ed. a TILINGER, Pavel, ed. *Psychosociální funkce pohybových aktivit jako součást kvality života dospělých: sborník výzkumných záměrů společensko-vědní sekce FTVS*. Vyd. 1. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 1999. 198 s. ISBN 80-86317-03-X.

HRABINEC, Jiří a kol. *Tělesná výchova na 2. stupni základní školy*. Vydání první. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2017. 338 stran. ISBN 978-80-246-3625-2.

CHASTIN, Sebastien F. M., PALAERA-ALBALADERO, Javier, DONTJE, Manon L. and SKELTON, Dawn A. *Combined Effects of Time Spent in Physical Activity, Sedentary Behaviors and Sleep on Obesity and Cardio-Metabolic Health Markers: A Novel Compositional Data Analysis Approach*. PLoS One, vol. 10 (2015), no. 10. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139984>. [citováno 2023-10-9].

CHOMISTEK, Andrea K., YUAN, CHangzheng, MATTHEWS, Charles E., TROIANO, Richard P., BOWLES, Heather R., ROOD, Jennifer, BARNETT, Junaidah B., WILLETT, Walter C., RIMM, Eric B. and BASSETT, David R. Jr. *Physical Activity Assessment with the ActiGraph GT3X and Doubly Labeled Water*. Medicine and Science in Sports and Exercise, vol. 49 (2017), no. 9, s. 1935-1944. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001299>. [citováno 2023-12-16].

JANÁČEK, Julius. *Statistika jednoduše: průvodce světem statistiky*. První vydání. Praha: Grada Publishing, 2022. 120 stran. ISBN 978-80-271-1738-3.

KENT, Michael. *The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine*. Repr. Oxford: Oxford University Press, 1994. 12, 491 s. ISBN 0-19-262263-3.

KOOIMAN, Thea J. M., DONTJE, Manon L., SPRENGER, Siska R., KIJNEN, Wim P., VAN DER SCHANS, Cees P. and DE GROOT, Martijn. *Reliability and validity of ten consumer activity trackers*. BMC Sports Sci Med Rehabil., vol. 7 (2015), no. 24. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13102-015-0018-5>. [citováno 2023-12-02].

KORVAS, Pavel a KYSEL, Jiří. *Pohybové aktivity ve volném čase*. 1. vyd. Brno: Centrum sportovních aktivit Vysokého učení technického v Brně, 2013. 115 s. ISBN 978-80-214-4731-8.

KUČERA, Miroslav, DYLEVSKÝ, Ivan a kol. *Sportovní medicína*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. 280 s. ISBN 80-7169-725-7.

MÁČEK, Miloš a RADVANSKÝ, Jiří. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. 1. vyd. Praha: Galén, ©2011. xvi, 245 s. ISBN 978-80-7262-695-3.

MACHOVÁ, Jitka a kol. *Výchova ke zdraví*. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada, 2015. 312 stran. Pedagogika. ISBN 978-80-247-5351-5.

MARQUEZ, David X., AGUINAGA, Susan, VÁSQUEZ, Priscilla M., CONORY, David E., ERICKSON, Kirk I., HILLMAN, Charles, STILLMAN, Chelsea M., BALLARD, Rachel M., SHEPPARD, Bonny B., PETRUZELLO, Steven J., KING, Abby C. and POWELL, Kenneth E. *A systematic review of physical activity and quality of life and well-being*. Translational Behavioral Medicine, vol. 10 (2020), no. 5, s. 1098-1109. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/tbm/ibz198>. [citováno 2023-10-30].

MAYLOR, Benjamin D., EDWARDSON, Charlotte L., DEMPSEY, Paddy C., PATTERSON, Matthew R., PLEKHANOVA, Tatiana, YATES, Tom and ROWLANDS, Alex R. *Stepping towards More Intuitive Physical Activity Metrics with Wrist-Worn Accelerometry: Validity of an Open-Source Step-Count Algorithm*. *Sensors*, vol. 22 (2022), no. 24. s. 9984. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s22249984>. [citováno 2023-12-01].

MIDDELWEERD, Anouk, VAN DER PLOEG, Hidde P., VAN HALTEREN, Aart, TWISK, Jos W. R., BURG, Johannes and TE VELDE, Saskia J. *A Validation Study of the Fitbit One in Daily Life Using Different Time Intervals*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 49 (2017), no. 6, s. 1270-1279. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001225>. [citováno 2023-12-05].

MICHÁLEK, Josef, SEBERA, Martin, SEKOT, Aleš a SEDLÁČEK, Jaromír. *Výsledky šetření pohybové aktivity dospělé populace České republiky*. Vyd. 1. Brno: Masarykova univerzita, 2014. 165 s. ISBN 978-80-210-6850-6.

MILTHER, Camilla, WINTHER, Laerke, STAHLHUT, Michelle, CURTIS, Darek J., AADAHL, Mette, KRISTENSEN, Morten T., SORENSEN, Jette L. and DALL, CHristian H. *Validation of an accelerometer system for measuring physical activity and sedentary behavior in healthy children and adolescents*. *European Journal of Pediatrics*, vol. 182 (2023), no. 8, s. 3639-3647. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00431-023-05014-z>. [citováno 2023-11-12].

Národní zdravotnický informační portál [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2023 Dostupné z: <https://www.nzip.cz>. ISSN 2695-0340.[citováno 2023-11-15].

NEISHABOURI, Ali, NGUYEN, Joe, SAMUELSSON, John, GUTHRIE, Tyler, BIGGS, Matt, WYATT, Jeremy, CROSS, Doug, KARAS, Marta, MIGUELES, John H., KHAN, Sheraz and GUO, Chrisrine G. *Quantification of acceleration as activity counts in ActiGraph wearable*. *Science Report*, vol. 12 (2022), s.11958. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16003-x>. [citováno 2023-12-05].

PAYNE, Jan. *Kvalita života zdraví*. Triton, 2005. 630 s. ISBN: 978-80-7254-657-2.

PEDIŠIĆ, Željko, DUMUID, Dorothea. & OLDS, Timothy S. *Integrating sleep, sedentary behaviour, and physical activity research in the emerging field of time-use epidemiology: definitions, concepts, statistical methods, theoretical framework, and future directions*. *Kinesiology*, vol. 49 (2017), no. 2, s. 252-269. Dostupné z: <https://hrcak.srce.hr/186506>. [citováno 2023-11-27].

PRAŠKO, J. a PRAŠKOVÁ H. *Proti stresu krok za krokem*. Praha: Grada, 2001. *Psychologie pro každého*. ISBN 80-247-0068-9.

ROLLO, Scott, ANTSYGINA, Olga & TREMBLAY, Mark S. The whole day matters: Understanding 24-hour movement guideline adherence and relationships with health indicators across the lifespan. *Journal of Sport and Health Science*, vol. 9 (2020), no. 6, s. 493-510. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.07.004>. [citováno 2023-10-27].

ROSENBERGER, Mary E., BUMAN, Mathew P., HASKELL, William L., MCCONNELL, Michael V., and CARSTENSEN, Laura L. *Twenty-four Hours of Sleep, Sedentary Behavior, and Physical Activity with Nine Wearable Devices*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 48 (2016), no. 3, s. 457-465. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000778>. [citováno 2023-12-08].

ROSENBERGER, Mary E., FULTON, Janet E., BUMAN, Matthew P., TROIANO, Richard P., GRANDNER, Michael A., BUCHNER, David M., HASKELL, William L. *The 24-Hour Activity Cycle: A New Paradigm for Physical Activity*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 51 (2019), no. 3, s. 454-464. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001811>. [citováno 2023-10-10].

RUBÍN, Lukáš a kol. *Pohybová aktivita a tělesná zdatnost českých adolescentů v kontextu zastavěného prostředí*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2018. 155 stran. Monografie. ISBN 978-80-244-5451-1.

SEKOT, Aleš. *Pohybové aktivity pohledem sociologie*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2015. 151 stran. ISBN 978-80-210-7918-2.

SHEY, Ren-Jay, HOLDER, Ian G., OUMSANG, Alicia S., PARIS, Brittni A, PARIS, Hunter L. *Wearable activity trackers—advanced technology or advanced marketing?* European journal of applied physiology, vol. 122 (2022), no. 9, s. 1975-1990. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04951-1>. [citováno 2023-12-02].

SCHLEGEL, Petr a FIALOVÁ, Ludmila. *Body image a pohybové aktivity mládeže*. První vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2023. 202 stran. ISBN 978-80-246-5406-5.

SCHOBER, Patrick, BOER, Christa and SCHWARTE, Lothar A. *Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation*. Anesthesia and Analgesia, vol. 126 (2018), no. 5, s. 1763-1768. Dostupné z: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>. [citováno 2023-12-08].

SIGMUND, Erik a SIGMUNDOVÁ, Dagmar. *Pohybová aktivita pro podporu zdraví dětí a mládeže*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. 171 s. ISBN 978-80-244-2811-6.

SIGMUND, Erik a SIGMUNDOVÁ, Dagmar. *Pohybová aktivita, sedavé chování a obezita rodičů a jejich dětí*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2021. 138 stran. ISBN 978-80-244-5847-2.

STEJSKAL, Pavel. *Proč a jak se zdravě hýbat*. Vyd. 1. [Břeclav]: Presstempus, 2004. 125 s. ISBN 80-903350-2-0.

TheActigraph.com. *Algorithms and Measures*. Dostupné z: <https://theactigraph.com/algorithms-measures>. [citováno 2023-11-16].

TOKUCOGLU, Figen. *Monitoring Physical Activity with Wearable Technologies*. *Noro Psikiyatr Art*, vol. 55 (2018), no. 1, s. 63-65. Dostupné z: <https://doi.org/10.29399/npa.23333>. [citováno 2023-12-01].

TREMBLAY, Mark S., AUBERT, Salomé, BERNES, Joel D. et al. *Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome*. *Int J Behav Nutr Phys Act*, vol. 14 (2017), no. 75. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>. [citováno 2023-10-10].

TUKA, Vladimír, DAŇKOVÁ, Martina, RIEGEL, Karel, MATOULEK, Martin. *Pohybová aktivita-svatý grál moderní medicíny? Vnitřní lékařství*, roč. 63 (2017) č. 10, s. 729-736. Dostupné z: <https://casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2017/10/22.pdf>. [citováno 2023-11-10].

VAŠÍČKOVÁ, J., PERNICOVÁ, H. *Motivace k pohybové aktivitě (MPAM-R): Vnitřní konzistence a vnitřní validita české verze dotazníku*. *Tělesná kultura*, 2018, roč. 41, č. 2, s. 74-81. ISSN: 1211-6521.

VETROVSKY, Tomas, SIRANEC, Michal, MARENCAKOVA, Jitka, TUFANO, James J., CAPEK, Vaclav, BUNC, Vaclav, BELOHLAVEK, Jan. *Validity of six consumer-level activity monitors for measuring steps in patients with chronic heart failure*. *PLOS ONE*, vol. 14 (2019), no. 9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222569>. [citováno 2023-12-16].

VYSOKÝ, R. a KONEČNÝ, P. *Rehabilitace a preskripce pohybové aktivity u kardiovaskulárních a vybraných interních onemocnění*. *Univerzita Palackého v Olomouci*. 2022. ISBN: 978-80-244-6125-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.5507/fzv.22.24461250>. [citováno 2023-12-11].

WELK, Georgy J., MCCLAIN, James and ANISWORTH, Barbara E. *Protocols for evaluating equivalency of accelerometry-based activity monitors*. *Medicine in Science in Sports and Exercise*, vol. 44 (2012), no. 1, s. 39-49. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182399d8f>. [citováno 2023-12-08].

WHITAKER, Kara M.; PETTEE Gabriel, K.; JACOBS, David R. Jr; SIDNEY, Stephen and STERNFELD, Barbara. *Comparison of Two Generations of ActiGraph Accelerometers: The CARDIA Study*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 50 (2018), no. 6, s. 1333-1340. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001568>. [citováno 2023-12-16].

WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. 2020. ISBN: 9789240015128. Dostupné z: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>.

Seznam grafické dokumentace

Obrázky

Obrázek 1. Model 24hodinového pohybového chování a chování bez pohybu (zdroj: Trembley et al., 2017; český překlad Sigmund, Sigmundová, 2021)

Obrázek 2. Jak fungují nositelná zařízení (zdroj: Aroganam et al., 2019)

Tabulky

Tabulka 1. Rozdělení intenzity PA dle metabolického ekvivalentu MET (upraveno dle: Anisworth et al., 2011).

Tabulka 2. Charakteristika probandů, kteří se zúčastnili studie: Hodnota (SD) nebo %

Tabulka 3. Charakteristika probandů, kteří splnili kritéria pro následnou analýzu dat: Hodnota (SD) nebo %

Tabulka 4. Korelace kroků naměřených FC5 v porovnání s kritériem

Tabulka 5. Korelace PA střední intenzity měřené FC5 v porovnání s kritériem

Tabulka 6. Korelace PA vysoké intenzity měřené FC5 v porovnání s kritériem

Tabulka 7. Korelace MVPA měřené FC5 v porovnání s kritériem

Grafy

Graf 1. Bland–Altmanův graf pro kroky

Graf 2. Korelační diagram pro kroky

Graf 3. Bland–Altmanův graf pro PA střední intenzity

Graf 4. Korelační diagram pro PA střední intenzity

Graf 5. Bland–Altmanův graf pro PA vysoké intenzity

Graf 6. Korelační diagram pro PA vysoké intenzity

Graf 7. Bland–Altmanův graf pro MVPA

Graf 8. Korelační diagram pro MVPA

Seznam příloh

Příloha 1. Dohoda o poskytnutí dat ke zpracování

Příloha 1. Dohoda o poskytnutí zpracování dat

Dohoda o poskytnutí dat ke zpracování

Název projektu, v rámci něhož budou data zpracovávána: Monitorování pohybové aktivity pomocí nositelné elektroniky

Období realizace: 2023

Osoba přebírající data: Bc. Zdenka Mádlová

Osoby, které budou mít data k dispozici:

Bc. Zdenka Mádlová

zdenkamadlova@gmail.com

Popis projektu: V práci je zkoumána validita Fitbit Charge 5 ve srovnání s ActiGraphem wGT3x-BT pro hodnocení pohybové aktivity u dospělé populace.


Charakteristika poskytnutých dat: Pohlaví, věk, výška, váha, data z nositelných zařízení o pohybové aktivitě.

Přístrojové vybavení, kterým byla data pořízena: Fitbit Charge 5, ActiGraph wGT3x-BT

Etické aspekty získání dat: Kladné stanovisko k výzkumu vydala etická komise UHK, evidenční číslo 11/2022.

Nakládání s daty: Údaje budou vyhodnocovány i uchovávány v anonymní podobě. Data budou uchovávána maximálně 1 rok. Anonymizovaná data a výsledky analýz budou publikovány diplomové práci.

Datum, jméno a podpis osob, které budou mít data k dispozici:

Datum: 1.9.2023 Jméno: Bc. Zdenka Mádlová Podpis: 

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně poskytnu svoje data výše uvedenému seznamu osob do výše uvedeného projektu a souhlasím s jejich zpracováním.

Souhlasím s tím, aby byla anonymizovaná data bez omezení využita ve vědeckém výzkumu a publikována v odborných časopisech či monografiích, případně prezentována na konferencích.

Měl(a) jsem možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu a jsem si vědom(a) práva svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně výše uvedeným osobám, které budou mít data k dispozici.

Místo, datum PRAHA 1.9.2023

Datum: 1.9.2023 Jméno: doc. MUDr. Ing. Tomáš Větrovský Ph.D. Podpis: 