

**Univerzita Karlova**  
**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie



Michal Jarco

**Porovnání možnosti měření intenzity fyzické aktivity na základě počtu  
kroků a údajů o tepové frekvenci u dospělých, školních a předškolních dětí**

The possibility of measuring the intensity of physical activity based on the  
number of steps and heart rate data in adults, school and preschool children

Bakalářská práce

Školitel: Mgr. Aneta Buchtelová

Praha, 2021

## **Poděkování**

Především bych chtěl poděkovat mé školitelce Mgr. Anetě Buchtelové za odborné vedení, za cenné rady, za pomoc při zpracování této práce, a hlavně za velkou trpělivost. V neposlední řadě bych chtěl taktéž poděkovat mé rodině za podporu během celého studia.

## **Prohlášení**

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

V Praze dne 3. 5. 2021

Podpis

## Abstrakt

Počet lidí trpících nadváhou nebo obezitou celosvětově narůstá. Jedním z nejpodstatnějších faktorů přispívajících ke zvyšování tělesné hmotnosti je nedostatek pohybu, který je v dnešní době zapříčiněn především sedavým způsobem života. Pohyb je tedy velice důležitý z hlediska tělesného zdraví a u dětí se navíc také výrazně podílí na správném rozvoji kognitivních funkcí. Tato práce je zaměřena na možnosti využití údajů o celkovém počtu kroků za určitou časovou jednotku (minutu nebo v rámci celého dne) pro klasifikaci intenzity fyzické aktivity (hlavně pak střední a vysoké) a okrajově se zabývá také možnostmi hodnocení intenzity fyzické aktivity pomocí údajů o srdeční akci. Podle mezinárodně uznávaných standardů by měl dospělý člověk strávit alespoň 30 minut (60 minut je pak doporučení pro děti) denně ve střední intenzitě fyzické aktivity, nebo 15 minut (30 minut pro děti) ve vysoké intenzitě fyzické aktivity. Mnoho studií prováděných na dospělé populaci se shoduje v závěru, že kadence kolem 90-110 kroků za minutu je optimální k dosažení střední intenzity fyzické aktivity, ale hraje zde velkou roli především výška, věk a pohlaví jedinců. Pro děti tato hodnota činí kolem 120 kroků za minutu, avšak daleko větší roli u nich hraje věk nežli pohlaví.

**Klíčová slova:** intenzita fyzické aktivity, MET, kadence, tepová frekvence, nositelná elektronika

## **Abstract:**

The number of people suffering from overweight or obesity is growing worldwide. One of the most important factors contributing to weight gain is the lack of exercise, which is nowadays caused mainly by a sedentary lifestyle. Exercise is therefore very important for our health and in children it also significantly contributes to the proper development of their cognitive functions. This thesis is focused on the possibility of using data about total number of steps for a certain time unit (per minute or throughout the day) to classify the intensity of physical activity (especially moderate and vigorous) it also marginally deals with the possibility of evaluating the intensity of physical activity using heart rate data. According to internationally recognized standards, an adult should spend at least 30 minutes (60 minutes is recommended for children) a day in moderate intensity physical activity, or 15 minutes (30 minutes for children) in vigorous intensity physical activity. Many studies focused on adults agreed that the cadence of around 90-110 steps per minute is optimal for achieving moderate intensity of physical activity, but the height, age and gender of individuals also play an important role. For children, this value is around 120 steps per minute, but age is much more important than gender.

**Keywords:** intensity of physical activity, MET, cadence, heart rate, wearables

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Význam fyzické aktivity .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Hodnocení fyzického stavu jedince.....</b>	<b>4</b>
3.1	BMI index.....	4
3.2	Celostátní antropologický výzkum v ČR.....	5
<b>4</b>	<b>Měření fyzické aktivity a vydané energie .....</b>	<b>6</b>
4.1	Pedometry.....	6
4.2	Akcelerometry .....	7
4.2.1	Aktigrafy .....	7
4.3	Nositelná elektronika .....	8
4.4	Monitory srdečního tepu.....	8
4.5	Nepřímé kalorimetry.....	9
4.6	Deníky a dotazníky .....	9
<b>5</b>	<b>Možnosti měření intenzity fyzické aktivity na základě počtu kroků .....</b>	<b>11</b>
5.1	Denní počet kroků jako ukazatel úrovně fyzické aktivity .....	11
5.2	Denní počty kroků ve srovnání s tabulkovými hodnotami.....	11
5.3	Hodnocení intenzity fyzické aktivity.....	15
5.4	Kadence kroků pro dosažení určité intenzity fyzické aktivity .....	16
5.5	Počet kroků, při kterých se dosahuje 30minut střední až vysoké fyzické aktivity za den (60 minut pro děti).....	19
<b>6</b>	<b>Možnosti měření intenzity fyzické aktivity na základě údajů o tepové frekvenci ....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>26</b>

# 1 Úvod

Každým rokem na planetě přibývá lidí s nadváhou a obezitou. Pod těmito pojmy se rozumí nadměrné ukládání tuku v organismu. Podle statistik se od roku 1975 do roku 2016 celosvětově téměř ztrojnásobil počet obézních lidí. V roce 2016 trpělo na celém světě 39 % dospělé populace nadváhou (podíl dospělých jedinců, jejichž BMI – Body Mass Index – je větší nebo roven 25) a obezitou (BMI je větší nebo rovno 30) asi 13 % dospělých (WHO, 2020). Nadváha a obezita se však netýká pouze dospělých, ale čím dál tím více i dětí, u kterých může toto onemocnění negativně ovlivnit jejich budoucí vývoj a zdravotní i psychický stav. Podle odhadů z roku 2019 bylo na světě kolem 38,2 milionů dětí mladších 5 let, trpících nadváhou nebo obezitou (nadváha a obezita u dětí do 5 let se obvykle hodnotí podle zařazení do percentilového pásma grafu, který posuzuje hmotnost vzhledem k tělesné výšce). Skoro polovina z těchto dětí pocházela z Asie (WHO, 2020). V České republice je podle studie Českého statistického úřadu z roku 2018 47 % mužů a 33 % žen trpících mírnou nadváhou. Obézních je pak bezmála 20 % mužů a 18 % žen (Měřinská, 2018).

S touto multifaktoriálně podmíněnou poruchou je spojeno mnoho dalších problémů a onemocnění. Nadměrně zvýšená váha má vliv na většinu tělních soustav – osteoartróza postihuje pohybový aparát, hypertenze a ateroskleróza cévní soustavu. S obezitou se často objevuje také určitá forma astmatu. Postižen může být i mozek, což může vést i k vážným mentálním poruchám. Nedílnou součástí metabolického syndromu, který je s obezitou úzce spojen, je diabetes druhého typu. Obezita může mít za následek i psychické problémy, ke kterým se řadí například deprese (Martin-Rodriguez et al., 2015).

Nadváha může být způsobena mnoha příčinami. Geneticky podmíněných případů je jen malé procento, mnohem častěji dochází ke vzniku nadváhy v důsledku stravování se potravinami s vysokými kalorickými hodnotami (zejména slazenými nápoji s vysokým obsahem cukrů) ve spojení s nedostačující fyzickou aktivitou. Intenzita fyzické aktivity úzce souvisí s evolucí lidí. V pravěku musel člověk vynaložit mnohonásobně větší úsilí pro získání potravy, aby vůbec přežil. V dnešní době tíhne lidstvo spíše k více sedavému způsobu života. Rozvoj velkých měst a dopravních prostředků dramaticky snížil počet kroků, které musí člověk za den vykonat. K dostatečné fyzické aktivitě v dnešní době nenapomáhá ani aktuální pandemie onemocnění Covid-19. Dospělí lidé nemají dostatečný pohyb, jelikož pracují z domova. Stejně tak školní děti, pro které je pohyb v jejich věku zcela zásadní a podmiňuje jejich další vývoj.

Měření fyzické aktivity může poskytnout mnoho užitečných informací o jedinci a může tak pomoci vytvořit plán pro cvičení a zlepšení fyzického stavu jednotlivce. Například je takto

možné zjistit, kdy jedinec vykonává většinu své fyzické aktivity, jestli je to během týdne, o víkendu a zda-li spíše ráno či večer. Dále jaký druh fyzické aktivity vykonává, buď prostřednictvím pracovních činností nebo aktivního transportu. Měření fyzické aktivity může také odhalit, v jaké úrovni intenzity fyzické aktivity se jedinec v daný čas pohybuje a zda splňuje doporučující tabulkové hodnoty pro fyzickou aktivitu.

## 2 Význam fyzické aktivity

Je všeobecně známo, že fyzická aktivita přispívá ke zdravějšímu a lepšímu fyzickému stavu, neméně důležitá je ale rovněž i z hlediska kognitivního rozvoje. Kognitivní funkce, zejména pak ty výkonné (pracovní paměť, flexibilní myšlení, plánování a sebeovládání) se rozvíjí už u předškolních dětí (3-5 let) a následně ovlivňují jejich další rozvoj (Best et al., 2009).

Výzkumníci se zabývají vztahem mezi fyzickou aktivitou, kognicí a studijními výsledky dětí už více, jak 50 let. Ze souhrnu 53 studií z roku 2007-2012 zabývajících se právě těmito vztahy jich 12 sledovalo vztah mezi fyzickou aktivitou a studijními výsledky. Deset z těchto dvanácti studií zjistilo pozitivní vliv fyzické aktivity (Howie & Pate, 2012), naproti tomu rešerše zkoumající 41 studií z posledních let ukazuje žádný nebo pouze malý až střední vliv fyzické aktivity na studijní výsledky (Barbosa et al., 2020).

Na druhou stranu je doloženo, že u dětí mezi 7-11 lety, které trpí nadváhou, se již po třech měsících pravidelného cvičení zlepšily kognitivní funkce (přesněji lepší matematické myšlení a výkonné funkce) a dále u nich byla pozorována zvýšená aktivita prefrontální kůry (Davis et al., 2011), která je rozhodující pro plánování, organizaci a regulaci kognice a chování (Konishi et al., 1998). Stejně výsledky byly zaznamenány i u dospělých (Colcombe et al., 2004; Pereira et al., 2007), u kterých byla zároveň nalezena i silná evidence sníženého rizika vzniku Alzheimerovy choroby při vykonávání většího množství fyzické aktivity (Erickson et al., 2019). Davis et al. (2011) se tedy domnívá, že pravidelné cvičení při vysoké úrovni intenzity podporuje vývoj dětí prostřednictvím účinků na mozek. Tento výrok podporuje souhrn studií na laboratorních krysách a myších, prováděné Dishmanem et al. (2006), který uvádí, že aerobní cvičení má vliv na růstové faktory, mezi které patří neurotrofický faktor odvozený od mozku, což vede ke zvýšenému přívodu kapilární krve do kortexu, růstu nových neuronů a vzniku synapsí, a to vede v konečném důsledku k lepšímu učení a výkonu. Ukázalo se, že fyzická aktivita má také dobrý vliv na samotnou strukturu, správný vývoj a funkce mozku u dětí (Donnelly et al., 2016).

### 3 Hodnocení fyzického stavu jedince

V každém antropologickém výzkumu se uplatňují různé vyšetřovací metody z vícero oborů. Pro výzkum fyzické aktivity se nejčastěji kromě antropometrických metod uplatňují ještě metody oborů: morfologie, chemie (obzvlášť biochemie), fyziky (biofyziky) a matematiky (biostatistiky) a samozřejmě lékařství (klinické lékařství). Výzkumy se pak dělí podle délky sledování probandů na: průřezové, longitudinální anebo semilongitudinální.

Antropometrické metody jsou mezinárodně unifikované, což umožňuje dobré srovnání výsledků různých studií a souhrnně slouží k měření tělesných parametrů jedinců. Nejběžněji se měří: váha, výška, obvod pasu a obvod boků. Dále se dá měřit například tloušťka kožních řas pomocí kaliperu, bioelektrická impedance (měří množství tělesné vody, tuku a svalové hmoty atd.), podvodní vážení, pletysmografie (odčerpání vzduchu z nádoby o známém objemu) a mnoho dalších. Měření kožních řas a bioelektrická impedance jsou však nejpoužívanější z daných metod.

#### 3.1 BMI index

BMI index (neboli Body Mass Index) se používá ke hodnocení tělesné váhy jedince. BMI se vypočítá jako poměr hmotnosti (v kilogramech) a druhé mocniny výšky (v metrech) jedince. Hodnoty BMI odpovídající normální hmotnosti dospělého člověka jsou 18,6-24,9. Prvnímu stupni obezity pak odpovídá hodnota v rozmezí 30-34,9. Celá škála BMI hodnot je uvedena v Tab. 1. Tyto hodnoty nejsou vždy zcela relevantní, neboť jak již z názvu vyplývá, počítají pouze s celkovou masou (váhou) jedinců. Tudíž jedinec může mít například velké množství svalové hmoty a nízké procento tuku a podle BMI tabulky by trpěl prvním stupněm obezity. Taktéž pro hodnocení dětí není používání BMI zcela vhodné, neboť jejich hmotnost se zcela fyziologicky zvyšuje i snižuje během dospívání. U dětí se proto používají spíše percentilové grafy.

Tabulka 1. Hodnoty BMI

podvýživa	<18,5
normální hmotnost	18,6–24,9
nadváha	25–29,9
1. stupeň obezity	30–34,9
2. stupeň obezity	35–39,9
3. stupeň obezity	>40

### 3.2 Celostátní antropologický výzkum v ČR

Celostátní výzkumy poskytují informace pro aktualizaci růstových grafů (referenčních dat), které se používají pro zhodnocení správného růstu dítěte. Také podávají informaci o dlouhodobých změnách růstu české dětské populace, závislosti růstu dítěte na socio-ekonomických podmínkách, a v neposlední řadě podávají poměrně velice důležitou informaci o prevalenci nadváhy a obezity, ale naopak i nízké hmotnosti ve všech věkových skupinách do 18 let.

V České republice byl první celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže (CAV) realizován profesorem Matiegkem v roce 1895. Prostřednictvím učitelů škol zjišťoval u 100 tisíc dětí tělesnou výšku a hmotnost, ale i údaje o otci (Matiegka, 1927). Další výzkum byl v roce 1923 a poté následovaly výzkumy vždy po deseti letech. Poslední český CAV byl v roce 2001. V roce 2011 již neproběhl žádný výzkum, a to ani po opakované snaze a žádostem o udělení finanční podpory formou grantu Ministerstva zdravotnictví České republiky. V důsledku toho České republice chybí důležitá relevantní data o obezitě u českých dětí (*Celostátní Antropologické Výzkumy (CAV)*, SZÚ, 2001).

## 4 Měření fyzické aktivity a vydané energie

Přístroje používané k měření fyzické aktivity mají schopnost měřit frekvenci, intenzitu, čas a typ prováděných fyzických aktivit. Avšak ne všechny nástroje používané k měření fyzické aktivity mohou měřit všechny tyto proměnné současně. Pro klinické měření fyzické aktivity se běžně používají: pedometry, akcelerometry, přístroje monitorující srdeční tep a mnoho dalších. Díky snaze nabídnout co nejpřesnější měření, ale i díky silnému konkurenčnímu prostředí na trhu a zájmu o tato zařízení, je v posledních letech zaznamenáván jejich výrazný vývoj. Obecné výhody a nevýhody těchto přístrojů jsou shrnuty v Tab. 2. V neposlední řadě se využívají také dotazníky (ty však pochopitelně neposkytují zcela objektivní výsledky). Pro přesnější a kvalitnější měření se používají celopokojoyé nepřímé kalorimetry, nebo metoda tzv. dvojnásobně značené vody. Tyto metody jsou však dražší, časově náročnější a nedají se použít na velmi velký vzorek lidí.

Tabulka 2. Výhody a nevýhody přístrojů měřících fyzickou aktivitu. (Upraveno podle Chambliss, 2015)

Výhody	Nevýhody
Měření téměř bez jakýkoliv omezení	Nedokáže změřit všechny fyzické aktivity (pokud je přístroj na dolní polovině těla neměří pohyby horní části; těžko se měří aktivity spojené s vodním prostředím – plavání atd.; protahovací aktivity)
Možnost kombinovat s dalšími fyziologickými měřeními například srdeční tep atd.	Vývoj nových a velké množství zařízení na trhu ztěžuje jejich vzájemné porovnání
Možnost konfigurovat některé přístroje přímo podle jedince	Měření výdeje energie je složitější u obézních nebo jinak nemocných jedinců, neboť algoritmy jsou vytvořené podle zdravé populace
Přesné měření sedentérního času (kromě pedometrů)	Přístroje často nedokážou rozlišit typ aktivit (s/bez závaží; pohyb proti odporu – zvedání volných závaží)
Pedometry jsou dobře dostupné a poskytují motivační zpětnou vazbu pro jedince	Pokročilejší a komplikovanější přístroje jsou řádově dražší a vyžadují větší znalosti pro analýzu a interpretaci dat
Komplexnější přístroje pro sledování pohybové aktivity poskytují širší informace jako je: pozice těla, kvantita a intenzita aktivity	

### 4.1 Pedometry

Pedometry jsou jednou z cenově nejdostupnějších možností, jak co nejjednodušeji měřit fyzickou aktivitu. Většinou však dokáží zaznamenat pouze údaj o počtu kroků. Komplexnější

pedometry přepočítávají kroky na uraženou vzdálenost, nebo zaznamenávají spálené kalorie. Spolehlivost pedometrů je však často zpochybňována, například podle studie (Schneider et al., 2003) jen tři z deseti pedometrů sledovaných ve studii měřilo s odchylkou  $\pm 3$  % od skutečného počtu kroků. Dnes jsou na trhu desítky typů pedometrů fungujících na různých principech a s různou citlivostí. Problém s některými pedometry nastává také při různých rychlostech pohybu, kdy při moc nízké rychlosti nezapočítávají některé kroky anebo na druhou stranu při rychlejší chůzi nebo běhu započítávají kroky navíc (Bassett & John, 2010; Crouter et al., 2003; Kemper & Verschuur, 1977). Jako celek se ale pedometry osvědčili jako vhodné zařízení pro sledování fyzické aktivity ve srovnávacích testech s pedometry a přímým pozorováním (Tudor-Locke, Williams, et al., 2004). Je však důležité dbát na správný výběr zařízení pro konkrétní potřeby plánované studie. Jedním z nejpoužívanějších je cenově dostupný a osvědčený pedometr Yamax SW digi-walker (Bassett & John, 2010).

## **4.2 Akcelerometry**

Akcelerometry jsou ve zkratce silové senzory pro snímání lineárního zrychlení v jednom nebo několika směrech nebo úhlového pohybu v jednom a více směrech. Společný princip činnosti akcelerometrů je založen na mechanickém snímacím prvku, který se skládá z kontrolní hmoty (nebo seismické hmoty), která je mechanicky zavěšená vzhledem k referenčnímu rámu. Setrvačná síla způsobená zrychlením nebo gravitací zapříčiní, že se tato hmota vychýlí podle Newtonova druhého zákona. Lze takto elektricky změřit zrychlení na základě fyzických změn v rozmístění hmoty vzhledem k referenčnímu rámu. Nejběžnějšími typy jsou: piezorezistivní, piezoelektrické a diferenciální kapacitní akcelerometry (Godfrey et al., 2008; Yang & Hsu, 2010).

### **4.2.1 Aktigrafy**

Aktigrafy jsou jedny z nejvíce využívaných zařízení pro všestranné monitorování pohybu. Jsou to triaxiální akcelerometry. Nejčastěji se nosí na opasku ve středu axilární linie kyčle. Variabilita komplexnosti těchto přístrojů je velice široká, od těch nejjednodušších, které snímají pouze to, jestli je pacient v klidu nebo v pohybu, až po přístroje snímající výdej energie, počet kroků a čas strávený v určitých stupních fyzické aktivity nebo naopak čas strávený v klidu. Validita těchto přístrojů byla úspěšně podpořena studií (Wells et al., 2008), kde byly srovnávány s osvědčenými dotazníky a deníky.

### 4.3 Nositelná elektronika

K měření počtu kroků se dá využít také nositelná elektronika, malá elektronická zařízení uzpůsobena pro snadné používání a nošení na těle či na oblečení. Mezi tuto elektroniku patří například fitness trackery, chytré hodinky, monitory srdečního tepu (Thompson, 2018) nebo senzory zabudované v oblečení (Yetisen et al., 2018). Souhrnně se tato zařízení označují jako wearables. Tyto přístroje dokážou dlouhodobě měřit různé fyziologické parametry jako je srdeční tep, počty kroků, teplota pokožky, tlak, kvalita spánku, ale zvládnou i rozpoznávat různé typy aktivit zejména díky využití GPS (Li et al., 2017). Akcelerometry v chytrých hodinkách a jiných zařízeních, která jsou umístěna na zápěstí počítají kroky podle pohybu paže, který je ve většině případů synchronizovaný s pohybem nohou při chůzi (Tudor-Locke, 2002). Tato data nemusí být zcela přesná kvůli odlišnému pohybu či zatížení zápěstí při stejné činnosti (Mannini et al., 2013; Tudor-Locke, 2002), proto jsou přesnější zařízení umístěna na boku nebo kotníku probanda (Witt et al., 2019). Dalším nositelným zařízením je monitor srdečního tepu ve formě hrudního pásu, který sice neměří počty kroků, ale v měření srdečního tepu je mnohem spolehlivější než hodinky a zařízení nošené na zápěstí, jelikož je umístěn blíže srdci. Další faktory, které mohou negativně ovlivnit měření tepu ze zápěstí jsou například ovlivnění senzoru světlem nebo pohybem paže a již zmíněná vzdálenost od srdce (Stables, 2017). Současné nošení zařízení na zápěstí i hrudního pásu tedy zvyšuje spolehlivost měření fyzické aktivity. Senzory zaznamenávající nejrůznější fyziologické funkce člověka mohou být zabudovány také v oblečení, elektronických tetováních, botách či protézách (Yetisen et al., 2018). Elektronické tetování či náplasti umístěné přímo na kůži mají elektrofyziologické, teplotní a napěťové senzory a dají se využít například také pro měření intenzity UV záření. Senzory zabudované v oblečení se využívají pro analýzu tělních tekutin (Yetisen et al., 2018), srdečního tepu (Paradiso et al., 2005), dýchání (Jung et al., 2006), teploty (Sibinski et al., 2010) a dalších fyziologických funkcí. Všechna tato zařízení mají využití i v medicíně pro rozpoznání a sledování různých onemocnění (Yetisen et al., 2018).

### 4.4 Monitory srdečního tepu

Monitory srdečního tepu jsou přístroje, které dokážou měřit srdeční tep v reálném čase. Podle komplexnosti přístroje pak některé mohou promítat naměřené hodnoty na displeji, měřit čas aktivity a ukládat data pro následné vyhodnocení. Lepší zařízení jsou vybavena GPS, gyroskopy, akcelerometry a dalšími komponentami. Monitory fungují na principu kontaktních elektrod, připoutaných na hrudi (co nejbliž srdci) pomocí elastického pásu, které detekují

srdeční elektrickou aktivitu (systoly), nebo pomocí optických senzorů (světlo emitující diody), které jsou nejčastěji nošeny na zápěstí (Almeida et al., 2019). Ukazuje se, že některé monitory fungující na základně optických senzorů fungují dobře při měření v klidu, avšak objevují se u nich chyby při zvýšené aktivitě (Singh & Sittig, 2017). Opravdu však záleží na konkrétních zařízeních, neboť některé vykazují velice spolehlivé výsledky (Bai et al., 2018; Pasadyn et al., 2019). Co se týče monitorů měřících pomocí kontaktních elektrod, ty prokazují velmi přesné výsledky a konkrétně Polar H7 chest strap, měří s přesností více jak 98 % (Gaynor et al., 2019; Pasadyn et al., 2019).

#### **4.5 Nepřímé kalorimetry**

Celopokojoyvé nepřímé kalorimetry jsou izolované místnosti se známou hodnotou objemu a kontrolou rychlosti přívodu vzduchu, ve kterých se nepřetržitě měří koncentrace vdechovaného O<sub>2</sub> a vydechovaného CO<sub>2</sub> z dechu subjektů. Tato data poskytují velmi přesné údaje pro výpočet metabolické rychlosti (v kcal/min) a energetického výdeje (EE, kcal), což je kumulativní metabolická rychlost v průběhu času. Často se k těmto měřením používají přístroje, na které musí být pacienti přímo připojeni a dýchat přes masky. Celopokojoyvé kalorimetry jsou však pro pacienty pohodlnější a poskytují širší možnosti pro výzkum. Existují studie, které zkoumají korelaci mezi oběma způsoby měření s výslednou odchylkou maximálně kolem 2 % (Chen et al., 2020).

#### **4.6 Deníky a dotazníky**

Pro subjektivní zhodnocení fyzické aktivity slouží deníky a dotazníky. Výhody a nevýhody těchto variant jsou lépe přiblíženy v Tab. 3.

Deníky existují v papírové nebo dnes už i elektronické formě. Jejich princip spočívá v detailním popisu a záznamech o fyzické aktivitě jedince, většinou v intervalech po 15 minutách během celého dne (24 hodin). Jednotlivci zaznamenávají do deníků svou aktivitu z předem definovaného seznamu, který je kódován a dále intenzitu dané aktivity (nízká, mírná, silná). Celkově tak deníky poskytují více informací o typu, délce a intenzitě fyzické aktivity, ale je zde nezbytná větší participace jedince. Používá se například Bouchardův třídní deník fyzické aktivity, nebo Brattebyho sedmidenní deník fyzické aktivity. (Alarie & Kent, 2015)

Dotazníky jsou nejjednodušší subjektivní cestou zhodnocování fyzické aktivity. Jsou založeny na schopnosti jedinců vybavit si svou minulou fyzickou aktivitu. Dotazníky mají

význam u velkopopulačních studií. V roce 2002 byl Světovou zdravotnickou organizací WHO vytvořen dotazník pro globální studii fyzické aktivity. V roce 2006 pak vyšla jeho druhá verze, která je platná dodnes.

Tabulka 3. Výhody a nevýhody deníků a dotazníků. (Upraveno podle Chambliss, 2015).

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Cena	Neměří přímo fyzickou aktivitu
Jednoduchá administrativa	Každý jedinec se musí blíže seznámit s daným dotazníkem/diářem pro správný zápis dat
Vhodné pro vytvoření diskuse o fyzické aktivitě	Dotazníky spoléhají na paměť jedinců
Diáře mohou motivovat jedince	Diáře mohou mít reaktivní účinek (ovlivní aktivitu jedinců)
Diáře mohou pomoci při interpretaci dat ze zařízení pro monitorování fyzické aktivity (identifikace času, kdy bylo zařízení sundané; identifikace aktivit)	

## **5 Možnosti měření intenzity fyzické aktivity na základě počtu kroků**

### **5.1 Denní počet kroků jako ukazatel úrovně fyzické aktivity**

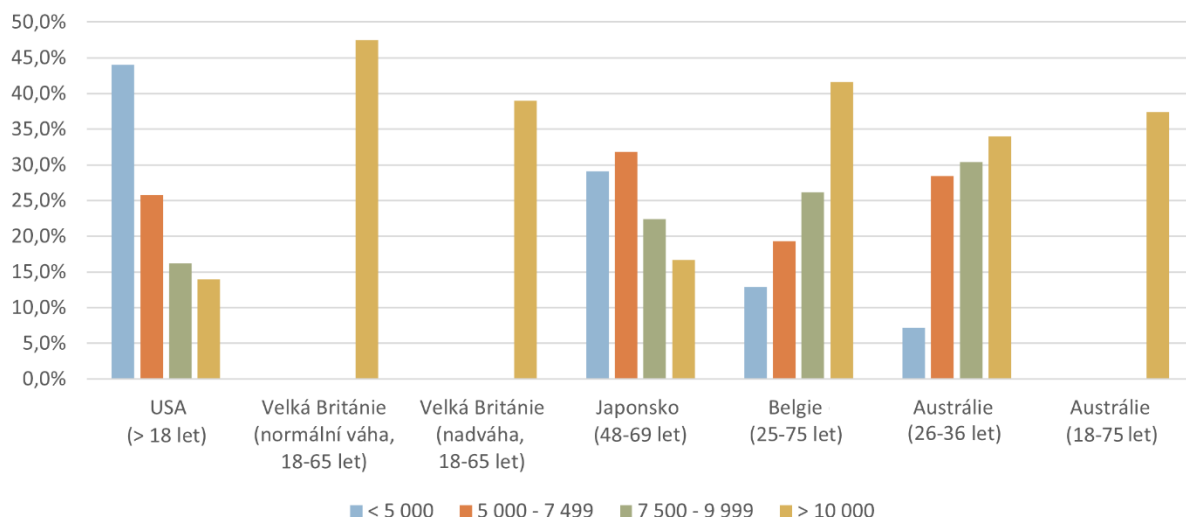
V roce 2004 byl vytvořen koncept pro zhodnocení denní aktivity zdravých dospělých (pro děti od 6 do 12 let se pro každou kategorii připočte 2 000 kroků) lidí na základě počtu kroků. Autoři hodnotili denní počet kroků pod 5 000 jako „sedenterní“, 5 000–7 499 kroků za den jako „málo aktivní“, 7 500–9 999 kroků za den jako „nějak aktivní“, 10 000–12 499 kroků za den jako „aktivní“ a 12 500+ kroků za den jako „vysoce aktivní“ (Tudor-Locke & Bassett, 2004). Tento index byl podpořen a upraven v roce 2009. Původní „sedenterní“ počet kroků byl rozdělen na kategorii „bazální aktivita“ odpovídající méně nebo rovno 2 500 krokům za den a na kategorii „omezená aktivita“ odpovídající 2 500 – 4 999 krokům za den (Tudor-Locke et al., 2008).

Ve 21. století se v mediích, ale i ve výzkumu objevuje poměrně často hodnota 10 000 kroků za den. Kořeny tohoto čísla sahají až do Japonska roku 1965, kdy se v Japonsku vyráběly jedny z prvních pedometrů, které se v překladu jmenovaly „deseti tisíc krokové metry“ a v japonských domácnostech zůstává tato hodnota nadále běžně známa. 10 000 kroků za den odpovídá přibližně energetickému výdeji 300–400 kcal (v závislosti na rychlosti chůze, velikosti těla a intenzitě aktivity) (Hatano, 1993). K validitě 10 000 kroků za den přispívá i studie zkoumající energetický výdej při pomalé a rychlé chůzi. Při rychlosti 3,2 km/h se energetický výdej participantů pohyboval v rozmezí 148–401 kcal, tudíž i při pomalé chůzi se dá dosáhnout doporučenému dennímu výdeji 150 kcal za den. Při rychlé chůzi 6,4 km/h se energetický výdej pohyboval v hodnotách 294–901 kcal. V průměru se tak při rychlé chůzi zvýšil energetický výdej o 153 kcal a také bylo dosaženo doporučovaných 30 minut středně intenzivní aktivity v rámci celého dne (MacPherson et al., 2009).

### **5.2 Denní počty kroků ve srovnání s tabulkovými hodnotami**

Mnoho studií z různých koutů světa se zabývalo sledováním toho, kolik lidí dosáhne stanoveného počtu kroků, který je doporučený pro zdravý životní styl. Ve všech studiích, kterých se účastnily osoby starší 18 let, měli lidé dosáhnout stanoveného počtu 10 000 kroků za den. Co se týče USA nejvíce lidí (v průměru 44 %) dosáhlo 5 000 kroků či méně (Bennett et al., 2006; Tudor-Locke, Ham, et al., 2004; Wyatt et al., 2005). 5 000–9 000 kroků za den, jež dosáhlo pouze kolem 20–30 % lidí (Tudor-Locke, Johnson, et al., 2011; Wyatt et al., 2005). Na doporučený či vyšší počet kroků dosáhlo jen zhruba 14 % dospělých Američanů (Obr. 1)

(Hornbuckle et al., 2005; Tudor-Locke, Ham, et al., 2004; Wyatt et al., 2005). Ve Velké Británii se podobné studie zúčastnilo celkem 44 mužů a 52 žen ve věku 18 až 56 let s normální váhou či nadváhou. Tato studie probíhala po celý rok, v létě i v zimě, přičemž v létě dosáhlo 10 000 kroků více lidí než v zimním období. Pokud jde o lidi s normální váhou, v létě dosáhlo 10 000 kroků 60 % lidí a v zimě pouze 35 % lidí. U lidí s nadváhou nebyl rozdíl mezi létem a zimou tak velký, v létě dosáhlo stanoveného počtu kroků pouze 43 % lidí a v zimě 35 %, stejně jako u lidí s normální váhou (Obr. 1) (Clemes et al., 2011). V Japonsku byla provedena další studie, které se účastnilo 179 lidí ve věku 48–69 let. Ženy dosahovaly nejčastěji 5 000–7 499 kroků, přičemž muži nejčastěji dosáhli pouze 5 000 či méně kroků. Naopak ale 10 000 kroků dosáhlo více mužů (25,8 %) než žen (12 %) (Mitsui et al., 2008). V Belgii se vícero podobných studií účastnilo 1523 dospělých lidí ve věku 25–75 let. Zde dosáhlo 10 000 kroků až kolem 40 % lidí (Obr. 1) (De Cocker et al., 2007, 2008). V Austrálii bylo na toto téma vypracováno několik studií, dvě z nich pracovali s mladými dospělými ve věku 26–36 let. V těchto studiích ušlo pod 5 000 tisíc kroků pouze 8 % mužů a 6,5 % žen. Podíl jedinců, kteří dosáhli stanoveného cíle 10 000 kroků, byl velmi podobný napříč oběma pohlavími (kolem 31–37 %) (Obr. 1) (McKercher et al., 2009; Schmidt et al., 2009). Ve studii, ve které sledovali v Austrálii muže a ženy ve věku 18–75 let, bylo méně mužů (24,4 %), kteří dosáhli 10 000 kroků, než žen (34,2 %) (Miller & Brown, 2004). Souhrnně podle těchto studií jsou nejméně aktivní dospělí lidé v USA, hned poté následuje Japonsko. Jako nejméně aktivní vyšla v této práci Velká Británie, kde i lidé s nadváhou dosahují v rámci dne více kroků než lidé v USA, Japonsku či Austrálii. Druhou nejméně aktivní zemí, co se počtu kroků týče je Belgie.

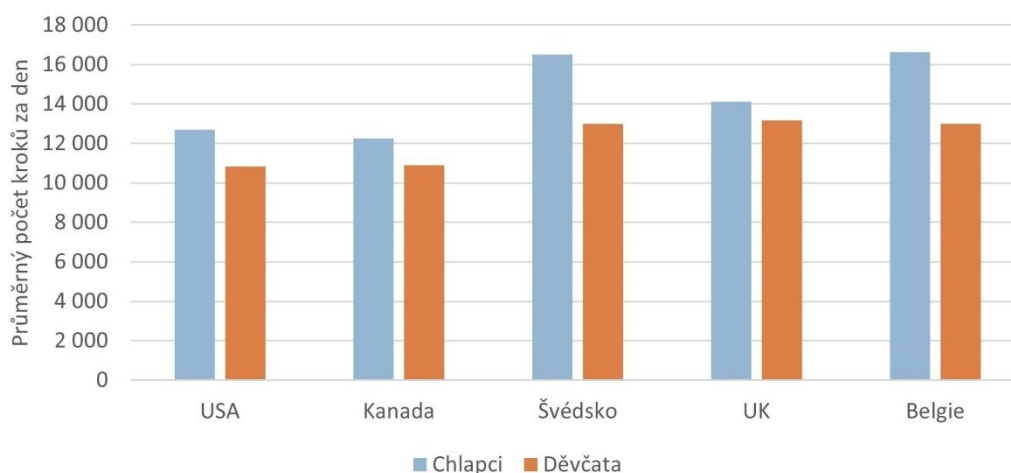


Obrázek 1. Procentuální zastoupení denního počtu kroků dospělých v různých zemích k 10000 kroků za den. (Vytvořeno podle Bennett, Wolin, Puleo, & Emmons, 2006; Tudor-Locke, Ham, et al., 2004; Wyatt, Peters, Reed, Barry, & Hill, 2005; Tudor-Locke, Johnson, & Katzmarzyk, 2011; Wyatt et al., 2005; Hornbuckle, Bassett, & Thompson, 2005; Clemes, Hamilton, & Griffiths, 2011; Mitsui, Shimaoka, Tsuzuku, Kajioka, & Sakakibara, 2008; De Cocker, Cardon, & de Bourdeaudhuij, 2007; De Cocker, De Bourdeaudhuij, & Cardon, 2008; McKercher et al., 2009; Schmidt, Cleland, Shaw, Dwyer, & Venn, 2009; Miller & Brown, 2004)

Obdobné studie byly prováděny i u dětí (5–19 let) v různých částech světa. Ve všech studiích byly pro měření kroků využívány pedometry, kromě jediné studie z USA, kde byl použit akcelerometr a jeho výsledky byly poté upraveny tak, aby odpovídaly výsledkům z pedometrů (Tudor-Locke, Johnson, & Katzmarzyk, 2010). V této studii odpovídaly průměrné počty kroků za den po upravení u chlapců 9 552 a u dívek 7 896. Ve všech věkových kategoriích dosahovali chlapci vyšších počtů kroků za den než dívky. Co se týče jednotlivých věkových kategorií, nejvíce kroků za den udělali děti v 6 letech. Nejméně kroků pak v 15 letech u chlapců (8 610 kroků za den) a 18 letech u dívek (5 710 kroků za den). Výsledky této studie ukazují, že až 40 % chlapců a 21 % dívek žije „sedavým“ způsobem života. „Aktivních“ je pak pouze 6 % chlapců a 13 % dívek (Tudor-Locke et al., 2010). V dalších studiích z USA používali vědci pouze pedometry a sledovali děti ve věku 6-12 let. Zde byl průměrný počet kroků za den u chlapců 12 709 a u dívek 10 834 (Obr. 2) (Eisenmann et al., 2007; Laurson et al., 2008). Znovu zde byli chlapci aktivnější než dívky. Doporučené hodnoty počtu kroků za den, které byly stanoveny týmem Vincent & Pangrazi (2002), jsou 13 000 za den pro chlapce a 11 000 kroků za den pro dívky. Těchto hodnot dosáhlo 41,3 % chlapců a 45 % dívek (Laurson et al., 2008). Naopak podle mezních hodnot kroků, které jsou vytvořené na základě BMI, a které jsou 15 000 kroků za den pro chlapce a 12 000 kroků za den pro dívky (Tudor-Locke, Pangrazi, et al., 2004), dosáhlo vytyčených hodnot pouze 23,2 % chlapců a 31,5 % dívek

(Laurson et al., 2008). V Kanadě pozorovali počty kroků u dětí a dospívajících ve věku 5-19 let, kdy byly průměrné hodnoty počtu kroků za den pro chlapce 12 259 a pro dívky 10 906 kroků za den (Obr. 2). Podobně jako v USA zde nejméně kroků dosáhli dospívající ve věku 18 a 16 let (9 000–10 500 kroků za den). Nejvíce kroků bylo zaznamenáno u chlapců ve věku 9 let (13 500) a u dívek ve věku 7 let (12 000). Stále zde platí, že byli chlapci více aktivní než dívky. Byla zkoumána také závislost počtu kroků na ročním období a na tom, zda se jednalo o všední den či víkend. Ukázalo se, že v období jara a léta udělali děti o 1 000–2 000 kroků více než v období podzimu a zimy. Stejně výsledky získali také při porovnání rozdílu mezi víkendy a všedními dny, kdy byli děti mnohem aktivnější ve všedních dnech (Craig et al., 2010). V Evropě se této problematice věnovali například vědci ve Švédsku (Raustorp et al., 2004), Velké Británii (Duncan et al., 2007) či Belgii (Cardon & De Bourdeaudhuij, 2004). Ve Švédsku se studie účastnili děti ve věku 7–14 let, z nichž byla u 13,2 % chlapců a 14,5 % dívek diagnostikována nadváha a až 4,5 % dětí bylo obézních. Co se týče dívek, ve všech věkových kategoriích byly počty kroků relativně vyrovnané a dosahovaly hodnot 12 200–14 800 kroků za den. U chlapců však vynikali zejména chlapci ve věku 10 let, kteří dosáhli průměrného počtu 18 346 kroků za den. V ostatních věkových kategoriích se pak denní počty kroků pohybovaly u chlapců mezi 15 000–16 000. Mezní hodnoty 13 000 kroků pro chlapce a 11 000 kroků pro dívky (*The President's Challenge: Physical Activity & Fitness Awards Program*, n.d.) zde tedy splnilo 83 % chlapců a 82 % dívek, což je oproti USA a Kanadě velmi velký rozdíl (Raustorp et al., 2004). V Anglii byly studovány školní děti ve věku 8-11 let. Mezní hodnoty počtu kroků za den byly nastaveny pomocí BMI (Tudor-Locke, Pangrazi, et al., 2004), přičemž je splnilo či dokonce překročilo 28,7 % chlapců a 46,7 % dívek. Byl zde sledován také rozdíl mezi všedními dny a víkendy. Děti byly, stejně jako v Kanadě, mnohem aktivnější ve všedních dnech. Zde je ale rozdíl mezi všedními dny a víkendy větší než v Kanadě, a to o přibližně 3 000–4 000 kroků za den (Duncan et al., 2007). V Belgii byly do studie zařazeny děti ve věku 6,5–12,7 let. U chlapců byl průměrný počet kroků za den vyšší než u dívek a to 16 628 kroků za den. U dívek byl průměrný počet kroků za den 13 002 (Obr. 2). Podle Vincent & Pangrazi (2002) dosáhlo mezních hodnot počtu kroků 77,2 % dětí (Cardon & De Bourdeaudhuij, 2004).

Ze všech těchto studií vyplývá, že chlapci jsou ve všech věkových kategoriích aktivnější než dívky (podle počtu kroků) a všechny děti a dospívající jsou mnohem aktivnější ve všední dny a v období jara a léta. Také lze vidět rozdíl mezi Amerikou a Evropou – děti v Evropě jsou aktivnější a za den udělají průměrně o 2 000–4 000 více kroků než děti v Americe.



Obrázek 2. Průměrný denní počet kroků chlapců a děvčat v různých zemích. (Upraveno podle Eisenmann, Laurson, Wickel, Gentile, & Walsh, 2007; Laurson et al., 2008; Craig, Cameron, Griffiths, & Tudor-Locke, 2010; Raustorp, Pangrazi, & Ståhle, 2004; Duncan, Al-Nakeeb, Woodfield, & Lyons, 2007; Cardon & De Bourdeaudhuij, 2004)

### 5.3 Hodnocení intenzity fyzické aktivity

Pro hodnocení úrovně fyzické aktivity se obecně používají názvy sedentary (sedenterní), light (lehká), moderate (střední) a vigorous (vysoká) (Tab. 4). Tyto názvy odpovídají konkrétním hodnotám MET (The metabolic equivalent of task, neboli metabolický ekvivalent úkolu). MET je jednotka vyjadřující energetické náklady na fyzickou aktivitu a je definována jako poměr rychlosti metabolismu během konkrétní fyzické aktivity k referenční rychlosti metabolismu (Verschuren et al., 2015). 1 MET odpovídá energetickému výdeji dospělého člověka při sezení v klidu, což odpovídá příjmu přibližně 3,5 ml kyslíku na kilogram tělesné hmotnosti za minutu (1,2 kcal/min u 70 kg jedince). Hodnoty MET odpovídající konkrétním úrovním jsou uvedeny v Tab. 4.

Tabulka 4. Úrovně fyzické aktivity a jim odpovídající hodnoty MET. (Upraveno podle Verschuren et al., 2015).

Úroveň aktivity	MET odpovídající dané úrovni	Obecný popis odpovídajících aktivit
Sedentary (sedenterní)	≤1,5 MET	Aktivity, které většinou zahrnují sezení nebo ležení s minimálním dalším pohybem
Light (lehká)	1,6–2,9 MET	Aktivita, která nezpůsobuje větší změnu v dechové a srdeční frekvenci (pomalá chůze, vaření jídla)
Moderate (střední)	3,0–5,9 MET	Aktivita, kterou je možné provádět, zatímco vedeme konverzaci bez přerušení (chůze při rychlosti 4,8-7,2 km/h; vysávání; sečení trávníku)
Vigorous (vysoká)	≥6,0 MET	Aktivita, při které se obecně nedá udržovat konverzace bez přerušování (chůze při rychlosti nad 8 km/h, jogging, jízda na kole při rychlosti nad 16 km/h)

#### 5.4 Kadence kroků pro dosažení určité intenzity fyzické aktivity

Americké ministerstvo zdravotnictví a sociálních služeb a WHO doporučuje, aby děti vykonaly každý den alespoň jednu hodinu fyzické aktivity ve střední až vysoké úrovni intenzity. Pro dospělé se doporučuje 150 minut v pracovním týdnu (30 minut denně) střední intenzity fyzické aktivity, což odpovídá hodnotě minimálně 3 MET, 75 minut týdně (15 minut denně) vysoké intenzity (minimálně 6 MET), nebo 150 aktivně spálených kcal za den, což je v souladu se zdravým životním stylem. Tyto hodnoty však mohou být nepřesné pro jedince, kteří trpí určitými chronickými onemocněními. Existuje pouze jedna obsáhlá práce, která se touto problematikou zabírala, a to Physical Activity in the Prevention and Treatment of Disease, ve které jsou doporučené úrovně a délky fyzické aktivity pro každé z více než 30 chronických onemocnění (Professional Associations for Physical Activity (Sweden), 2010), každé onemocnění totiž ovlivňuje jiným způsobem schopnost fyzického pohybu.

Pedometry samy o sobě nedokáží měřit úroveň intenzity fyzické aktivity, avšak dokážou měřit kadenci kroků. Pomocí přístrojů měřících srdeční tep, běžeckého pásu a pedometru bylo pozorováno a vypočteno, že střední intenzitě chůze (minimálně 3 METs) odpovídá kadence 102,2 kroků za minutu (Tudor-Locke et al. 2019). V další studii, ve které bylo pro získání výsledků použito tři různých analytických metod, se uvádí rozmezí 100–110 kroků za minutu pro dosažení fyzické intenzity minimálně 3 MET při chůzi (Marshall et al., 2009). Tudíž pro dosažení minimální doporučené doby ve střední fyzické úrovni intenzity se zdá být vhodné, aby dospělý člověk ušel například 3 000 kroků za 30 minut v pěti za sebou jdoucích dnech

během jednoho týdne. Tyto výsledky podporují i další studie, ale poukazují na důležitost zohlednění výšky jedince pro přesnější určení kadence nutné k dosažení střední úrovně intenzity chůze. Přímým měřením vydané energie pomocí nepřímé kalorimetrie a po podrobení výsledků vícenásobné regresní analýze byla vypočtena odpovídající kadence kroků pro střední úroveň intenzity fyzické aktivity. Ta se pohybuje mezi 90 až 113 kroky za minutu ( $p < 0,005$ ) pro dospělé s výškou mezi 152–198 cm (vyšší jedinci dosahují střední intenzity při nižší kadenci) (Rowe et al., 2011). Pro dosažení vysoké úrovně fyzické aktivity (minimálně 6 MET) musí zdravý dospělý člověk zvýšit kadenci kroků na 129,1 kroků za minutu (Tudor-Locke et al., 2019), jindy se uvádí až 134,3 kroků za minutu ( $p < 0,0001$ ) (O'Brien et al., 2018) (Tab. 5). Se zvyšujícím se věkem pak tyto hodnoty klesají (McAvoy et al., 2021). Studie na lidech s nadváhou dále ukazují, že tráví výrazně méně času při kadenci 100+ kroků za minutu za den než lidé s normální váhou (Ayabe et al., 2011).

Pro děti se střední fyzická intenzita uvádí jako hodnota 4 MET (rozdíl oproti dospělým, kde je střední intenzita rovna hodnotě 3 MET) a vysoká pak stejně jako u dospělých 6 MET. Pomocí nepřímé kalorimetrie (intenzita fyzické aktivity se měřila přímo) a běžeckých pásů byly vypočteny průměrné kadence kroků za minutu potřebné k dosažení střední a vysoké fyzické aktivity u dětí (skupina skládající se z jedinců klasifikujících se od podvyživených až po obézní) ve věku od 6–17 let. Tyto hodnoty po regresní analýze vyšly postupně pro děti v letech 6–8, 9–11, 12–14, 15–17 takto: 128,4; 116,5; 106,6 a 101,3 kroků za minutu k dosažení střední fyzické aktivity (4 MET) a 157,7; 142,7; 129,3 a 126,3 kroků za minutu k dosažení vysoké fyzické aktivity (6 MET) (Tab. 5) (Tudor-Locke et al., 2018). Prvotní analýzy také ukázaly silnou korelaci mezi kadencí a věkem ( $p < 0,005$ ). Autoři taktéž našli poměrně významný rozdíl v kadenci kroků u různě vysokých (převážně pak záleží na délce dolních končetin) dětí (Tudor-Locke et al., 2018). Studie, ve které se intenzita fyzické aktivity u dětí ve věku 11–15 let měřila nepřímo, například pomocí srdečních monitorů, byla pro dosažení střední intenzity fyzické aktivity (3 MET) při pomalé chůzi zjištěna jako optimální kadence 118,4 (12,7 SD) kroků za minutu, pro dosažení hodnoty 5 MET při rychlé chůzi 125,6 (SD=14,1) kroků za minutu a k dosažení 8 MET při běhu 165,6 (SD=12,9) kroků za minutu (Jago et al., 2006). Výsledky dalších studií jsou pak shrnuty v Tab. 5. Pro předškolní děti se nepodařila dohledat žádná studie zabývající se vztahem mezi intenzitou fyzické aktivity a kadencí kroků za minutu. Je taktéž těžké sjednotit všechny studie zabývající se dětmi, neboť se často liší ve vyjádření energetického výdeje. Zatímco u dospělých se všechny studie shodují, že 1 MET se rovná spotřebě přibližně  $3,5 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ , u dětí se tato hodnota často různě upravuje, například podle jejich věku, nebo podle tělesné hmotnosti (Morgan et al., 2015; Schofield, 1985).

Jiné práce zas používají pro děti klasických  $3,5 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$  (Saunders et al., 2014). Taktéž různé studie používají jiné způsoby a přístroje k měření kroků a intenzity aktivity. Proto se mohou výsledky lišit.

Tabulka 5. Intenzita fyzické aktivity vyjádřena pomocí MET (metabolic equivalent of task) a odpovídající kadence kroků za minutu.  $\text{MET}_y$  = hodnota MET upravena podle tělesné hmotnosti jedince;  $\text{MET}_A$  = hodnota MET upravena podle věku jedince. (Upraveno podle Tudor-Locke et al., 2018; Graser, Vincent, & Pangrazi, 2009; Jago et al., 2006; Morgan, Tsuchida, Beets, Hetzl & Stickley, 2015; Saunders et al., 2014; Eston, Rowlands, & Ingledew, 1998; Tudor-Locke et al., 2005; Tudor-Locke et al., 2019; O'brien et al., 2018; Rowe et al., 2011)

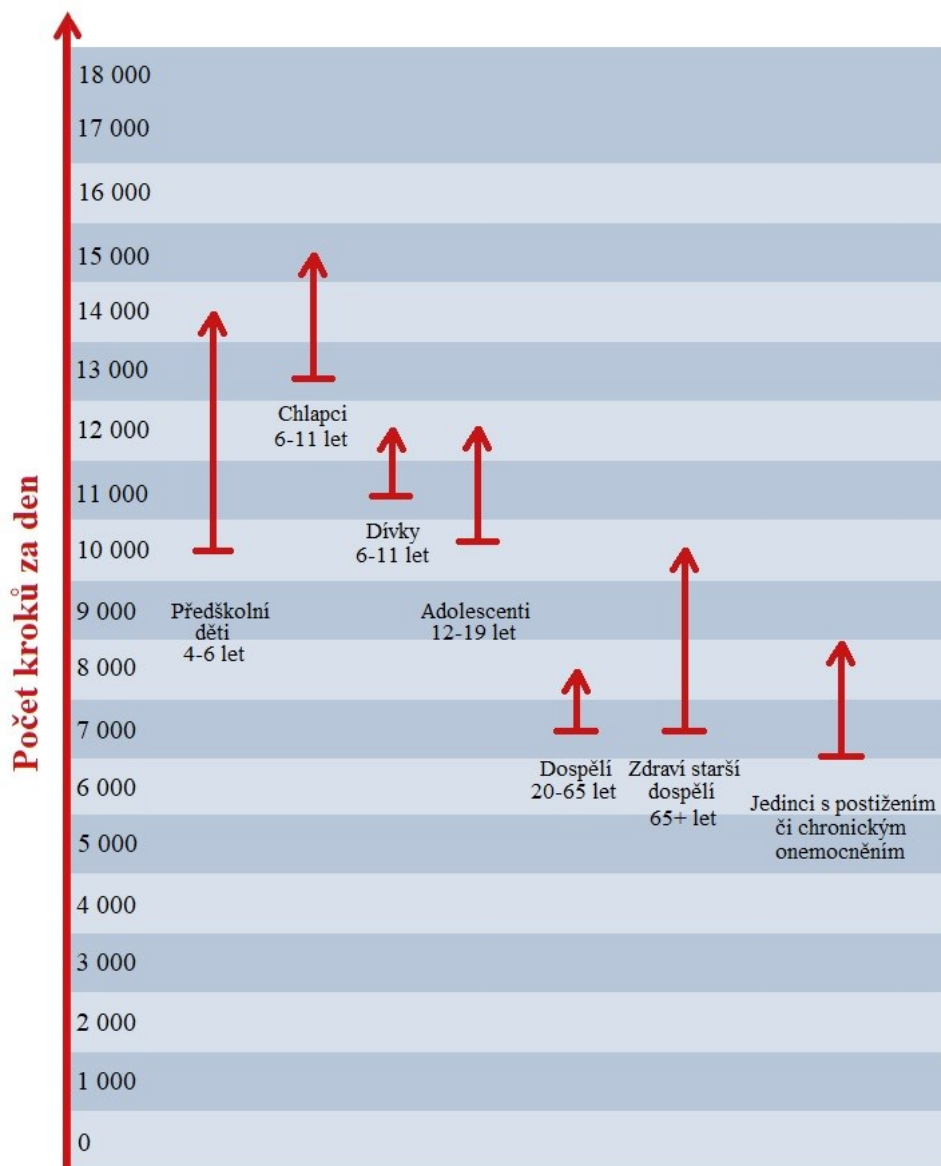
Zdroj	Intenzita aktivity	Počet kroků/min				
		děti 6-8 let	děti 9-11 let	děti 12-14 let	děti 15-17 let	dospělí
Tudor-Locke et al., 2018	Střední intenzita (4 $\text{MET}_y$ )	128,4	116,5	106,6	101,3	x
	Vysoká intenzita (6 $\text{MET}_y$ )	157,7	142,7	129,3	126,3	x
Jago et al., 2006	Střední intenzita (3 MET)	x	x	118,4		x
	5 MET	x	x	125,6		x
	8 MET	x	x	165,6		x
Morgan et al., 2015	2,2 $\text{MET}_A$	x	90		x	x
	2,9 $\text{MET}_A$	x	112		x	x
	3,4 $\text{MET}_A$	x	121		x	x
	4 $\text{MET}_A$	x	131		x	x
Saunders et al., 2014	Nízká intenzita (<2,99 MET)	x	83,2			x
	Střední intenzita (3–5,99 MET)	x	86–126,8			x
	Vysoká intenzita (>6 MET)		>126,8			
Eston et al., 1998	3 MET	x	150,2	x	x	x
	4 MET	x	165,9	x	x	x
	5,5 MET	x	193	x	x	x
	6 MET	x	201	x	x	x
Tudor-Locke et al., 2005	Nízká intenzita (<2,99 MET)	x	x	x	x	<101,5
	Střední intenzita (3–5,99 MET)	x	x	x	x	101,5–129,5
	Vysoká intenzita (6–8,99 MET)	x	x	x	x	130,5–157,5
	Velmi vysoká intenzita (>9 MET)	x	x	x	x	>157,5
Marshall et al., 2009	Střední intenzita (3 MET)	x	x	x	x	100–110
Tudor-Locke et al., 2019	Střední intenzita (3 MET)	x	x	x	x	102,2
	Vysoká intenzita (6 MET)	x	x	x	x	129,1
Rowe et al., 2011	Střední intenzita (3 MET)	x	x	x	x	90–113
	5 MET	x	x	x	x	128–151
O'brien et al., 2018	Střední intenzita (3 MET)	x	x	x	x	106,8
	Vysoká intenzita (6 MET)	x	x	x	x	134,3

## 5.5 Počet kroků, při kterých se dosahuje 30minut střední až vysoké fyzické aktivity za den (60 minut pro děti)

Existují studie sledující korelaci mezi denním počtem kroků a alespoň 30minutovou doporučenou aktivitou (60 minut pro děti) při střední až vysoké úrovni fyzické aktivity (Obr. 3). Tyto studie se snaží přeložit doporučenou denní aktivitu na údaj o počtu kroků, aby byla tato hodnota lépe pochopitelná a dosažitelná pro širší veřejnost.

Ve studii na předškolních dětech z mateřských škol (4–6 let) v Belgii byla, pomocí pedometru a akcelerometru nošených zároveň, zjištěna silná korelace mezi počtem kroků a 60minutami střední až vysoké fyzické aktivity za den. Děti, které dosahovaly této hodnoty vykonaly za den v průměru 13 874 kroků a kroky zde byly v silné korelaci s minutami strávenými ve střední až vysoké fyzické aktivitě ( $r=0,73$ ,  $p<0,001$ ) (Cardon & De Bourdeaudhuij, 2007). Velice podobná studie na dětech (4–7 let) z Tokia v Japonsku dokládá, že v průměru 9934 kroků za den odpovídá doporučovaným denním hodnotám a byl zde zjištěn ještě silnější korelační koeficient mezi kroky a minutami strávenými ve střední až vysoké fyzické aktivitě ( $r=0,833$ ;  $p<0,001$ ) (Tanaka & Tanaka, 2009).

Podle studie z Austrálie na 185 pracujících lidech (18-75 let) bylo zjištěno, že ti kteří dosahují alespoň 30minutové fyzické aktivity, vykonají 9 547 (SD= $\pm 2 655$  kroků) kroků za den (Miller & Brown, 2004). Tato studie však není zcela relevantní, neboť k měření úrovně fyzické aktivity byly použity pouze odpovědi participantů ve formě dotazníků. Američtí výzkumníci analyzovali data z rozsáhlé studie (zahrnující 1 781 mužů a 1 742 žen ve věku 20–85+ let) amerického národního centra pro zdravotní statistiky z roku 2005–2006. Ve studii byly použity akcelerometry, které zároveň dokáží měřit kroky, ale tato data musela být upravena, aby odpovídala odlišné citlivosti pedometrů používaných vědci k sumaci kroků. Výsledné hodnoty se potom rovnaly 7 900 kroků pro muže a 8 300 kroků pro ženy k dosažení právě 30 minut střední až vysoké úrovně fyzické aktivity za den (Tudor-locke et al., 2011). Velmi podobné výsledky byly zdokumentované i v Číně, kde uvedli 8000 kroků za den, jako hodnotu, při níž je dosaženo doporučovaných 30 minut střední úrovně fyzické aktivity (Macfarlane et al., 2008).



Obrázek 3. Počet kroků, při kterých se dosahuje 30minut střední až vysoké fyzické aktivity za den (60 minut pro děti). Základny šipek označují minimální počet kroků a jejich hrot značí, že více kroků je vždy lépe. (Upraveno podle Tudor-Locke, Craig, et al., 2011)

## 6 Možnosti měření intenzity fyzické aktivity na základě údajů o tepové frekvenci

Intenzita fyzické aktivity se dá měřit mnoha způsoby pomocí srdečních monitorů. Samotné použití tepů za minutu však není zcela ideální, neboť tato hodnota může být silně ovlivněna samotnou fyzickou fitness, věkem a pohlavím jedinců, a proto se musí speciálně upravovat výsledky pro každého jedince zvlášť. Zdá se však poměrně vhodné využít % HRR (% Heart rate reserve, neboli procento tepové rezervy). HRR je rozdíl mezi klidovou a maximální tepovou frekvencí jedince. Pro zjištění maximální tepové frekvence se dlouho používala rovnice  $220 - \text{věk jedince}$ . Tato rovnice byla mnohými upravována. H. Tanaka (2001) uvádí, že rovnice  $208 - 0.7 \times \text{věk}$  lépe vystihuje maximální tepovou frekvenci pro starší obyvatelstvo (>60 let).

Bylo sledována a zjištěna velmi silná korelace v předpovědi energetického výdeje ve formě MET a % HRR. Tato hodnota vychází přibližně kolem 18–22 % HRR pro dosažení 3 MET (minimální hodnota pro zhodnocení fyzické aktivity jako střední), těchto hodnot bylo dosaženo například při chůzi o rychlosti 55 m/min (Tab. 5), nebo při vysávání (Caballero et al., 2019). % HRR tedy může vcelku dobře zhodnotit intenzitu aktivit, jak při různých cvičeních, tak i při domácích pracích u dospělého obyvatelstva.

Pro měření intenzity fyzické aktivity u adolescentních dětí s využitím MET se taktéž dá využít pouze maximální tepová frekvence ( $HR_{\max}$ ) jedince. Podle procenta maximální tepové frekvence pak byly navrženy následující hodnoty, lehké fyzické aktivitě by odpovídalo <60 %  $HR_{\max}$  (<5 MET), střední fyzické aktivitě 60–70 %  $HR_{\max}$  (5–7,99 MET), vysoké fyzické aktivitě 71–80 %  $HR_{\max}$  (8–11 MET) a velmi vysoké aktivitě >80 %  $HR_{\max}$  (>11 MET) (Ekelund et al., 2001). Avšak více studií je potřeba pro větší validitu tohoto způsobu hodnocení fyzické aktivity.

Tabulka 6. Fyzická intenzita vyjádřena v MET (metabolic equivalent of task) a odpovídající procento HRR (Heart rate reserve). (Upraveno podle Caballero et al., 2019)

Klasifikace	Aktivita	MET	% HHR
Cvičení	kalistenika	3,1	21,6
	chůze (55 m/min)	3,3	21,8
	chůze (70 m/min)	3,7	26,0
	chůze (100 m/min)	5,1	36,5
	jogging (130 m/min)	9,5	73,4
Domácí práce a denní aktivity	práce s mobilním telefonem	1,1	1,1
	práce na PC	1,1	2,3
	uspořádávání dokumentů v sedě	1,5	6,5
	protahování	2,1	8,0
	uspořádávání dokumentů ve stoje	2,1	10,2
	umývání nádobí	2,1	11,7
	věšení prádla	2,4	14,5
	opakované sezení a stání	2,5	12,9
	utírání stolů	2,6	15,0
	scházení schodů	2,7	17,8
	luxování	2,9	17,7
	(5 kg pytlík rýže)	3,7	25,4
	(5 kg; 55 m/min)	4,0	29,7
	(3 kg; 70 m/min)	4,2	30,1
	vycházení schodů	7,4	54,0

## 7 Závěr

Fyzická aktivita je velice prospěšná, a to jak pro zdravý fyzický a mentální stav, tak i pro správný rozvoj kognitivních funkcí u dětí. V současnosti je dostupná celá řada nejrůznějších přístrojů pro monitorování fyzické aktivity, které kromě jiných veličin zaznamenávají i vykonané kroky, a to jak jejich počet, tak i jejich kadenci. Tato práce se snaží zhodnotit, zda-li je možné využít údaj o počtu a kadenci kroků (ať už celkového množství za minutu, nebo celý den) jako kritérium pro určení konkrétní kategorie intenzity fyzické aktivity. Mezinárodně uznávané standardy doporučují, že by měl dospělý člověk strávit alespoň 30 minut (60 minut pro děti) denně ve střední intenzitě fyzické aktivity, nebo 15 minut (30 minut pro děti) ve vysoké intenzitě fyzické aktivity. Pro dosažení střední intenzity (odpovídající hodnotě 3 MET) se zdá být optimální kadence 90-110 kroků za minutu pro dospělého člověka a kolem 120 (pokud by se pro ně použila hodnota 4 MET jako ukazatel střední intenzity) kroků za minutu pro děti. Na kadenci má však značný vliv výška, pohlaví a také věk jednotlivce. Na základě citovaných studií byla navržena tabulka, která dává do souvislosti intenzitu fyzické aktivity a doporučenou kadenci (Tab. 7). V budoucnu by bylo vhodné sjednotit metodiku pro hodnocení energetického výdeje u dětí, neboť se poměrně značně liší napříč různými studiemi. Je nutno dodat, že většina studií zahrnutých v této práci byla prováděna v laboratorních podmínkách, a tudíž se hodnoty mohou v reálném prostředí poměrně lišit. Intenzita fyzické aktivity celkem dobře koreluje také s rezervou srdeční frekvence, avšak touto problematikou by bylo zapotřebí se zabývat hlouběji. V neposlední řadě je také dbát na rozdíly v celkové denní fyzické aktivitě mezi různými populacemi a národnostmi. Nedostačující denní fyzická aktivita je patrná především u Američanů. Ta může mít pak za následek zvýšenou incidenci mnoha multifaktoriálně podmíněných onemocnění.

Tabulka 7. Návrh doporučené kadence pro dosažení konkrétních kategorií intenzity fyzické aktivity.

Dospělí		Děti (6–17 let)	
Intenzita fyzické aktivity	Kadence (kroky/min)	Intenzita fyzické aktivity	Kadence (kroky/min)
Nízká intenzita <3 MET	<100	Nízká intenzita <4 MET	<120
Střední 3,0 MET	100	Střední 4,0 MET	120
Vysoká $\geq 6,0$ MET	130+	Vysoká $\geq 6,0$ MET	140+

Do budoucna by bylo zapotřebí provést více studií zabývajících se klasifikací intenzity fyzické aktivity u předškolních dětí, neboť u nich nebyla nalezena žádná práce zabývající se kadencí kroků v návaznosti na intenzitu fyzické aktivity, a přitom jsou první roky života

možná nejdůležitější pro zdravý a kvalitní život. Taktéž by bylo vhodné vytvořit mezinárodní standardy denní doporučené fyzické aktivity pro lidi s určitými chronickými onemocněními, neboť ti kvůli své nemoci často jen stěží dosahují na současná doporučení. Dalo by se zde inspirovat například standardy používanými ve Švédsku, uvedenými v knize *Physical activity in the prevention and treatment of disease* (Professional Associations for Physical Activity (Sweden), 2010). Pro každé chronické onemocnění je totiž důležité stanovit vlastní cvičební a pohybový plán, neboť každá nemoc jinak ovlivňuje pohybové schopnosti nemocných.

## 8 Seznam zkratek

% HRR	<i>% Heart Rate Reserve</i>	Procento tepové rezervy
BMI	<i>Body Mass Index</i>	Index tělesné hmotnosti
CAV	-	Celostátní antropologický výzkum
EE	<i>Energy Efficiency</i>	Energetický výdej
GPS	<i>Global Positioning System</i>	Globální polohový systém
HR <sub>max</sub>	<i>Maximum Heart Rate</i>	Maximální tepová frekvence
HRR	<i>Heart Rate Reserve</i>	Tepová rezerva
kcal	<i>Kilocalorie</i>	Kilokalorie
MET	<i>The Metabolic Equivalent of Task</i>	Metabolický ekvivalent úkolu
ml×kg <sup>-1</sup> ×min <sup>-1</sup>	<i>Unit of relative VO<sub>2</sub></i>	Jednotka relativního VO <sub>2</sub>
p	<i>p-value</i>	p-hodnota
r	<i>Correlation coefficient</i>	Korelační koeficient
SD	<i>Standard deviation</i>	Směrodatná odchylka
UV	<i>Ultraviolet</i>	Ultrafialové záření
WHO	<i>World Health Organization</i>	Světová zdravotnická organizace

## 9 Literatura

- Alarie, N., & Kent, L. (2015). Physical Activity Assessment and Impact. In *Ronald Ross Watson, Diet and Exercise in Cystic Fibrosis* (pp. 299–305). Elsevier Inc.
- Almeida, M., Bottino, A., Ramos, P., & Araujo, C. G. (2019). Measuring Heart Rate During Exercise: From Artery Palpation to Monitors and Apps. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 32(4), 396–407.
- Ayabe, M., Aoki, J., Kumahara, H., Yoshimura, E., Matono, S., Tobina, T., Kiyonaga, A., Anzai, K., & Tanaka, H. (2011). Minute-by-minute stepping rate of daily physical activity in normal and overweight/obese adults. *Obesity Research and Clinical Practice*, 5(2), e151–e156.
- Bai, Y., Hibbing, P., Mantis, C., & Welk, G. J. (2018). Comparative evaluation of heart rate-based monitors: Apple Watch vs Fitbit Charge HR. *Journal of Sports Sciences*, 36(15), 1734–1741.
- Barbosa, A., Whiting, S., Simmonds, P., Moreno, R. S., Mendes, R., & Breda, J. (2020). Physical activity and academic achievement: An umbrella review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1–29.
- Bassett, D. R., & John, D. (2010). Use of pedometers and accelerometers in clinical populations: validity and reliability issues. *Physical Therapy Reviews*, 15(3), 135–142.
- Bennett, G. G., Wolin, K. Y., Puleo, E., & Emmons, K. M. (2006). Pedometer-determined physical activity among multiethnic low-income housing residents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 768–773.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5. *Developmental Review*, 29(3), 180–200.
- Caballero, Y., Ando, T. J., Nakae, S., Usui, C., Aoyama, T., Nakanishi, M., Nagayoshi, S., Fujiwara, Y., & Tanaka, S. (2019). Simple prediction of metabolic equivalents of daily activities using heart rate monitor without calibration of individuals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1).
- Cardon, G. M., & De Bourdeaudhuij, I. M. (2004). A pilot study comparing pedometer counts with reported physical activity in elementary schoolchildren. *Pediatric Exercise Science*, 16(4), 355–367.
- Cardon, G. M., & De Bourdeaudhuij, I. M. (2007). Comparison of pedometer and accelerometer measures of physical activity in preschool children. *Pediatric Exercise Science*, 19(2), 205–214.
- Celostátní antropologické výzkumy (CAV), SZÚ.* (2001).  
<http://www.szu.cz/publikace/data/celostatni-antropologicke-vyzkumy-cav>
- Chen, S., Scott, C., Pearce, J. V., Farrar, J. S., Evans, R. K., & Celi, F. S. (2020). An appraisal of whole-room indirect calorimeters and a metabolic cart for measuring resting and active metabolic rates. *Scientific Reports*, 10(14343).

- Clemes, S. A., Hamilton, S. L., & Griffiths, P. L. (2011). Summer to winter variability in the step counts of normal weight and overweight adults living in the UK. *Journal of Physical Activity and Health, 8*(1), 36–44.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., Webb, A., Jerome, G. J., Marquez, D. X., & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101*(9), 3316–3321.
- Craig, C. L., Cameron, C., Griffiths, J. M., & Tudor-Locke, C. (2010). Descriptive epidemiology of youth pedometer-determined physical activity: Canplay. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 42*(9), 1639–1643.
- Crouter, S. E., Schneider, P. L., Karabulut, M., & Bassett, D. R. (2003). Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 35*(8), 1455–1460.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., & Naglieri, J. A. (2011). Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized, Controlled Trial. *Health Psychology, 30*(1), 91–98.
- De Cocker, K. A., Cardon, G. M., & de Bourdeaudhuij, I. M. (2007). Pedometer-determined physical activity and its comparison with the international physical activity questionnaire in a sample of belgian adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 78*(5), 429–437.
- De Cocker, K. A., De Bourdeaudhuij, I. M., & Cardon, G. M. (2008). What do pedometer counts represent? A comparison between pedometer data and data from four different questionnaires. *Public Health Nutrition, 12*(1), 74–81.
- Dishman, R. K., Berthoud, H. R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., Gandevia, S. C., Gomez-Pinilla, F., Greenwood, B. N., Hillman, C. H., Kramer, A. F., Levin, B. E., Moran, T. H., Russo-Neustadt, A. A., Salamone, J. D., Van Hoomissen, J. D., Wade, C. E., York, D. A., & Zigmond, M. J. (2006). Neurobiology of exercise. *Obesity, 14*(3), 345–356.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S. M., Tomporowski, P. D., Lambourne, K., & Szabo-reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 48*(6), 1197–1222.
- Duncan, M. J., Al-Nakeeb, Y., Woodfield, L., & Lyons, M. (2007). Pedometer determined physical activity levels in primary school children from central England. *Preventive Medicine, 44*(5), 416–420.
- Eisenmann, J. C., Laurson, K. R., Wickel, E. E., Gentile, D., & Walsh, D. A. (2007). Utility of pedometer step recommendations for predicting overweight in children. *International Journal of Obesity, 31*(7), 1179–1182.
- Ekelund, U., Poortvliet, E., Yngve, A., Hurtig-Wennlöv, A., Nilsson, A., & Sjöström, M. (2001). Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in human adolescents. *European Journal of Applied Physiology, 85*(3–4), 244–249.

- Erickson, K. I., Hillman, C. H., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bonny, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., & Petruzzello, S. J. (2019). Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *51*(6), 1242–1251.
- Eston, R. G., Rowlands, A. V., & Ingledew, D. K. (1998). Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *Journal of Applied Physiology*, *84*(1), 362–371.
- Gaynor, M., Sawyer, A., Jenkins, S., & Wood, J. (2019). Variable agreement between wearable heart rate monitors during exercise in cystic fibrosis. *ERJ Open Research*, *5*(4), 00006–02019.
- Godfrey, A., Conway, R., Meagher, D., & ÓLaighin, G. (2008). Direct measurement of human movement by accelerometry. *Medical Engineering and Physics*, *30*(10), 1364–1386.
- Graser, S. V., Vincent, W., & Pangrazi, R. P. (2009). Step It Up: Activity Intensity Using Pedometers. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, *80*(1), 22–24.
- Hatano, Y. (1993). Use of the pedometer for promoting daily walking exercise. *Journal of the International Committee on Health, Physical Education and Recreation*, *29*, 4–8.
- Hornbuckle, L. M., Bassett, D. R., & Thompson, D. L. (2005). Pedometer-determined walking and body composition variables in African-American women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*(6), 1069–1074.
- Howie, E. K., & Pate, R. R. (2012). Physical activity and academic achievement in children: A historical perspective. *Journal of Sport and Health Science*, *1*(3), 160–169.
- Jago, R., Watson, K., Baranowski, T., Zakeri, I., Yoo, S., Baranowski, J., & Conry, K. (2006). Pedometer reliability, validity and daily activity targets among 10- to 15-year-old boys. *Journal of Sports Sciences*, *24*(3), 241–251.
- Jung, S., Ji, T., & Varadan, V. K. (2006). Point-of-care temperature and respiration monitoring sensors for smart fabric applications. *Smart Materials and Structures*, *15*(6), 1872–1876.
- Kemper, H. C. G., & Verschuur, R. (1977). Validity and reliability of pedometers in habitual activity research. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *37*(1), 71–82.
- Konishi, S., Nakajima, K., Uchida, I., Kameyama, M., Nakahara, K., Sekihara, K., & Miyashita, Y. (1998). Transient activation of inferior prefrontal cortex during cognitive set shifting. *Nature Neuroscience*, *1*(1), 80–84.
- Laurson, K. R., Eisenmann, J. C., Welk, G. J., Wickel, E. E., Gentile, D. A., & Walsh, D. A. (2008). Evaluation of youth pedometer-determined physical activity guidelines using receiver operator characteristic curves. *Preventive Medicine*, *46*(5), 419–424.
- Li, X., Dunn, J., Salins, D., Zhou, G., Zhou, W., Schüssler-Fiorenza Rose, S. M., Perelman, D., Colbert, E., Runge, R., Rego, S., Sonecha, R., Datta, S., McLaughlin, T., & Snyder, M. P. (2017). Digital Health: Tracking Physiomes and Activity Using Wearable Biosensors Reveals Useful Health-Related Information. *PLoS Biology*, *15*(1), 1–30.

- Macfarlane, D. J., Chan, D., Chan, K. L., Ho, E. Y. K., & Lee, C. C. Y. (2008). Using three objective criteria to examine pedometer guidelines for free-living individuals. *European Journal of Applied Physiology*, *104*(3), 435–444.
- MacPherson, C., Purcell, C., & Bulley, C. (2009). Energy expended when walking 10,000 steps at different speeds. *Advances in Physiotherapy*, *11*(4), 179–185.
- Mannini, A., Intille, S. S., Rosenberger, M., Sabatini, A. M., & Haskell, W. (2013). Activity recognition using a single accelerometer placed at the wrist or ankle. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *45*(11), 2193–2203.
- Marshall, S. J., Levy, S. S., Tudor-Locke, C., Kolkhorst, F. W., Wooten, K. M., Ji, M., Macera, C. A., & Ainsworth, B. E. (2009). Translating Physical Activity Recommendations into a Pedometer-Based Step Goal. 3000 Steps in 30 Minutes. *American Journal of Preventive Medicine*, *36*(5), 410–415.
- Martin-Rodriguez, E., Guillen-Grima, F., Martí, A., & Brugos-Larumbe, A. (2015). Comorbidity associated with obesity in a large population: The APNA study. In *Obesity Research and Clinical Practice* (Vol. 9, Issue 5, pp. 435–447). Elsevier Ltd.
- Matiegka, J. (1927). Somatologie školní mládeže. Vývin a vzrůst dítěte a dospívající mládeže školní po stránce tělesné. *Česká Akademie Věd a Umění*.
- McAvoy, C. R., Moore, C. C., Aguiar, E. J., Ducharme, S. W., Schuna, J. M., Barreira, T. V., Chase, C. J., Gould, Z. R., Amalbert-Birriel, M. A., Chipkin, S. R., Staudenmayer, J., Tudor-Locke, C., & Mora-Gonzalez, J. (2021). Cadence (steps/min) and relative intensity in 21 to 60-year-olds: the CADENCE-adults study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *18*(27), 1–15.
- McKercher, C. M., Schmidt, M. D., Sanderson, K. A., Patton, G. C., Dwyer, T., & Venn, A. J. (2009). Physical Activity and Depression in Young Adults. *American Journal of Preventive Medicine*, *36*(2), 161–164.
- Měřinská, S. (2018). Zdraví a životní styl Čechů. *Statistika & My*, *8*(6), 26–28.
- Miller, R., & Brown, W. J. (2004). Meeting physical activity guidelines and average daily steps in a working population. *Journal of Physical Activity and Health*, *1*(3), 218–226.
- Mitsui, T., Shimaoka, K., Tsuzuku, S., Kajioka, T., & Sakakibara, H. (2008). Pedometer-determined physical activity and indicators of health in Japanese adults. *Journal of Physiological Anthropology*, *27*(4), 179–184.
- Morgan, C. F., Tsuchida, A. R., Beets, M. W., Hetzler, R. K., & Stickley, C. D. (2015). Step-rate recommendations for moderate-intensity walking in overweight/obese and healthy weight children. *Journal of Physical Activity and Health*, *12*(3), 370–375.
- O'Brien, M. W., Kivell, M. J., Wojcik, W. R., D'entremont, G., Kimmerly, D. S., & Fowles, J. R. (2018). Step rate thresholds associated with moderate and vigorous physical activity in adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(11).
- Paradiso, R., Loriga, G., & Taccini, N. (2005). A wearable health care system based on knitted integrated sensors. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, *9*(3), 337–344.

- Pasadyan, S. R., Soudan, M., Gillinov, M., Houghtaling, P., Phelan, D., Gillinov, N., Bittel, B., & Desai, M. Y. (2019). Accuracy of commercially available heart rate monitors in athletes: a prospective study. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, 9(4), 379–385.
- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., Sloan, R., Gage, F. H., Brown, T. R., & Small, S. A. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(13), 5638–5643.
- Professional Associations for Physical Activity (Sweden). (2010). *Physical Activity in the Prevention and Treatment of Disease*.
- Raustorp, A., Pangrazi, R. P., & Ståhle, A. (2004). Physical activity level and body mass index among schoolchildren in south-eastern Sweden. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 93(3), 400–404.
- Rowe, D. A., Welk, G. J., Heil, D. P., Mahar, M. T., Kemble, C. D., Calabrá, M. A., & Camenisch, K. (2011). Stride rate recommendations for moderate-intensity walking. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(2), 312–318.
- Saunders, T. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., McFarlane, A., Mbonu, A., Ferraro, Z. M., & Tremblay, M. S. (2014). Validity of SC-StepRx pedometer-derived moderate and vigorous physical activity during treadmill walking and running in a heterogeneous sample of children and youth. *BMC Public Health*, 14(1), 519.
- Schmidt, M. D., Cleland, V. J., Shaw, K., Dwyer, T., & Venn, A. J. (2009). Cardiometabolic Risk in Younger and Older Adults Across an Index of Ambulatory Activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 37(4), 278–284.
- Schneider, P. L., Crouter, S. E., Lukajic, O., & Bassett, D. R. (2003). Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over a 400-m walk. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(10), 1779–1784.
- Schofield, W. N. (1985). Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human Nutrition. Clinical Nutrition*, 39.
- Sibinski, M., Jakubowska, M., & Sloma, M. (2010). Flexible temperature sensors on fibers. *Sensors*, 10(9), 7934–7946.
- Singh, J., & Sittig, D. F. (2017). Accuracy of heart rate monitoring by some wrist-worn activity trackers. *Annals of Internal Medicine*, 167(8), 607.
- Stables, J. (2017). *Heart rate monitors: Chest straps v wrist*. Wareable.  
<https://www.wareable.com/sport/heart-rate-monitors-chest-straps-v-wrist>
- Tanaka, C., & Tanaka, S. (2009). Daily Physical activity in Japanese preschool children evaluated by triaxial accelerometry: The relationship between period of engagement in moderate-to-vigorous physical activity and daily step counts. *Journal of Physiological Anthropology*, 28(6), 283–288.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153–156.

- The President's Challenge: Physical Activity & Fitness Awards Program.* (n.d.).  
<http://www.presidentschallenge.org>
- Thompson, W. R. (2018). Worldwide survey of fitness trends for 2019. *ACSM's Health and Fitness Journal*, 22(6), 10–17.
- Tudor-Locke, C. (2002). Taking steps toward increased physical activity: Using pedometers to measure and motivate. *President's Council on Physical Fitness & Sports Research Digest*, 3(17), 3–10.
- Tudor-Locke, C., Aguiar, E. J., Han, H., Ducharme, S. W., Schuna, J. M., Barreira, T. V., Moore, C. C., Busa, M. A., Lim, J., Sirard, J. R., Chipkin, S. R., & Staudenmayer, J. (2019). Walking cadence (steps/min) and intensity in 21-40 year olds: CADENCE-adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16(1).
- Tudor-Locke, C., & Bassett, D. R. (2004). How Many Steps/Day Are Enough? *Sports Medicine*, 34(1), 1–8.
- Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Brown, W. J., Clemes, S. A., De Cocker, K. A., Giles-Corti, B., Hatano, Y., Inoue, S., Matsudo, S. M., Mutrie, N., Oppert, J.-M., Rowe, D. A., Schmidt, M. D., Schofield, G. M., Spence, J. C., Teixeira, P. J., Tully, M. A., & Blair, S. N. (2011). How Many Steps/day are Enough? For Adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8(79), 1–17.
- Tudor-Locke, C., Ham, S. A., Macera, C. A., Ainsworth, B. E., Kirtland, K. A., Reis, J. P., & Kimsey, C. D. (2004). Descriptive epidemiology of pedometer-determined physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(9), 1567–1573.
- Tudor-Locke, C., Hatano, Y., Pangrazi, R. P., & Kang, M. (2008). Revisiting “how many steps are enough?” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(7 Suppl), 537–543.
- Tudor-Locke, C., Johnson, W. D., & Katzmarzyk, P. T. (2010). Accelerometer-determined steps per day in US children and youth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(12), 2244–2250.
- Tudor-Locke, C., Johnson, W. D., & Katzmarzyk, P. T. (2011). Relationship between accelerometer-determined steps/day and other accelerometer outputs in U.S. Adults. *Journal of Physical Activity and Health*, 8(3), 410–419.
- Tudor-locke, C., Leonardi, C., Johnson, W. D., Katzmarzyk, P. T., & Church, T. S. (2011). Accelerometer steps / day translation of moderate-to-vigorous activity. *Preventive Medicine*, 53(1–2), 31–33.
- Tudor-Locke, C., Pangrazi, R. P., Corbin, C. B., Rutherford, W. J., Vincent, S. D., Raustorp, A., Tomson, L. M., & Cuddihy, T. F. (2004). BMI-referenced standards for recommended pedometer-determined steps/day in children. *Preventive Medicine*, 38(6), 857–864.
- Tudor-Locke, C., Schuna, J. M., Han, H., Aguiar, E. J., Larrivee, S., Hsia, D. S., Ducharme, S. W., Barreira, T. V., & Johnson, W. D. (2018). Cadence (steps/min) and intensity during ambulation in 6-20 year olds: The CADENCE-kids study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1).

- Tudor-Locke, C., Sisson, S. B., Collova, T., Lee, S. M., & Swan, P. D. (2005). Pedometer-determined step count guidelines for classifying walking intensity in a young ostensibly healthy population. *Canadian Journal of Applied Physiology*, *30*(6), 666–676.
- Tudor-Locke, C., Williams, J. E., Reis, J. P., & Pluto, D. (2004). Utility of pedometers for assessing physical activity: Construct validity. *Sports Medicine*, *34*(5), 281–291.
- Verschuren, O., Mead, G., & Visser-Meily, A. (2015). Sedentary Behaviour and Stroke: Foundational Knowledge is Crucial. *Translational Stroke Research*, *6*(1), 9–12.
- Vincent, S. D., & Pangrazi, R. P. (2002). An examination of the activity patterns of elementary school children. *Pediatric Exercise Science*, *14*(4), 432–441.
- Wells, G. D., Wilkes, D. L., Schneiderman-Walker, J., Elmi, M., Tullis, E., Lands, L. C., Ratjen, F., & Coates, A. L. (2008). Reliability and validity of the Habitual Activity Estimation Scale (HAES) in patients with cystic fibrosis. *Pediatric Pulmonology*, *43*(4), 345–353.
- WHO. (2020). *Obesity and overweight*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Witt, D. R., Kellogg, R. A., Snyder, M. P., & Dunn, J. (2019). Windows into human health through wearables data analytics. *Current Opinion in Biomedical Engineering*, *9*, 28–46.
- Wyatt, H. R., Peters, J. C., Reed, G. W., Barry, M., & Hill, J. O. (2005). A Colorado statewide survey of walking and its relation to excessive weight. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*(5), 724–730.
- Yang, C. C., & Hsu, Y. L. (2010). A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. In *Sensors* (Vol. 10, Issue 8, pp. 7772–7788).
- Yetisen, A. K., Martinez-Hurtado, J. L., Ünal, B., Khademhosseini, A., & Butt, H. (2018). Wearables in Medicine. *Advanced Materials*, *30*(33), 1–26.