

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Přehled literatury</b> .....	<b>8</b>
2.1 Historie Nordic Walking .....	8
2.3 Technika .....	13
2.4 Dělení Nordic Walking .....	18
2.5 Energetická náročnost chůze a lokomočních činností .....	20
2.5.1 Další studie zabývající se energetickým výdejem při chůzi a Nordic Walkingu .....	24
2.6 Způsoby měření energetického výdeje .....	41
2.6.1 Přímá kalorimetrie .....	41
2.6.2 Nepřímá kalorimetrie .....	42
2.6.3 Respirační kvocient .....	45
<b>3. Cíle a úkoly</b> .....	<b>48</b>
3.1 Cíl práce .....	48
3.2 Úkoly práce .....	48
<b>4. Hypotézy</b> .....	<b>49</b>
<b>5. Metodika práce</b> .....	<b>50</b>
5.1 Charakteristika sledovaného souboru .....	50
5.2 Charakteristika použitých metod .....	50
5.3 Vyhodnocení a interpretace dat .....	50
<b>6. Výsledky práce</b> .....	<b>51</b>
<b>7. Diskuse</b> .....	<b>53</b>
<b>8. Závěr</b> .....	<b>57</b>
<b>9. Seznam použité literatury</b> .....	<b>59</b>

# 1.Úvod

Chůze s holemi, neboli Nordic Walking (nebo také severská chůze, jak bývá někdy překládán), je poměrně mladý sport, který si získává stále větší oblibu lidí po celém světě. Jako sport se vyvinul z tradiční chůze s holemi v horském prostředí a z technik letní přípravy běžců na lyžích. Jeho počátky jsou datovány ve 30. letech 20. století ve Finsku.

Při Nordic Walkingu (dále jen NW) využíváme speciálně navržené hole, které kromě toho, že při pohybu umožňují zapojit i svalstvo horní poloviny těla, také poskytují oporu a tím zvyšují stabilitu. Proto NW nachází uplatnění nejen jako volnočasová aktivita, ale jako prostředek rekonvalescence pacientů ve fyzioterapii. Ze stejného důvodu je výhodné jej použít i jako prostředek k udržení kondice seniorů, kteří mají často problémy s rovnováhou. Správná technika chůze s holemi a pohyb paží navíc podporuje správné držení těla, zapojuje přibližně 90% kosterního svalstva a tím spaluje téměř o 50% více energie, než při běžné chůzi (Inwa 2009). Právě zvýšení energetického výdeje vhodnou pohybovou aktivitou je v současné době diskutovaným problémem týkající se velké části populace. Lidé často trpí nedostatkem pohybu a s ním spojenými zdravotními potížemi, jako jsou bolesti zad a poruchy hybného systému, či nadváhou, která je často u starší populace spojená s metabolickými poruchami.

Právě pro svou časovou i finanční dostupnost a nenáročnost na fyzickou zdatnost a věk se NW může zařadit mezi vhodné pohybové aktivity, kterým lze hypokinezi a problémům s ní spojenými předcházet. NW mohou využívat jak sportovci, jako doplněk tréninku, tak i lidé, kteří se pohybovým aktivitám věnují jen minimálně.

Jako negativum NW je vnímána nedostatečná informovanost o technice provedení, která sice není nijak obtížná, ale populací, která jej provozuje, často opomíjená.

Přitom již po krátkém zaškolení ve správné technice je možné vnímat rozdílnost mezi chůzí a chůzí s holemi.

## 2. Přehled literatury

### 2.1 Historie Nordic Walking

Použití holí při chůzi je staré jako lidstvo samo. Přesný důvod proč lidé začali používat hole není znám. Faktem je, že poutníci používali jednu nebo dvě hole k usnadnění chůze na nerovném povrchu. Odlehčení kloubům a lepší stabilita byly jednou z prvotních výhod chůze s holemi. Na dlouhých túrách nebo při pohybu v horách našly hole při chůzi své správné uplatnění.

Dalším odvětvím kde se chůze s holemi začala uplatňovat bylo běžecké lyžování. První zmínky o něm jsou známy z období kolem roku 1930, kdy byla do letní přípravy finských běžeckých lyžařů zahrnuta i chůze s holemi. Důvodem zavedení tohoto nového tréninkového prostředku bylo zintenzivnění běžné chůze do kopce, kdy s holemi docházelo ke zrychlení tempa a tím i náročnosti tréninku. Trénovaly se i pochody s holemi na delší vzdálenosti (Karlsson, 2008). Tato tréninková metoda je v literatuře popisovaná jako „pole training“. Po pádu železné opony se dokonce ukázalo, že i běžci z východní Evropy tuto metodu již několik let využívají v období letní přípravy, aby neztratili koordinaci a sílu v rukách a trupu.

V 80. letech 20. století přišel Tuomo Jantunen, ředitel organizace Suomen Latu<sup>1</sup> spolu se svými kolegy s nápadem uplatnit chůzi s holemi jako vhodnou fyzickou aktivitu i pro veřejnost. Za tímto účelem byly stavěny první veřejné tratě pro chůzi s holemi - tehdy ještě běžkašskými- a sportovní univerzity začaly nabízet chůzi s holemi jako novou formu cvičení (INWA 2009). Ve sportovních zařízeních si začali všimnout léčebných výhod. Běžná chůze byla totiž příliš pomalá na to, aby přinášela dostatečné zdravotní efekty. Přestože lidé nebyli příliš nadšení chůzí s holemi, již tehdy známé jako NW, dne 5.1.1988 na olympijském stadionu při slavnosti odhalení sochy Tahka Pihkaly uspořádala Organizace Suomen Latu lyžařský závod v běhu na lyžích na 5 km. Ten den však žádný sníh nebyl, a tak Tuomo Jantunen požádal všech 50 účastníků, aby místo běhu na lyžích šli pouze za pomoci holí kolem Olympijského stadionu.

---

<sup>1</sup> Finská outdoorová agentura, která se zasadila o vznik a rozvoj Nordic Walking.

V 90. letech Jantunen a jeho kolegové představili NW téměř na všech sportovních setkáních různých firem. Byly prováděny testy s pulsmetry a byly provedeny první vědecké testy, které poukazyvaly na zdravotní výhody NW.

V roce 1996 se finská sportovní instituce Suomen – Latu (The Central Association for Recreational Sport and Outdoor Activities) a finský výrobce holí Exel dohodli na spolupráci a vyvinuli technologii, techniku chůze i technické pomůcky. Ve finštině byl sport nazýván „sauvakävely“. O rok později v roce 1997 byl firmou Exel zveřejněn mezinárodní název NW a na trh byly uvedeny první kompozitní hole na NW. Poté se spustila reklamní kampaň a NW se dostal do širšího povědomí veřejnosti. Zájem o sport samotný se zvětšoval, konala se setkání na různých místech ve Finsku, počet účastníků masivně narůstal.

Na jaře 1998 uspořádala organizace Suomen Latu vzdělávání pro instruktory. V zahraničí se začaly prodávat speciální hole. Mezi prvními zeměmi bylo Švédsko a Švýcarsko. Návod na chůzi s holemi se dostal i do televizního vysílání. Tentýž rok zahájilo svou činnost centrum v Paloheinä v Helsinkách. Byl natočen videozáznam o NW a organizace Suomen Latu získala cenu „Zdravá aktivita roku“.

V roce 2000 byla vytvořena mezinárodní asociace NW INWA (International Nordic Walking Association). Mezi členy se řadilo Finsko, Německo a Švýcarsko.

O dva roky později se NW dostal i do Francie, USA, Japonska a na Nový Zéland. Na světě bylo přibližně 700 000 – 800 000 lidí používajících hole.

Od té doby se uskutečňuje ve Finsku mnoho setkání. Vybavení se rozšiřuje o vhodnou obuv navrženou pro NW, zlepšuje se i kvalita holí. Stále více lidí na celém světě praktikuje NW.

V roce 2006 bylo na 7 milionů lidí provozujících chůzi s holemi. NW je nejvíce se rozvíjející volnočasová aktivita na světě (Karlsson, 2008), takže v roce 2009 již NW pravidelně provozuje 8-10 milionů lidí po celém světě.

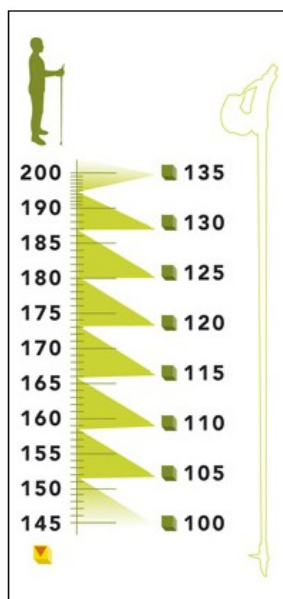
## 2.2 Technické vybavení

Nejdůležitějším vybavením pro NW jsou speciální hole (obr.č. 2). Zajišťují pevnou oporu, zároveň jsou ale pružné a měly by být lehké. Výrobci na trhu nabízejí různé typy holí od velmi kvalitních a samozřejmě dražších, jako jsou např. Leki, Gabel nebo Excel až po méně kvalitní a levnější. Vyrobeny jsou z kovových slitin s různým podílem hliníku, dražší a kvalitnější typy holí pak z karbonu. Lze také volit mezi teleskopickými holemi s nastavitelnou délkou nebo pevnými holemi, jejichž délka je fixní.

Při výběru holí bychom měli dbát několika kritérií. Tím nejdůležitějším je jejich délka. Nevhodně zvolená délka holí negativně ovlivňuje techniku NW (obr.č. 3). Dle literatury si správnou délku hole zvolíme tak, že svou výšku vynásobíme koeficientem 0,7. V praxi je však důležité, aby po uchopení hole směřující kolmo k zemi svíral loketní kloub úhel 90°.



Obr. č. 2: Hole (Exel, 2009)



Obr.č. 3: Doporučená výška holí (Exel, 2009)

Rukojeť (Obr. č. 4) zvyšuje komfort při chůzi. Je ergonomická, většinou vyrobená z kombinací plastu a gumy nebo korku. Rukojeť by měla snižovat přenos otřesů z hole na klouby ruky, usměrňovat a stabilizovat zápěstí tak, aby v průběhu celého pohybu zůstalo v jedné rovině. Ruka je tak v prodlužení předloktí a v této pozici je fixována, čímž je zamezeno nefunkčnímu vytáčení zápěstí (Mommert- Jauchová, 2007).



*Obr. č. 4 Různé typy rukojetí*

*Rukojeť – plast/guma (Exel, 2009)*

*Rukojeť – plast/korek (Exel, 2009)*

Poutko je součástí rukojeti (obr. č. 5) a odlišuje hole pro NW od jiných typů holí. Je vyrobeno ze syntetických materiálů a navrženo tak, aby umožňovalo co nejpřirozenější pohyb horních končetin a zároveň poskytovalo stálý kontakt s holí i při jejím vypuštění z ruky v závěrečné fázi kroku.

Poutka by měla být používána tak, že se do nich vloží malíková hrna ruky, která přenáší na hůl nejvíce tlaku. Fixováním poutek na zápěstí pak umožňuje vést uvolněnou hůl dopředu (Momett- Jauchová, 2007). Proto je poutko hole nastavitelné pomocí přezky a suchého zipu takže poskytuje tak maximální komfort při chůzi. Firma Leki navíc nabízí na svých holích tzv. „Shark systém“, který umožňuje rychlé a snadné nasazení poutka na hůlku (obr. č. 6).



*Obr. č. 5 Poutka- různé typy (Exel, 2009)*



*Obr. č. 6 Shark systém (Leki, 2009)*

S holemi jsou také dodávány dva základní typy „koncovek“, aby bylo možné jejich použití na různých typech povrchů. Pro chůzi v terénu se používá tzv. košík s kovovým hrotem (obr. č. 7). Košík zamezuje příliš hlubokému zaboření hole, hrot naopak umožňuje zapíchnutí a následné odražení hole od povrchu.



*Obr. č. 7 Plastový košík s kovovým hrotem (Exel, 2009)*

Druhým typem koncovky je tzv. gumová botička (obr. č. 8), používaná pro chůzi po asfaltu nebo tvrdém povrchu. Botička částečně absorbuje nárazy, chrání kovový hrot před poškozením a zamezuje uklouznutí hole při odpichu.



*Obr. č. 8 Gumová botička (Exel, 2009)*

Novinkou firmy Exel je tzv. „all terrain basket“ (obr. č. 9), který umožňuje rychle a pohodlně měnit koncovku hole v závislosti na povrchu.



*Obr. č. 9 All terrain basket (Exel, 2009)*

Dalším vhodným, nikoliv však nezbytným, vybavením pro NW jsou rukavice (obr. č. 10), které zvyšují komfort při chůzi lepší přilnavostí ruky k rukojeti v případě pocení dlaní. Dále je vhodným doplňkem ledvinka nebo malý batoh na pití a občerstvení a cestovní obal na hole.



*Obr. č. 10 Rukavice (Exel 2009)*

Pro NW je žádoucí pořídit také vhodnou obuv pro chůzi v terénu. Měla by být pohodlná, pevná, pružná a prodyšná. V současné době je na trhu již obuv speciálně určená pro NW. Běžnému uživateli však prokáže stejnou službu i kvalitní běžecká obuv s měkkou podrážkou a mírně zkosenou patou pro pohodlný došlap. Naopak pevné kotníkové boty určené pro horské túry, nebo trekking se pro NW nehodí.

Oblečení pro NW se v podstatě nijak neliší od oblečení na běh či turistiku. Při výběru opět dbáme na to, aby nás oblečení neomezovalo v pohybu, bylo dostatečně prodyšné, pohodlné a poskytovalo tepelný komfort adekvátní podmínkám.

## **2.3 Technika**

NW má charakter uzavřeného kinematického řetězce – pravá horní končetina a levá dolní končetina. Při správné technice chůze se výrazně snižuje svalová tenze a vnímání bolesti v oblasti krku a ramen, uvolňuje se svalové napětí v oblasti zádových a ramenních svalů a zvyšuje se pohyblivost páteře. Naopak špatná technika může způsobit přetížení pletence ramenního, krční páteře, kolenních kloubů a hrudní a bederní páteře (Dýrová et al., 2008).

Technika chůze s holemi není nijak náročná a nepotřebuje dlouhé hodiny cvičení ke svému osvojení jako je tomu např. u běžeckého lyžování. Již po prvním zaškolení ve správné technice jsou i průměrní jedinci schopni samostatného provozování této aktivity.

Práce dolních končetin při NW je prakticky totožná s rychlou chůzí. Použitím holí, jejichž úchop je totožný s držením běžeckých lyží, dochází k zapojení horních končetin a trupu do pohybu.

Při chůzi za použití holí vstupuje ve větší míře do pohybu práce horních končetin. Tělo je mírně nakloněno vpřed, jsou aktivovány zádové svaly podporující vzpřímené držení páteře. Chůze s holemi zvyšuje rotační pohyb trupu a aktivuje svaly ramenní a v oblasti



lopatky. Díky holím dochází k větší stabilitě při pohybu. Proto je možné lepší nastavení těla v oblasti pánve, kyčelní klouby se mohou více extendovat a tak se svaly v oblasti pánve mohou lépe zapojit. Chůze je rychlejší a dochází k většímu spalování kalorií (Karlsson, 2007).

Při základní pozici jsou hole volně spuštěny za tělem pod úhlem přibližně 40°, horní polovina těla je lehce nakloněná vpřed. Horní i dolní končetiny se v pohybu střídavě vpřed a vzad, jako při chůzi. Koleno vpředu je mírně ohnuté, vzadu propnuté, bok se pohybuje vpřed spolu s vykračující nohou, ale nepoklesává dolů. Pro stabilizaci páteře osa ramen rotuje kontralaterálně vůči ose pánve. Hrudník je vypnutý a směřuje rovně. Hlava je mírně vtažena, oči hledí směrem k horizontu.

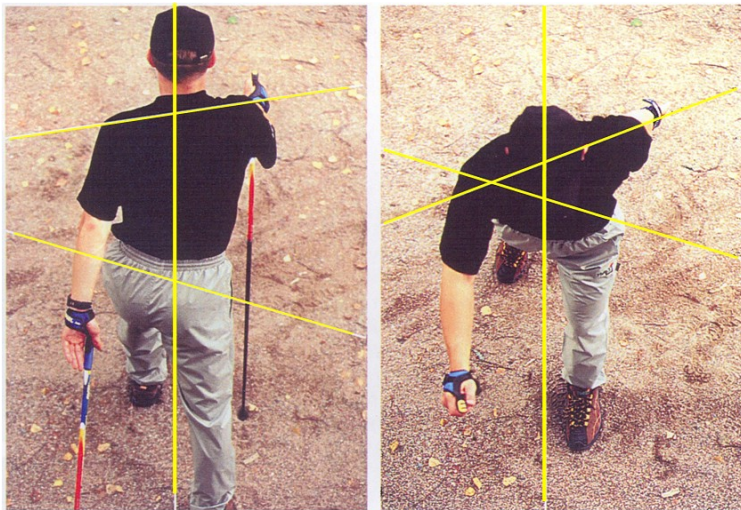
Vykývnutí paže vzad spojené s umístěním hole na zem a následným odpichem výrazně ovlivňuje délku kroku. Čím větší je rozsah pohybu holí, tím delší je krok, rotace pánve a horní poloviny těla.

Pro dosažení lepších výsledků při chůzi se začíná s nácvikem pohybového rytmu paží na místě.

Technikou a popisem NW se podrobně zabývá ve své diplomové práci Vystrčil (2005). Při chůzi s holemi je trup držen v mírném předklonu, hlava v prodloužení páteře (brada mírně zasunutá vzad), pohled směřuje přibližně 20 metrů dopředu. Ramena jsou stažena dolů a mírně vzad. Hrudník i ramena se snažíme nechat uvolněná, aby střídavý pohyb horních končetin v ramenních kloubech nebyl omezován zapojením nežádoucích svalů (obr. č. 11 a 12).



*Obr. č. 11 Správná pozice při Nordic Walking - pohled z boku (INWA 2009)*



Obr. č. 12 Základní postoj při Nordic Walking s naznačením osy pánve a osy ramen (Vystrčil, 2005)

Pohyb rukou v poutkách je přirozený. Začíná za tělem z propnutého lokte, horní končetina se pohybuje vpřed a vzhůru s postupnou flexí v lokti až do fáze opory o hůlku, poté se cyklicky vrací zpět za tělo. Až do závěrečné fáze odrazu hůlky svírají prsty pevně rukojeť, pak se dlaň otevírá a odrazová síla je přenášena přes poutko, loket i prsty jsou natažené (obr. č.13). Horní a dolní část trupu rotují kontralaterálně při každém kroku (Obr. č. 15).



Obr. č. 13 Vypuštění hole v závěrečné fázi (INWA, 2009)

Těžiště těla se oproti volné chůzi vyšší intenzity dostává níže, krok se díky hůlkám prodlužuje - při pohybu totiž rameno následuje ruku a hůl dozadu, což umožňuje prodloužit dobu, po kterou se hůl opírá o zem a prodloužit tak krok.

Krok začíná odrazem od prstů zadní dolní končetiny (obr. č. 14) , která přechází do švihové fáze. Stojná dolní končetina je v úvodní fázi pohybu v semiflexi v kolenním kloubu,

přičemž velikost flexe v kolenním kloubu se při delším kroku zvětšuje. Došlap chodidla je realizován přes patu - mírně přes vnější hranu chodidla - dochází k dorzální flexi a mírné everzi v hlezenním kloubu. Ve stojné fázi se chodidlo přes vnější hranu dostává na celou plochu. Následuje odraz, který je uskutečněn od prstů zadní dolní končetiny, mírně přes vnitřní hranu chodidla. Horní končetina, která je před tělem je rovněž v semiflexi v lokti. Hrot hůlky, která je v této končetině se zapichuje přibližně na úrovni paty chodidla přední dolní končetiny či mírně za ni (podobně jako u práce paží při běžeckém lyžování). Během celého cyklu by se hrot hole neměl dostat před vertikální osu danou zápěstím této horní končetiny.



*Obr. č. 14 Správný odval chodidla- došlap, stojná fáze, odraz (Vystrčil, 2005, in Tlašková, 2009)*

Důležitá je pozice ramen při přenosu síly z hůlky od zabodnutí do odrazu z ní. Rameno by se nemělo zvedat. Ve stejném čase protější kontralaterální horní končetina dokončuje odpich (obr. č.15), (Vystrčil, 2005 in Tlašková, 2008).



*Obr. č. 15 Práce ramen (INWA 2009)*

Odpich hůlky na jedné straně a odraz chodidla na straně opačné se odehrává přibližně ve stejném okamžiku, jde o pohyb střídavý. „Chodidlo zadní dolní končetiny směřuje dopředu, jako první se podložky dotýká pata. Následuje dvojoporová fáze (hmotnost těla je nerovnoměrně rozložena mezi zadní dolní končetinu a hůlkou přední horní končetiny), kde se zadní horní končetina pohybuje uvolněně dopředu a nahoru, přední horní končetina začíná odpich aktivním napínáním v loketním kloubu. Ruce obou horních končetin se potkávají mírně před tělem. Zadní dolní končetina se ohýbá v koleně a směřuje dopředu. Po dokončení

kroku a odpichu se celý cyklus opakuje v obráceném pořadí.“ (Vystrčil, 2005, in Tlašková, 2008).

Velmi důležitým prvkem je sklon hůlek. Jak již bylo uvedeno, rukojeť hůlky se nachází vždy více vpředu oproti hrotu hůlky. Mění se pouze úhel sklonu během krokového cyklu.

Pro plynulý pohyb je důležité vzpřímené držení trupu s protažením hlavy v ose páteře. Prodloužení kroku při použití hůlek nesmí být provázeno hyperextenzí kolen při došlapu. Tato chyba vede k přetížení přední části kolenního kloubu. Kolenní kloub by měl být pokrčen v lehké semiflexi (asi 10°) podobné nebezpečí hrozí v oblasti hrudní a bederní páteře při nadměrné rotaci pánve vzhledem k fixovaným ramenním pletencům.

Před zahájením chůze se zařazují zahřívací a protahovací cvičení a po jejím ukončení uvolňovací strečink. V obou fázích je vhodné využít hůlky jako cvičební pomůcku (Vystrčil, 2005, in Tlašková, 2008).

### **Technika chůze do kopce**

Při chůzi do kopce (obr. č. 16) je tělo nakloněno dopředu více, než je obvyklé. Svaly v oblasti paží, stehů a lýtek jsou nuceny pracovat intenzivněji- musí vynaložit více úsilí pro odpich a odraz. Dynamické použití holí stimuluje k prodloužení kroku během stoupání. Chůze do mírného kopce je vynikajícím tréninkem pro osoby začínající s chůzí s holemi. Pomáhá pochopit práci paží a učení se správnému pohybu.

Stejně jako u chůze se švihová noha zvedá výše a je zvětšena dorziflexe v kotníku. Pohybu se účastní i flexory kolena a m. tibialis ant. Ve fázi dvojí opory je noha v kotníku stlačena spíše do flexe (Véle, 2006).



*Obr. č. 16 Technika chůze do kopce (INWA 2009)*

## **Technika chůze z kopce**

Hole poskytují při chůzi oporu a pomáhají udržet stabilitu. Při chůzi z kopce je nutné poněkud zkrátit délku kroku a při došlapu více pokrčit koleno stojné nohy v závislosti na sklonu svahu. Kolena obou končetin jsou přitom neustále pokrčena a těžiště těla se tak snižuje. Švihová fáze začíná zvednutím zadní končetiny. Tím se flektuje kyčel, koleno a hlezno. Po jejich následné extenzi se končetina stává opornou. Použitím holí se výrazně snižují nároky kladené na svalstvo a klouby oporné nohy (flexory kolena, m. quadriceps femoris, m. soleus, m. gluteus medius).

## **2.4 Dělení Nordic Walking**

Z hlediska nároků kladených na fyzickou zdatnost bychom mohli NW obecně rozdělit do tří skupin:

### **a) rekreační (zdravotní)**

Představuje nejnižší stupeň obtížnosti NW. Na této úrovni ho lze využít pro rehabilitační účely a u osob s nízkou tělesnou zdatností. Proto je také nazývána chůzí zdravotní.

Dle Tlaškové (2008, str. 20) „By na tomto stupni měli začínat lidé, kteří jsou limitováni fyzickou kondicí, nemají mnoho zkušeností s pravidelným cvičením, mají slabší koordinační schopnosti, případně specifické zdravotní problémy, které jim ovšem nebrání v provozování chůze s hůlkami.“

Na rekreační úrovni se věnují severské chůzi především ti, kteří hledají vhodnou a efektivní pohybovou aktivitu pro volný čas téměř v jakémkoliv věku. Je vhodná také pro ty, co se rozhodnou změnit svůj „sedavý“ způsob života a začít se zdravotně orientovanou nenáročnou pohybovou činností.“

## **b) kondiční (fitness)**

Je dalším stupněm z hlediska fyzické náročnosti. Je provozován na úrovni udržování tělesné kondice, zvyšování aerobní kapacity a vytrvalosti

Jak ve své diplomové práci uvádí Tlašková (2008), je tento stupeň určen pro lidi s pohybovými zkušenostmi, kteří pravidelně aktivně cvičí, znají svou tělesnou kondici a limity.

Na této úrovni se věnují severské chůzi zejména lidé odhodlaní zlepšit svou kondici a celkové zdraví a berou tuto aktivitu jako výborný doplněk svého repertoáru ostatních pohybových aktivit

## **c) aktivní (sportovní)**

Je stupněm, kdy je NW provozován jako sport, kde je hlavním účelem zvýšení tělesné zdatnosti. Trénink NW probíhá na úrovni 80-90% maximální fyzické zátěže, tréninkové jednotky jsou doplněny o přídavná cvičení (Leiper, 2008).

„Na tomto stupni se již setkáváme se sportovci či lidmi, kteří mají jasnou představu, co od tréninku očekávají. Jsou zpravidla ve výborné kondici, s dobrým rozsahem pohybu a pružným svalovým aparátem. Jejich koordinační a rovnovážné schopnosti jsou na vysoké úrovni“ (Tlašková 2008, str. 20).

Očekává se, že jsou schopni pracovat ve skupinách či sami, rozumí ústnímu popisu cvičení bez nutnosti ukázky a celkovým principům pohybu (Vystrčil 2005, in Tlašková, 2008).

## 2.5 Energetická náročnost chůze a lokomočních činností

Chůze představuje nejběžnější fyzickou aktivitu, kterou provádí většina lidí v průběhu dne. Vztah mezi rychlostí chůze a spotřebou kyslíku zůstává lineární v intervalu rychlostí 3- 5 km.h<sup>-1</sup>. Při vyšším tempu se ekonomičnost chůze snižuje a vztah se zakřivuje směrem vzhůru. Indikuje tak disproporcionální zvýšení energetického výdeje spolu s dalším zvyšováním rychlosti. To vysvětluje důvod, proč je chůze vyšší rychlostí energeticky náročnější a tím i méně účinná.

Následující tabulka dokládá vliv různých povrchů na energetický výdej při chůzi. Podobný energetický výdej zde nacházíme pro chůzi po rovině po trávě a po chodníku. Chůze v písku však vyžaduje téměř 2x více energie, než chůze po tvrdém povrchu. Je to způsobeno vlastnostmi písku, který při chůzi vpřed prokluzuje a tím klade vyšší nároky na lýtkové svaly, které musí tento efekt kompenzovat.

Typ povrchu	Korekční faktor <sup>1)</sup>
Tráva/zpevněná cesta	1,0
Zorané pole	1,5
Tvrký sníh	1,6
Písek	1,8

1) Korekční faktor násobí energetický výdej při chůzi po trávě, nebo zpevněné cestě

Tab. č.1 Vliv povrchu na energetický výdej při chůzi rychlostí 5,2 – 5,6 km.h<sup>-1</sup> (Katch, et al., 2007).

Chůze v měkkém sněhu zvyšuje energetický výdej až 3x ve srovnání s chůzí po tvrdém povrchu. Rychlá chůze (nebo běh) po pláži, nebo v čerstvě napadaném sněhu umožňuje cvičit efektivněji a spálit více kalorií.

Experimentálně bylo ověřeno, že lidé vytváří stejný fyziologický stres při chůzi po rovině jako při chůzi ne běhátku za stejných podmínek (rychlost, vzdálenost). Proto je možné využít data získaná při laboratorním měření pro kvantifikaci energetického výdeje v běžných situacích (Katch et al., 2007).

### Chůze z kopce

Chůze z kopce představuje jednu z forem negativní práce, protože těžiště těla se pohybuje směrem dolů s každým krokovým cyklem. To způsobuje snížení potenciální energie systému. Následně, při stejné rychlosti a sklonu, je vyžadováno méně energie k excentrické svalové kontrakci a než ke koncentrické kontrakci vyvíjené při pozitivní práci.

Ve srovnání s chůzí po rovině, postupný negativní sklon snižuje spotřebu kyslíku o 9% při chůzi rychlostí 5,4 km.h<sup>-1</sup> a o 12% při chůzi rychlostí 6,3 km.h<sup>-1</sup>. Energetický výdej se začíná s negativním sklonem svahu zvyšovat až při vyšších negativních sklonech. Tento energetický požadavek pravděpodobně vychází z nutnosti brzdit pohyb a zároveň snahy dosáhnout správného a bezpečného rytmu chůze (Katch et al.,2007).

### **Chůze se zátěží**

Při chůzi se zátěží na kotnících je vyžadováno mnohem více energie, než při chůzi se stejnou zátěží na těle. Zátěž odpovídající 1,4% tělesné hmotnosti umístěná na kotnících zvyšuje energetický výdej o 8%, což je skoro 6x více, než při chůzi se stejnou zátěží umístěnou na těle (Katch et al., 2007).

Z praktického hlediska tak nošení běžné obuvi při chůzi, nebo běhu zvyšuje energetický výdej při srovnání s chůzí v lehké obuvi. Přidáním 100g na každou botu se zvyšuje spotřeba kyslíku při lehkém běhu o 1% - malou změnou v hmotnosti obuvi tak mohou vzniknout značné rozdíly v ekonomičnosti pohybu. Stejně tak ovlivňuje i ekonomičnost cvičení tlumení v obuvi. Měkká podešev boty snižuje spotřebu kyslíku (zvyšuje ekonomičnost pohybu) při běhu střední rychlostí o 2,4% ve srovnání s obuví s tvrdším tlumením a to i přesto, že obuv s měkčím tlumením váží průměrně o 31 g více (Katch et al., 2007).

Zátěž na kotnících může zvýšit energetický výdej při chůzi až na hodnoty odpovídající hodnotám měřeným při běhu. Zátěž na rukou, jako jsou např. hole simulující pohyb paží při běžeckém lyžování, zátěžové pásy, nebo pohyb paží, to vše zvyšuje energetický výdej při chůzi.

Při zvážení relativně výraznějšího zvýšení energetického výdeje při chůzi se zátěží, může být výhodnější zvýšit energetický výdej pouze zvýšením rychlosti, nebo ujití vzdálenosti a tím snížit riziko úrazu. To potenciálně vzniká při cvičení se zátěží a zároveň je také eliminován diskomfort z jeho nošení (Katch et al.,2007).



## **Energetický výdej při běhu**

Energetický výdej při běhu může být kvantifikován dvěma způsoby:

- 1) V průběhu provádění vlastní činnosti
- 2) Na běhátku, s přesnou kontrolou rychlosti a sklonu.

Výrazy „běh“ a „jogging“ odráží kvalitativní hodnocení v souvislosti s rychlostí a namáhavostí lokomoce. Při běhu submaximální rychlostí vytrvalostní sportovci běhají při nižším procentuálním  $VO_2max.$ , než netrénovaní sportovci a to i přesto, že obě skupiny vykazují při běhu podobnou spotřebu kyslíku. Vymezení pojmů „běh“ a „jogging“ tedy více souvisí s kondicí sportovce.

Nezávisle na kondici je z energetického hlediska ekonomičtější přerušit chůzi a začít běžet při rychlostech okolo  $8 \text{ km.h}^{-1}$ . Bod zlomu v ekonomičnosti pohybu pro závodní chodce se objevuje při rychlosti  $8,7 \text{ km.h}^{-1}$ . (Katch et al., 2007).

## **Ekonomičnost běhu různou rychlostí**

Vzhledem k lineární závislosti mezi spotřebou kyslíku a rychlostí běhu do úrovně anaerobního prahu je celkový energetický požadavek běhu na danou vzdálenost téměř stejný, bez ohledu na rychlost, kterou je tato vzdálenost překonána. Jednoduše vyjádřeno, běh na 1,6 km rychlostí  $16 \text{ km.h}^{-1}$  je energeticky 2x náročnější než běh rychlostí  $8 \text{ km.h}^{-1}$  na stejnou vzdálenost. K uběhnutí vzdálenosti 1,6 km vyšší rychlostí je třeba cca 6 minut, zatímco pomaleji to trvá cca 12 minut. Tak energetický výdej potřebný ke zdolání vzdálenosti 1,6 km zůstává stejný. Ekvivalentní energetický výdej při uběhnutí dané vzdálenosti nezávisle na rychlosti se neobjevuje pouze při běhu po rovině, ale také při běhu do svahu v rozmezí  $-45 \% - +15 \%$ . Při běhu po rovině čistý energetický výdej na 1 kg tělesné hmotnosti a uběhnutý kilometr odpovídá průměrně  $1 \text{ kCal}(1 \text{ kCal.kg}^{-1}.\text{km}^{-1})$ , tak energetický výdej jedince vážícího 78 kg, který uběhne 1 km je 78 kCal, nezávisle na rychlosti běhu. Při vyjádření spotřeby kyslíku odpovídá tato hodnota  $15,6 \text{ l O}_2$  ( $5 \text{ kCal}=1 \text{ l O}_2$ ) na 1 km uběhnuté vzdálenosti. Při porovnání energetického výdeje běhu a chůze na jednotku vzdálenosti, byl naměřen vyšší energetický výdej při běhu (Katch et al., 2007).

## Hodnoty čistého energetického výdeje

Tabulka č. 2. prezentuje hodnoty energetického výdeje při běhu různou rychlostí po dobu 1 hodiny a počet minut potřebných k uběhnutí 1 míle odpovídající rychlostí. Hodnoty vytištěné tučně zobrazují množství kalorií vydaných při uběhnutí 1 míle při určité hmotnosti.

BODY MASS		KM · H <sup>-1b</sup>	8	9	10	11	12	13	14	15	16
(KG)	(LB)	MPH	4.97	5.60	6.20	6.84	7.46	8.08	8.70	9.32	9.94
		MIN PER MILE	12:00	10:43	9:41	8:46	8:02	7:26	6:54	6:26	6:02
		KCAL PER MILE									
50	110	<b>80</b>	400	450	500	550	600	650	700	750	800
54	119	<b>86</b>	432	486	540	594	648	702	756	810	864
58	128	<b>93</b>	464	522	580	638	696	754	812	870	928
62	137	<b>99</b>	496	558	620	682	744	806	868	930	992
66	146	<b>106</b>	528	594	660	726	792	858	924	990	1056
70	154	<b>112</b>	560	630	700	770	840	910	980	1050	1120
74	163	<b>118</b>	592	666	740	814	888	962	1036	1110	1184
78	172	<b>125</b>	624	702	780	858	936	1014	1092	1170	1248
82	181	<b>131</b>	656	738	820	902	984	1066	1148	1230	1312
86	190	<b>138</b>	688	774	860	946	1032	1118	1204	1290	1376
90	199	<b>144</b>	720	810	900	990	1080	1170	1260	1350	1440
94	207	<b>150</b>	752	846	940	1034	1128	1222	1316	1410	1504
98	216	<b>157</b>	784	882	980	1078	1176	1274	1372	1470	1568
102	225	<b>163</b>	816	918	1020	1122	1224	1326	1428	1530	1632
106	234	<b>170</b>	848	954	1060	1166	1272	1378	1484	1590	1696

Tab.č.2: čistý energetický výdej při běhu za 1 hodinu v závislosti na rychlosti a tělesné hmotnosti (Katch et al.,2007).

Jak bylo zmíněno výše, energetické požadavky na uběhnutí 1 míle zůstávají celkem konstantní nezávisle na rychlosti běhu. Osoba vážící 62 kg potřebuje k uběhnutí maratону přibližně 2600 kCal, nezávisle na tom, jestli běžel 2, 3, nebo 4 hodiny. Tabulka také ukazuje, že energetický výdej se zvyšuje přímo úměrně s hmotností. Nižší energetický výdej (menší produkce tepla) lehčích běžců při jakékoliv rychlosti částečně vysvětluje, proč malá postava (a relativně větší povrch pro rozptýlení tepla) zvyhodňuje při vytrvalostních bězích, částečně v teplém počasí a vlhkém prostředí. Vliv hmotnosti na energetický výdej podporuje úlohu nošení zátěže, jako přidavného stresoru u obézních lidí, kteří potřebují zvýšit svůj energetický výdej při hubnutí. Zvýšení, nebo snížení rychlosti jednoduše mění trvání běhu na 8 km, ale má malý vliv na změnu energetického výdeje. Tabulky č. 3 a 4 shrnují data získaná z různých studií energetického výdeje při běhu po rovině a do kopce různých sklonů na tvrdém povrchu. Energetické požadavky reprezentují několikanásobný klidový metabolismus, nebo MET (1 MET = 3,5 ml O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)

Sklon [%]	v m.min <sup>-1</sup>	134	161	188	201	215	241	268
0		8,6	10,2	11,7	12,5	13,3	14,8	16,3
2,5		10,3	12,3	14,1	15,1	16,1	17,9	19,7
5,0		12,0	14,3	16,5	17,7	18,8		
7,5		13,9	16,4	18,9				
10,0		15,5	18,5					

Tab. č. 3 Energetické požadavky pro chůzi po rovině a do svahu (Katch et al.,2007)

% GRADE	MPH	1.7	2.0	2.5	3.0	3.4	3.75
	M · MIN <sup>-1</sup>	45.6	53.7	67.0	80.5	91.2	100.5
0		2.3	2.5	2.9	3.3	3.6	3.9
2.5		2.9	3.2	3.8	4.3	4.8	5.2
5.0		3.5	3.9	4.6	5.4	5.9	6.5
7.5		4.1	4.6	5.5	6.4	7.1	7.8
10.0		4.6	5.3	6.3	7.4	8.3	9.1
12.5		5.2	6.0	7.2	8.5	9.5	10.4
15.0		5.8	6.6	8.1	9.5	10.6	11.7
17.5		6.4	7.3	8.9	10.5	11.8	12.9
20.0		7.0	8.0	9.8	11.6	13.0	14.2
22.5		7.6	8.7	10.6	12.6	14.2	15.5
25.0		8.2	9.4	11.5	13.6	15.3	16.8

Tab. č.4 Energetické požadavky při běhu/jogingu po rovině a do svahu (Katch et al.,2007)

## 2.5.1 Další studie zabývající se energetickým výdejem při chůzi a Nordic Walkingu

### Vliv typu povrchu na energetický výdej při Nordic Walking

Použití holí při chůzi vede ke zvýšení tepové frekvence, zvyšuje příjem kyslíku a při práci se zvyšuje hladina laktátu, při porovnání s chůzí. Zvýšení nároků na kardiovaskulární a metabolický aparát je vysvětlováno zapojením svalstva trupu, které je však podmíněno správnou technikou chůze s holemi.

Cílem studie, kterou provedl Schiffer et al. (2009), bylo zjistit, jak se odráží kvalita povrchu na energetickém výdeji a silách, působících na hole při kontaktu s povrchem při NW.

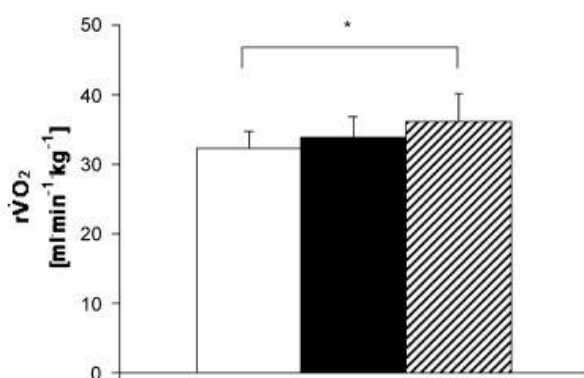
Bylo testováno 13 žen - instruktorek NW, které měli ujít vzdálenost 1200m konstantní rychlostí 2,2 m.s<sup>-1</sup> na třech různých typech povrchu - betonu, trávě a umělé atletické dráze (tartanu).

K měření sil působících na hole byly použity hole s integrovanými tenzometry, ke zjištění energetického výdeje byl měřen objem nadýchaného vzduchu, hladina laktátu v krvi a srdeční frekvence.

Z výsledků studie vyplývá, že čím více energie je povrch schopen pohltit, tím více úsilí a energie musí vynaložit jedinec, aby zvýšil rychlost svého pohybu.

Experimentálně bylo ověřeno následující:

Při NW provozovaném na trávě byla spotřeba kyslíku ( $\text{VO}_2$ ) signifikantně vyšší, než při chůzi na betonu.  $\text{VO}_2$  při chůzi po tartanu však nebyla signifikantně rozdílná v porovnání s  $\text{VO}_2$  při chůzi po trávě (nejvyšší), ani při chůzi po betonu (nejnižší). (Viz graf č. 1)



Graf č. 1 Relativní spotřeba kyslíku při NW na betonu (1. sloupec), tartanu (2. sloupec) a trávě (3. sloupec). (Schiffer et al.2009)

Srdeční frekvence, minutová ventilace, dechová frekvence, ani hladina laktátu v krvi nebyla typem povrchu ovlivněna (Tabulka č.5).

	Beton	umělá dráha	Tráva
<b>Minutová SF</b> (tepy/min)	162 ± 16	169 ± 21	173 ± 20
<b>Laktát (<math>\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}</math>)</b>	2 ± 0,6	2,3 ± 1,0	2,5 ± 1,0
<b>MET</b>	9,1 ± 0,7	9,6 ± 0,9	10,2 ± 1,2

Tab. č. 5 Změny funkčních ukazatelů při chůzi na betonu, umělé dráze a trávě (Schiffer et al., 2009).

Tato nesrovnalost s předchozími studiemi může být vysvětlena výběrem účastníků. Dobře trénovaní jedinci se optimálně přizpůsobit specifické aerobní zátěži a tak jsou schopni provádět cvičení submaximální intenzitou s menší spotřebou kyslíku ve srovnání s méně zdatnými jedinci.

Studii bylo ověřeno, že Chůze po měkkém povrchu, jako je tráva, je energeticky náročnější, než chůze po tvrdém povrchu.

### **Energetické požadavky kladené na chůzi po přírodních cestách**

Chůze jako nejpřirozenější a nejběžnější forma fyzické aktivity může být provozována v každém věku- od dětství po stáří. Je to efektivní způsob, jak zvýšit a podpořit aerobní zdatnost.

Cílem studie, kterou provedl Pallica et al. (2009) bylo zjistit následující:

- 1) Energetický výdej při chůzi s horským vybavením různými rychlostmi na rovném přírodním povrchu.
- 2) Sklon běžeckého trenažeru, na kterém je energetický výdej stejný jako při chůzi po rovném přírodním povrchu.

Tato studie byla provedena na 10 mužích ve věku  $24 \pm 7$  let, s maximální aerobní kapacitou  $49 \pm 6 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

Energetický výdej byl měřen při chůzi rychlostmi 0,28; 0,56; 0,84; 1,11 a 1,39  $\text{m.s}^{-1}$ . Každé měření bylo provedeno na trati dlouhé 250-600 m, aby bylo dosaženo setrvalého stavu fyziologických parametrů, čemuž odpovídal cvičební čas 7-15 min. Energetický výdej při chůzi po přirozeném povrchu byl vždy vyšší než energetický výdej při chůzi na běhátku a to při všech měřených rychlostech.

Čistý energetický výdej při chůzi závisí na rychlosti pohybu (průběhu) v průběhu chůze na běhátku při různých sklonech.

Dále bylo zjištěno, že příjem kyslíku při chůzi v přírodním prostředí byl konzistentně nižší, než ventilace a to při všech rychlostech. Chůze na běhátku při sklonu 3% nejlépe reflektuje energetický výdej ekvivalentní rychlostí při chůzi v přírodním prostředí.

## Odezva na Nordic Walking, chůzi a jogging

Cílem této studie, kterou provedl Schiffer et al., (2006), bylo zhodnotit změnu SF, hladiny laktátu, spotřeby kyslíku při NW, chůzi a joggingu při terénním měření na 400 metrové trati. Studie byla provedena na 15 ženách středního věku.

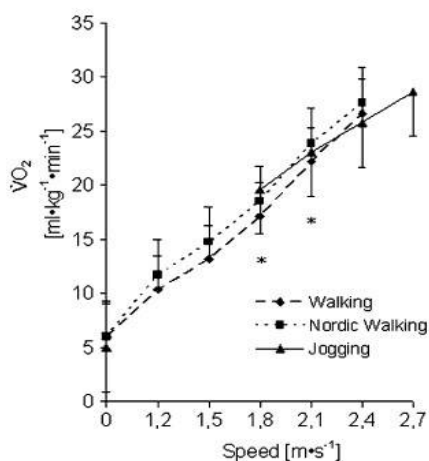
Měření pro NW a chůzi začínala rychlostí  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a končila rychlostí  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Měření pro jogging začínala rychlostí  $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a končila při pocitu subjektivního vyčerpání. Jednotlivé úseky trvaly průměrně  $5:07 \text{ min.}$  ( $\pm 1:07 \text{ min.}$ ). Tyto byly přerušeny 1min. pauzou. Rychlost byla při každém následujícím úseku zvyšována o  $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Experimentálně tak bylo zjištěno následující:

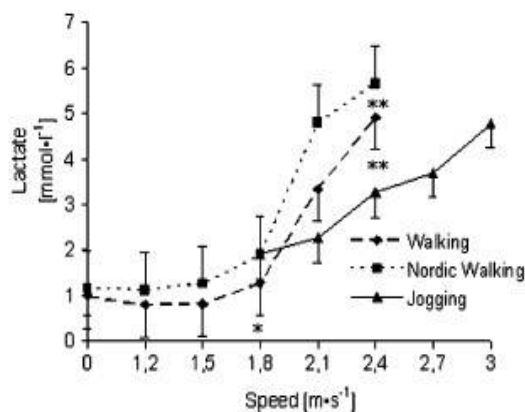
Spotřeba kyslíku (graf č. 2) při NW rychlostí  $1,8$  a  $2,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  byla signifikantně vyšší než při chůzi stejnou rychlostí. Stejně hladina laktátu (La) v krvi byla při NW (rychlostí  $1,8$ ;  $2,1$  a  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) vyšší než při chůzi.

Při porovnání hladin La (graf č. 3) při NW a joggingu byly tyto téměř stejné při rychlosti  $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a začaly se odlišovat při rychlosti  $2,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Při rychlosti  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  byla hladina La různá pro všechny tři disciplíny (NW nejvyšší, jogging nejnižší).

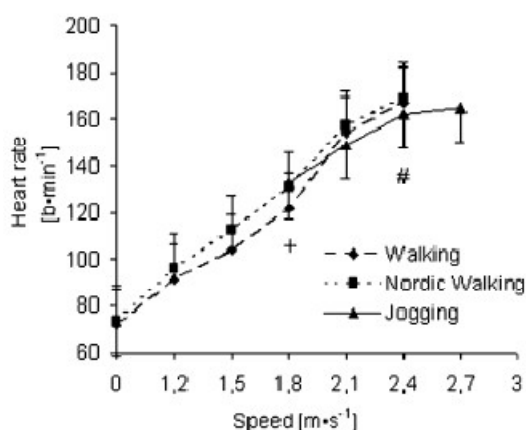


Graf č. 2 Závislost spotřeby kyslíku na rychlosti chůze (Schiffer et al., 2006)



Graf č.3 Závislost koncentrace laktátu na rychlosti chůze (Schiffer et al., 2006)

Srdeční frekvence (graf č. 4) se ani v jednom případě výrazně nelišila, až při rychlostech 2,1 a 2,4 m.s<sup>-1</sup> byla srdeční frekvence při joggingu dokonce nižší než u chůze a NW.



Graf č. 4 Závislost srdeční frekvence na rychlosti pohybu (Schiffer et al. 2006).

Bylo zjištěno, že rozdíl spotřeby kyslíku při NW a chůzi je maximálně 8% (při rychlosti pohybu 1,8 a 2,4 m.s<sup>-1</sup>), tepová frekvence při NW a chůzi rychlostí 2,4 m.s<sup>-1</sup> byla signifikantně vyšší, než při joggingu prováděném stejnou rychlostí a hladina laktátu v krvi při NW byla vyšší ve všech prováděných měřeních při srovnání s chůzí a proti joggingu byla hladina La vyšší při rychlostech 2,1 a 2,4 m.s<sup>-1</sup>.

Objem vydýchaného CO<sub>2</sub> koresponduje se změnami koncentrace laktátu. S rostoucí rychlostí při joggingu a následným porovnáním s NW a chůzí se signifikantně zvyšovala tepová frekvence při koncentraci La 2 a 4 mmol.l<sup>-1</sup>. Přestože byla rychlost pohybu NW (při koncentraci La 2mmol.l<sup>-1</sup> a 4 mmol.l<sup>-1</sup>) nižší než chůze, srdeční frekvence, ani VO<sub>2</sub> nevykazovaly žádné rozdíly. Při koncentraci La 4 mmol.l<sup>-1</sup> byl VO<sub>2</sub> při chůzi nižší než při joggingu. Při NW však byla spotřeba kyslíku vyšší, než při chůzi.

## **Účinek programu s využitím NW na fyziologické proměnné a jejich zachování u obézních žen.**

Cílem výzkumu, který provedl Figard et al. (2009), bylo ověřit vliv 12-ti týdenního programu na fyziologické proměnné a jejich zachování v tréninku obézních žen středního věku. V programu bylo použito intervalového tréninku NW.

Bylo měřeno celkem 23 žen ve středním věku ( $60 \pm 7$ ), (11 bez holí, 12 s holemi), které podstoupili cvičení 3 krát týdně po dobu 12-ti týdnů.

Byly měřeny následující proměnné: BMI, aktivní tělesná hmota, množství tuku, krevní tlak, spotřeba kyslíku, energetický výdej a bylo hodnoceno subjektivně vnímané úsilí a dodržování tréninkového programu.

Srovnávací analýza ukázala, že ATH, BMI, množství tuku a diastolický tlak se snížili u obou testovaných skupin. Současně se výrazně zvýšila spotřeba kyslíku a energetický výdej u skupiny, která podstoupila trénink NW a to aniž by subjektivně vnímala zvýšení úsilí při tréninku. Stejně tak setrvání v tréninku bylo vyšší u skupiny, která se věnovala NW.

Z výsledků lze usoudit, že obě tréninkové skupiny zlepšily antropometrické parametry, ale pouze skupina, která se věnovala NW, zlepšila svůj fyzický výkon. Navíc se u NW objevuje důležitý faktor setrvání v činnosti.

## **Fyziologická a odezva a vnímání námahy při Nordic Walking u obézních žen středního věku ve srovnání s normální chůzí.**

V této studii, kterou provedl Figard- Fabre et al., (2009), bylo porovnat fyziologickou a vnímavostní odezvu při NW a při chůzi u obézních žen středního věku a dále zjistit, zda tato odpověď byla ovlivněna výukou techniky NW.

Bylo testováno 11 obézních žen středního věku ( $59 \pm 6$  let, výška  $160 \pm 6$  cm, tělesný tuk  $39,64 \pm 3,34\%$ ) při chůzi bez holí a s holemi. Byla provedena měření rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> při sklonu -5, 0 a +5 % a každé trvalo vždy 5 minut. Při nich byl sledován energetický výdej (EC), spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub>), ventilace (VE), srdeční frekvence (HR), hodnocena vnímaná námaha (RPE) a délka krokového cyklu.



Hlavní výsledky kardiopulmonální odpovědi jsou shrnuty v tabulce č. 6.

		$\dot{V}_E$ (l/min)		$\dot{V}_{O_2}$ (ml/min)		$\dot{V}_{O_2}$ (% $\dot{V}_{O_{2peak}}$ )		EC (J/kg/m)		HR (bpm)	
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Downhill	NW	24 ± 6	24 ± 5	887 ± 239	865 ± 115	43 ± 14	41 ± 10	2.42 ± 0.57	2.33 ± 0.36	100 ± 15	92 ± 5
	W	21 ± 6	19 ± 4	721 ± 203	617 ± 122	35 ± 15	29 ± 9	1.80 ± 0.49	1.38 ± 0.26	91 ± 11	83 ± 6
Horizontal	NW	30 ± 6	30 ± 7	1193 ± 229	1174 ± 181	53 ± 15	51 ± 16	3.57 ± 0.50	3.50 ± 0.46	110 ± 13	104 ± 7
	W	27 ± 7	26 ± 7	1063 ± 190	998 ± 216	51 ± 15	48 ± 18	3.09 ± 0.41	2.80 ± 0.44	100 ± 11	93 ± 7
Uphill	NW	43 ± 12	39 ± 12	1656 ± 315	1506 ± 283	78 ± 18	72 ± 19	5.27 ± 0.56	4.71 ± 0.72	126 ± 9	118 ± 10
	W	39 ± 11	37 ± 12	1552 ± 295	1376 ± 257	74 ± 18	66 ± 19	4.88 ± 0.44	4.21 ± 0.46	118 ± 9	112 ± 10

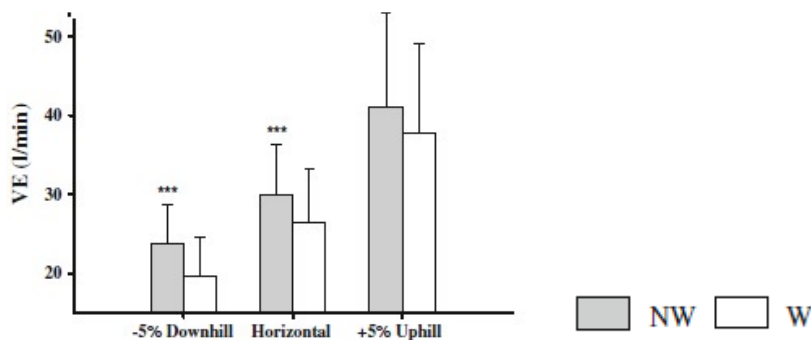
VE Minutová ventilace,  $\dot{V}_{O_2}$  spotřeba kyslíku,  $\dot{V}_{O_2PEAK}$  maximální spotřeba kyslíku měřená při postupném zátěžovém testu do vyčerpání při chůzi, EC energetický výdej, HR tepová frekvence

Downhill chůze z kopce, Horizontal chůze po rovině, Uphill chůze do kopce

Tab. č. 6 Hlavní kardiopulmonální parametry měřené při chůzi (W) a Nordic Walkingu (NW) v závislosti na sklonu a době cvičení před zahájením programu (before) a po jeho skončení (after).

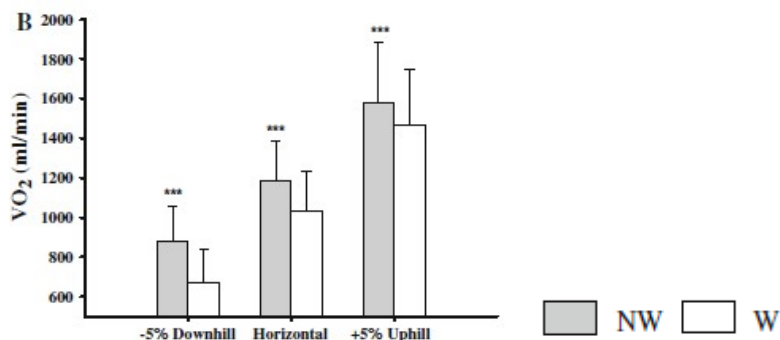
Ventilace při chůzi s holemi byla signifikantně vyšší ( $31,56 \pm 11,09$  l.min<sup>-1</sup>) než při chůzi bez holí ( $27,91 \pm 11,04$  l.min<sup>-1</sup>), (graf č. 5). Podobně i  $\dot{V}_{O_2}$  ( $12313,6 \pm 371,7$  ml vs.  $1050,7 \pm 395,1$  ml.min<sup>-1</sup>), energetický výdej ( $3,6 \pm 1,2$  J.kg<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup> vs.  $3,0 \pm 1,3$  J.kg<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>), srdeční frekvence ( $108 \pm 15$  tepů.min<sup>-1</sup> vs.  $99 \pm 15$  tepů.min<sup>-1</sup>) a délka krokového cyklu ( $1,35 \pm 0,12 \pm 1,25 \pm 0,11$  m) byly při chůzi s holemi vyšší. Naopak subjektivně vnímané úsilí se při použití holí snížilo.

Hodnoty ventilace byly  $21,6 \pm 5,7$ ;  $28,1 \pm 6,8$  a  $39,4 \pm 11,6$  l/min pro chůzi z kopce, po rovině a do kopce. Při měření před a po ukončení programu byly měřeny hodnoty  $30,5 \pm 11,3$  a  $29,0 \pm 11,01$  l.min<sup>-1</sup>. Porovnáním hodnot VE při chůzi s holemi do svahu a bez nich a hodnot VE při chůzi s holemi a bez nich v závislosti na době cvičení, jsou hodnoty VE při chůzi s holemi vždy vyšší



Graf č. 5 Vliv využití NW holí na minutovou ventilaci v závislosti na sklonu svahu (Figard-Fabre et al., 2009.)

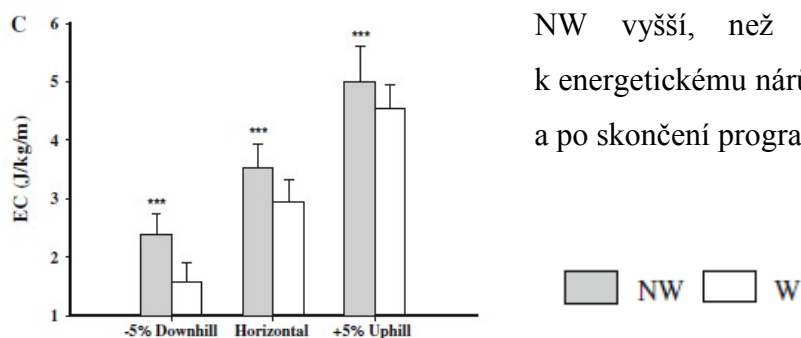
Hodnoty spotřeby kyslíku odpovídaly  $772,5 \pm 204,4$   $1107,1 \pm 213,4$  a  $1522,8 \pm 296,1$   $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$  pro chůzi z kopce, po rovině a do kopce (viz graf č. 6). Hodnoty před zahájením programu a po jeho skončení byly  $1178,9 \pm 414,3$  a  $1089,4 \pm 362,4$   $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ . Hodnoty spotřeby  $\text{O}_2$  se nejvíce zvyšovaly při použití holí. Dále byl zjištěn významný vliv chůze do svahu při NW na spotřebu kyslíku (při chůzi z kopce byl tento rozdíl ještě patrnější), zatímco vliv doby cvičení byl zanedbatelný.



Graf č. 6 Hodnoty spotřeby kyslíku při chůzi a při NW v závislosti na sklonu svahu (Figard-Fabre et al., 2009)

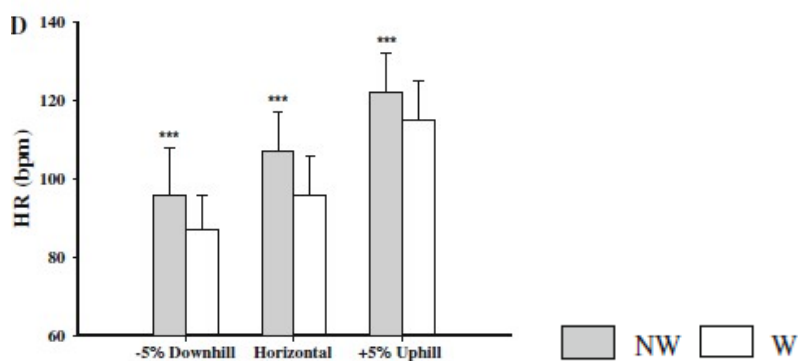
Hodnoty energetického výdeje byly  $2,0 \pm 0,6$  ;  $3,2 \pm 0,5$  a  $4,8 \pm 0,7$   $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ . Hodnoty před a po skončení programu byly  $3,5 \pm 1,3$  a  $3,2 \pm 1,2$   $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ . Největší energetický výdej byl měřen při chůzi s holemi. Kromě toho byla nalezena významná závislost mezi energetickým výdejem při NW a sklonem svahu a NW x dobou cvičení. Stejně tak byla hodnota energetického výdeje vyšší pro všechny porovnávané sklony svahu (výrazněji při chůzi z kopce) při NW než při chůzi bez holí. Při NW došlo při chůzi do kopce, po rovině a z kopce ke zvýšení energetického výdeje o  $55 \pm 37$ ,  $21 \pm 15$  a  $10 \pm 8$  %

(graf č. 7). Stejně tak i hodnoty energetického výdeje v závislosti na době cvičení byly při NW vyšší, než při chůzi. Průměrně došlo k energetickému nárůstu o  $20 \pm 19$  a  $37 \pm 37$  % před a po skončení programu



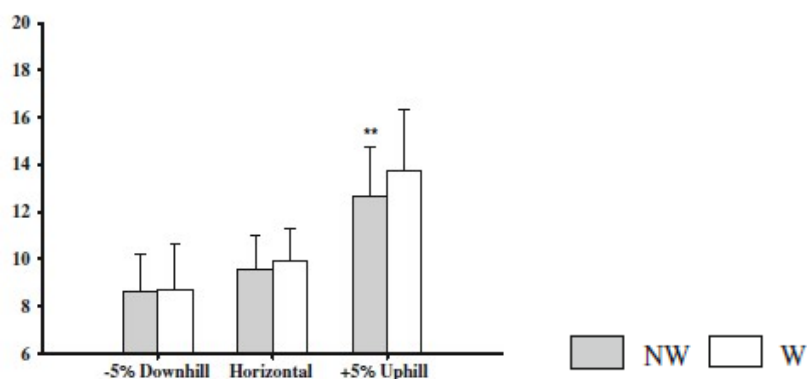
Graf č. 7 Hodnoty energetického výdeje při NW a při chůzi v závislosti na sklonu svahu (Figard-Fabre et al., 2009).

Hodnoty srdeční frekvence byly  $92 \pm 11$ ;  $102 \pm 11$  a  $118 \pm 11$  tepů.min<sup>-1</sup>, pro chůzi z kopce, po rovině a do kopce (viz. graf č. 8). Před a po zahájení programu byly její hodnoty  $107 \pm 16$  a  $100 \pm 14$  tepů.min<sup>-1</sup>. Nejvýznamnější zvýšení SF bylo měřeno vždy při NW oproti běžné chůzi, nicméně nebyl zaznamenán žádný vztah mezi využitím holí a sklonem svahu, ani mezi využitím holí a dobou cvičení



Graf č. 8 Hodnoty TF při NW a chůzi v závislosti na různém sklonu svahu. (Figard-Fabre et al.,2009)

Hodnoty subjektivně vnímaného úsilí byly  $8,6 \pm 2,0$ ;  $9,8 \pm 1,9$  a  $13,2 \pm 2,8$  pro chůzi z kopce, po rovině a do kopce (viz. graf č. 9). Hodnoty před a po skončení programu byly  $10,8 \pm 2,9$  a  $10,3 \pm 2,8$ . Výrazný efekt snížení subjektivně vnímaného úsilí byl sledován vždy při chůzi s holemi. Byl zaznamenán vztah mezi NW a sklonem svahu a NW a dobou cvičení. Při porovnání NW a chůze byly hodnoty nižší pouze při chůzi do kopce. Procento vnímaného úsilí se snižovalo při NW oproti běžné chůzi o  $0,18 \pm 13$ ;  $3 \pm 12$  a  $7 \pm 9$  % při chůzi z kopce, po rovině a do kopce. Před a po ukončení programu došlo ke snížení o  $2 \pm 11$  a  $5 \pm 12$  %.



Graf č. 9 Hodnocení subjektivně vnímaného úsilí při chůzi a NW v závislosti na sklonu svahu (Figard-Fabre et al.,2009).

Výsledky studie potvrdily, že energetický výdej při chůzi s holemi je signifikantně vyšší než při chůzi bez holí a současně dochází při chůzi s holemi ke snížení subjektivně vnímaného úsilí.

Navíc výsledky poukázaly na to, že energetický výdej i objem  $VO_2$  je různý v závislosti na sklonu svahu.

Na základě výsledků studie Figard- Fabra et al. (2009), lze usoudit, že při NW u obézních žen středního věku dochází ke zvýšení energetického výdeje, srdeční frekvence a současně ke snížení úsilí při pohybu ve srovnání s běžnou chůzí pouze při chůzi do kopce. Navíc stačil pouze 4- týdenní kurz k tomu, aby došlo ke zvýšení nároků na kardiovaskulární systém a snížil se pocit vynaloženého úsilí při NW ve srovnání s chůzí.

Proto lze NW považovat za fyzickou aktivitu, kterou lze využít ve veřejném zdravotnictví. Navíc využití holí při chůzi a při zahřívacích a uklidňovacích aktivitách zvyšuje atraktivnost této pohybové aktivity a umožňuje ji také využít u obézních osob, které potřebují další výzkum.

### **Fyziologická odezva na NW s různými délkami holí**

Tato studie, kterou provedl De Angelis et al. (2009), se zabývala vlivem délky holí při NW na energetický výdej a komfort při chůzi.

Studii provedl na 13 účastnících, u kterých měřil spotřebu kyslíku při NW a hodnotil vnímané úsilí při chůzi.

Každý účastník absolvoval měření s holemi délky 55%, 65% a 75% doporučené délky (dle INWA). Měření probíhala v laboratoři na běžeckém trenažeru rychlostí 5 a 6  $km \cdot h^{-1}$ . Ve spotřebě kyslíku byl naměřen rozdíl při chůzi rychlostí 5  $km \cdot h^{-1}$  při délce holí 65% a 75% doporučené délky a při chůzi rychlostí 6  $km \cdot h^{-1}$  byl naměřen rozdíl při srovnání délky 55% a 75% i 65% a 75%. Úsilí vynaložené na chůzi nebylo při různých délkách holí vnímáno různě.

## Energetický výdej a komfort při Nordic Walkingu v závislosti na délce holí

Hansen et al. (2009) ve své studii měřili energetický výdej a komfort při NW a při běžné chůzi při individuálně zvolené rychlosti a s holemi kratšími o 7,5 cm oproti běžné délce. Měření byla provedena při chůzi do kopce (+12%), po rovině a z kopce (-12%). Bylo měřeno 12 účastníků (11 žen, 1 muž) středního věku ( $50 \pm 2,4$  let). Byl měřen příjem kyslíku, ze kterého byl vypočítán energetický výdej, komfort při chůzi byl hodnocen účastníky individuálně. Dále ověřoval hypotézu, že chůze do kopce s kratšími holemi je energeticky náročnější, než chůze s individuálně zvolenou délkou holí, která bude také pohodlnější.

Maximální hodnota příjmu kyslíku byla  $2,86 \pm 0,17 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Doplňující data jsou uvedena v následující tabulce.

Maximal oxygen uptake ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	Respiratory exchange ratio	Pulmonary ventilation ( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ )	Heart rate ( $\text{b} \cdot \text{min}^{-1}$ )	Blood lactate concentration ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )
$43.4 \pm 2.8$	$1.08 \pm 0.01$	$102.5 \pm 5.5$	$179 \pm 3$	$6.1 \pm 0.3$

\* $n = 11$ . Data are mean  $\pm$  SEM.

Tab. č. 7 Výsledky testu maximální rychlost spotřeby kyslíku (Hansen et al., 2009).

Délka holí, kterou si účastníci vybrali, byla průměrně  $115,9 \pm 1,2$  cm, což odpovídá  $67,7 \pm 0,6$  % tělesné výšky.

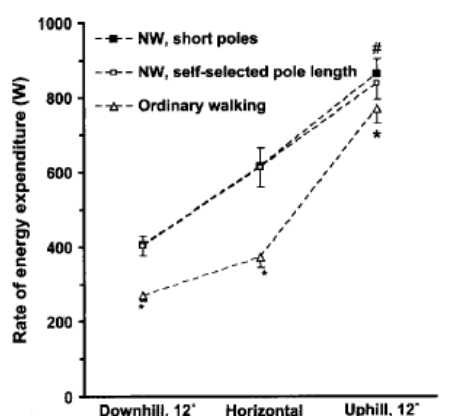
Délka kratších holí pak odpovídala  $63,3 \pm 0,6\%$ , což je  $108,5 \pm 1,2$  cm.

Individuálně zvolená rychlost, při které byli účastníci testováni při chůzi do kopce, z kopce a po rovině byla  $1,13 \pm 0,04$ ,  $1,65 \pm 0,06$  a  $1,5 \pm 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

V průběhu chůze do kopce byly hodnoty MET a energetického výdeje o  $3,0 \pm 1,1$ ,  $3,2 \pm 1,0$  a  $3,2 \pm 1,0$  % vyšší při chůzi s kratšími holemi, než při chůzi s individuálně zvolenou délkou holí, jak dále naznačuje tabulka č. 8.

	Oxygen (L·min <sup>-1</sup> )	% of maximal oxygen uptake	Pulmonary ventilation (L·min <sup>-1</sup> )	Respiratory exchange ratio	MET
<i>Downhill</i>					
Ordinary walking	0.80 ± 0.04	29.1 ± 2.1	26 ± 1	0.83 ± 0.03	3.5 ± 0.1
NW (self-selected pole length)	1.19 ± 0.06‡	43.7 ± 2.4‡	37 ± 2§	0.80 ± 0.02	5.3 ± 0.4§
NW (short pole length)	1.21 ± 0.07	43.9 ± 2.1	36 ± 3	0.79 ± 0.02	5.3 ± 0.4
<i>Horizontal</i>					
Ordinary walking	1.11 ± 0.07	40.0 ± 2.5	31 ± 2	0.80 ± 0.02	4.8 ± 0.3
NW (self-selected pole length)	1.80 ± 0.14‡	64.7 ± 3.4‡	53 ± 5‡	0.85 ± 0.02 <sup>  </sup>	8.0 ± 0.7‡
NW (short pole length)	1.81 ± 0.13	64.5 ± 3.5	52 ± 4	0.85 ± 0.02	8.1 ± 0.7
<i>Uphill</i>					
Ordinary walking	2.24 ± 0.11	80.3 ± 2.7	64 ± 4	0.89 ± 0.01	10.0 ± 0.4
NW (self-selected pole length)	2.42 ± 0.11§	86.8 ± 2.2§	77 ± 4 <sup>  </sup>	0.93 ± 0.02	10.9 ± 0.5 <sup>  </sup>
NW (short pole length)	2.49 ± 0.12 <sup>  </sup>	89.2 ± 2.3 <sup>  </sup>	78 ± 4	0.93 ± 0.01	11.2 ± 0.6 <sup>  </sup>

Tab.č. 8. Fyziologická odezva při chůzi po různém sklonu svahu a s různou délkou holí (Hansen et al., 2009).



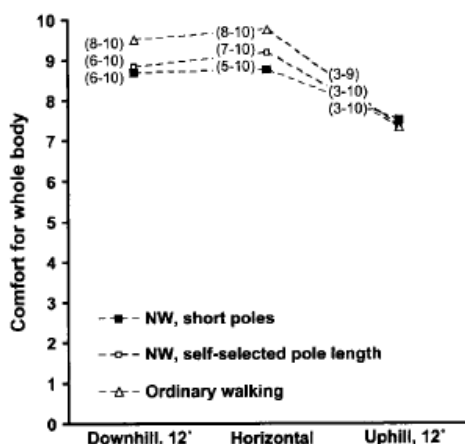
Graf č. 10 Závislost energetického výdeje na chůzi po různých sklonech svahu (Hansen et al., 2009)

Při srovnání chůze s různými délkami holí nebyli pozorovány žádné rozdíly při chůzi po rovině a z kopce. Hodnocení komfortu při chůzi nebylo rozdílné při chůzi po všech typech sklonu a délce holí.

	Comfort	
	Arms and shoulders	Legs
<i>Downhill</i>		
Ordinary walking	9.6 (8–10)	8.9 (6–10)
NW (self-selected pole length)	9.1 (6–10)	8.5 (5–10)
NW (short pole length)	9.1 (7–10)	8.3 (5–10)
<i>Horizontal</i>		
Ordinary walking	9.8 (8–10)	9.6 (8–10)
NW (self-selected pole length)	8.8 (6–10)	9.3 (7–10)
NW (short pole length)	8.8 (5–10)	8.8 (5–10)
<i>Uphill</i>		
Ordinary walking	9.1 (7–10)	7.3 (3–9)
NW (self-selected pole length)	8.2 (5–10)	7.8 (5–10)
NW (short pole length)	8.3 (5–10)	7.4 (5–10)

\*1-velmi, velmi nepohodlné, 10- velmi, velmi pohodlné

Tab. č 9 Hodnocení komfortu při chůzi a NW v závislosti na různém sklonu svahu (Hansen et al., 2009).



Graf č. 10 Hodnocení komfortu při různých typech lokomoce a sklonech svahu (Hansen et al., 2009).

Spotřeba kyslíku byla o  $8,3 \pm 2,5$  ,  $65,2 \pm 11,5$  a  $54,7 \pm 12,5\%$  vyšší při NW s individuálně zvolenou délkou holí do kopce, po rovině a z kopce, než při běžné chůzi. V souvislosti s tím byly hodnoty energetického výdeje a MET o  $9,0 \pm 2,9$  ,  $67,2 \pm 11,7$  a  $54,2 \pm 12,4$  % vyšší při NW do kopce, po rovině a z kopce (viz. graf č. 10 a tab. č. 8).

Relativní intenzita cvičení při NW s individuálně zvolenou délkou holí byla v rozmezí 44- 87% maximální spotřeby kyslíku. Při běžné chůzi intenzita odpovídala 29-89%  $VO_{2max}$ .

Hodnoty měřené při různé délce holí a typech lokomoce zobrazuje tab. č. 9.

Z výsledků studie byly patrné dva výsledky. A sice že energetický výdej při NW do kopce byl o 3% vyšší s kratšími holemi v porovnání s holemi zvolené délky. Zvýšení energetického výdeje se projevilo bez snížení pohodlí. Energetický výdej ani pohodlí při chůzi nebyly při chůzi s různě dlouhými holemi po rovině a z kopce rozdílné. Druhým důležitým výstupem bylo zvýšení energetického výdeje průměrně o 67% při NW po rovině, ve srovnání a chůzi po rovině. Při NW do kopce a z kopce nebyly rozdíly v energetickém výdeji tak výrazné.

### Námaha při chůzi z kopce, po rovině a do kopce s holemi a bez holí

Využití trekkingových holí se stává stále populárnější a to především u starších osob. Snižují zátěž kladenou na dolní končetiny a páteř, zlepšují rovnováhu, oddalují únavu a zapojují do pohybu svalstvo trupu a horních končetin.

V souvislosti s tím vyvstávají některé otázky jako například jak ovlivňuje využití holí energetický výdej při chůzi.

Studie, kterou provedl Perrey a Fabre (2008) zkoumala účinek využití trekingových holí na úsilí vynaložené při chůzi, fyziologické a kinematické parametry a poměr mezi pohybovými a respiračními rytmy.

Studie byla provedena na 12 zdravých mužích a ženách mezi 22 – 49 lety, kteří absolvovali 12 chodeckých tratí po dobu 10 minut individuálně zvolenou rychlostí, se třemi sklony (rovina, chůze do kopce +15% a z kopce -15%). Účastníci tratě absolvovali bez holí, s holemi a se zátěží odpovídající 15% jejich tělesné hmotnosti.

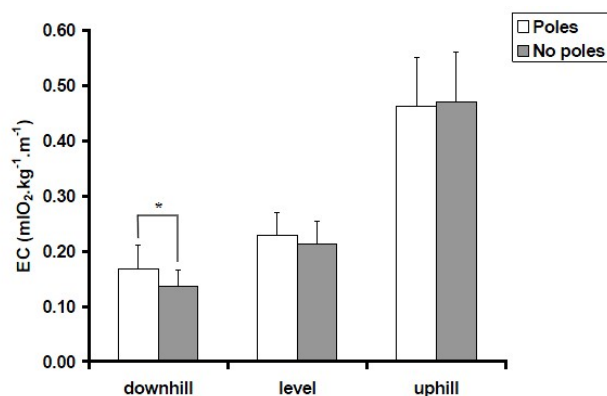
Během testu byla měřena tepová frekvence, spotřeba kyslíku, ventilace a kroková frekvence. Na konci každého testu byl každý účastník dotazován na úroveň úsilí vynaloženého při chůzi.

Respirační hodnoty byly ovlivněny pouze sklonem. Respirační poměr byl výrazně nižší při chůzi po rovině než při chůzi do kopce i z kopce.

Hodnoty  $VO_2$  se zvyšovaly při chůzi se zátěží a chůzi s holemi do kopce a byl sledován vzájemný efekt chůze s holemi a do kopce. Následné testy ukázaly, že nebyly významné rozdíly mezi testy s holemi a bez holí při po rovině a z kopce. Nicméně byly naměřeny vyšší hodnoty  $VO_2$  při chůzi z kopce (+ 19%).

Hodnoty pro energetický výdej byly vyšší při chůzi se zátěží a při chůzi s holemi do kopce. Jak zobrazuje graf č. 11, byly hodnoty energetického výdeje vyšší při chůzi z kopce. Při chůzi se zátěží do kopce byly hodnoty energetického výdeje také vyšší a to o 13%.

Oproti tomu Srdeční frekvence se zvyšovala při chůzi do kopce o 36% ve srovnání s chůzí po rovině a o 52% při chůzi z kopce. Při chůzi se zátěží byly hodnoty SF vyšší o 8% než při chůzi bez zátěže. SF však nebyla ovlivněna použitím holí. Tyto hodnoty



Graf č. 11 Energetický výdej při chůzi s holemi a bez holí z kopce, po rovině a do kopce (Perrey et al., 2008).

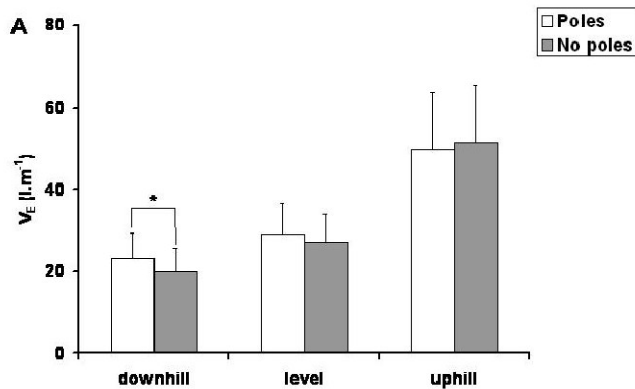
Hodnoty ventilace byly výrazně vyšší při chůzi se zátěží a při chůzi do kopce,



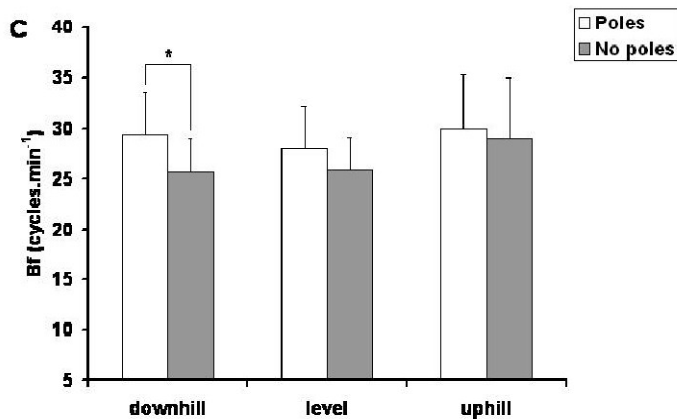
viz.graf č 12. Experimentálně bylo ověřeno, že ventilace byla výrazně vyšší při chůzi z kopce a po rovině.

Hodnoty Bf byly výrazně vyšší při chůzi s holemi než bez a při chůzi se zátěží.

Využití holí při chůzi vyvolává vyšší hodnoty Bf bez ohledu na sklon. Tento rozdíl byl však sledován pouze při chůzi z kopce.



Graf č.12 Hodnoty minutové ventilace ( $V_E$ ) při chůzi s holemi a bez holí při chůzi z kopce, po rovině a do kopce. (Perrey et al., 2008)



Graf č. 13. Hodnoty dechové frekvence při chůzi a NW po rovině, do kopce a z kopce (Perrey et al., 2008)

Subjektivně vnímaná námaha účastníky při chůzi byla vyšší při chůzi po rovině, do kopce a chůzi se zátěží. Vliv zátěže byl výraznější při chůzi do kopce ve srovnání s chůzí po rovině a z kopce.

Účastníci neudávali výrazné rozdíly ve vnímané zátěži při porovnání chůze s holemi a bez nich.

Výsledky ukázaly, že chůze s holemi výrazně ovlivnila respirační proměnné (VE a Bf) a energetický výdej v souvislosti se sklonem svahu.

Studie neprokázala vliv využití holí na srdeční frekvenci, kde hlavní příčinou jejího zvýšení byla především změna podmínek experimentu, jako např. chůze se zátěží.

Srdeční frekvenci, kterou lze v terénních podmínkách považovat za nepřímý ukazatel energetického výdeje, protože je snadněji měřitelná, se však poněkud liší od  $VO_2$ .

Energetický výdej, jak by se dalo usuzovat z hodnot  $VO_2$  a EC byl využitím holí ovlivněn pouze při chůzi z kopce. Hodnoty ventilace nebyly při chůzi po rovině a do kopce příliš ovlivněny využitím holí.

V případě chůze z kopce byly hodnoty ventilace vyšší při chůzi s holemi než při chůzi bez nich.

Hodnoty Bf byly za všech podmínek vyšší při chůzi s holemi než bez nich. Z toho lze usuzovat, že chůze s holemi z kopce způsobuje zvýšení hodnot Bf a tím dochází ke zvýšení ventilace a následnému zvýšení  $VO_2$  a EC.

### **Fyziologická odezva na chůzi s power holemi a bez nich v laboratorních podmínkách**

Power hole jsou speciální hole s pogumovanou špičkou navržené pro chůzi. Použití holí simuluje pohyb paží při běžeckém lyžování a tak zvyšuje množství svalů využitých při pohybu.

Využití paží při pohybu by mohlo potenciálně zvýšit intenzitu chůze při dané rychlosti a poskytnout podnět pro zvýšení vytrvalosti svalstva trupu.

Cílem studie Porcariho et al. (1997), bylo ověřit následující hypotézy:

- 1) Využití holí výrazně zvýší fyziologickou odezvu při oproti chůzi bez holí stejnou rychlostí
- 2) Toto zvýšení bude stejné pro muže i ženy.

Měření bylo provedeno na skupině 16 mužů a 16 žen, kteří šli na běhátku individuálně zvolenou rychlostí.

Mezi sledovanými proměnnými byli: spotřeba kyslíku, srdeční frekvence, kalorický výdej, respirační poměr, vnímané úsilí.

V tabulce č. 10 jsou uvedeny základní charakteristiky účastníků

**Table 1.** Descriptive characteristics of the participants ( $N = 32$ )

	Women ( $n = 16$ )	Men ( $n = 16$ )	Total group ( $N = 32$ )
Age (years)	23.9 ± 3.36	23.3 ± 2.77	23.6 ± 3.05
Height (cm)	167.64 ± 4.34	177.29 ± 6.73*	171.45 ± 7.26
Weight (kg)	63.7 ± 7.9	78.2 ± 5.9*	71.0 ± 10.0
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49.5 ± 6.65	58.9 ± 6.71*	54.2 ± 8.14
HRmax (bpm)	189.9 ± 10.13	193.0 ± 8.47	191.4 ± 9.32
%BF	24.9 ± 2.33	14.8 ± 2.53*	19.9 ± 5.66

Každý z nich šel po obě měření identickou, individuálně zvolenou rychlostí. Muži šli průměrnou rychlostí 7 km.h<sup>-1</sup> ± 0,4 km.h<sup>-1</sup>, ženy 6,1 km.h<sup>-1</sup> ± 0,65 km.h<sup>-1</sup>.

Tab.č.10 Základní charakteristika účastníků (Porcari et al., 2007)

Chůze s holemi vyvolala významně vyšší fyziologickou odpověď než chůze bez holí pro všechny měřené proměnné. Muži spotřebovali více kyslíku ve srovnání se ženami a spálili více kalorií. Nicméně velikost změn mezi kondicemi byla podobná u obou pohlaví. Srdeční

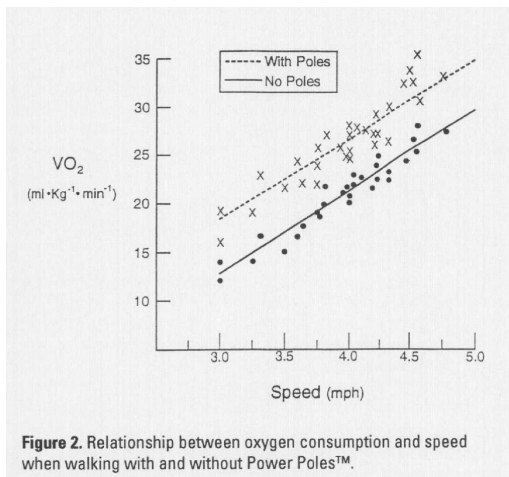
	NP	WP	% Change
VO <sub>2</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )			
Men	21.7 ± 1.81	26.9 ± 2.26*	24
Women	17.6 ± 2.69	22.1 ± 2.91*	26
Overall	19.6 ± 3.08	24.0 ± 3.23*	23
Kcal·min <sup>-1</sup>			
Men	8.3 ± 0.96	10.0 ± 1.17*	21
Women	5.4 ± 1.13	6.9 ± 1.25*	28
Overall	6.9 ± 1.78	8.4 ± 1.97*	22
HR (bpm)			
Men	114 ± 11.5	129 ± 13.2*	13
Women	113 ± 15.6	134 ± 19.2*	19
Overall	114 ± 13.5	132 ± 16.5*	16
%HRmax			
Men	58 ± 5.7	65 ± 6.6*	12
Women	58 ± 7.9	69 ± 9.8*	19
Overall	58 ± 6.8	67 ± 8.3*	16
RPE			
Men	10.6 ± 1.67	11.7 ± 1.94*	10
Women	10.3 ± 1.46	12.2 ± 2.27*	18
Overall	10.4 ± 1.55	11.9 ± 2.10*	14
RER			
Men	.85 ± .05	.94 ± .03*	11
Women	.85 ± .08	.92 ± .08*	9
Overall	.85 ± .09	.93 ± .05*	10

frekvence se při chůzi s holemi u obou pohlaví zvýšila průměrně o 15-21 tepů.min<sup>-1</sup>. To vyvolalo podobné procentuální zvýšení SFmax. Při které účastníci pracovali. Kromě toho ženy i muži vnímali zvýšení námahy při chůzi s holemi, přičemž u žen byla subjektivně vnímaná námaha vyšší. RER byl při chůzi s holemi výrazně vyšší, což odráží vyšší intenzitu při cvičení.

Tab. č. 10 Průměrné hodnoty fyziologických proměnných (Porcari et al., 2007)

Bylo prokázáno, že příjem kyslíku při chůzi s holemi se zvýšil asi o 23% (4,4 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) oproti chůzi bez holí.

Využití holí při pohybu vyústilo ve zvýšení tepové frekvence průměrně o 18 tepů.min<sup>-1</sup> více, než při chůzi bez holí. Srdeční frekvence se tak zvýšila z původních 58% SF<sub>max.</sub> na 67 %SF<sub>max.</sub>. Subjektivně vnímané úsilí při chůzi s holemi se zvýšilo u žen i u mužů, přičemž ženy vnímaly toto úsilí o něco více, než muži. Graf č.14 znázorňuje závislost VO<sub>2</sub> na rychlosti chůze s holemi a bez holí. Při chůzi s holemi bylo dosaženo stejné hodnoty VO<sub>2</sub>, jako při chůzi bez holí rychlostí o 0,8- 1,1 km.h<sup>-1</sup> vyšší.



Graf č. 14. závislost spotřeby VO<sub>2</sub> na rychlosti lokomoce (Porcari et al., 1997).

## 2.6 Způsoby měření energetického výdeje

Savci a člověk žijící v atmosféře získávají energii zpracováním energetických zdrojů (nutritivních látek) při aerobní oxidaci (Trojan et al., 1987).

Pro přesnou kvantifikaci energetického výdeje se používají dva různé přístupy- přímá a nepřímá kalorimetrie- z nichž každý využívá jiných principů měření.

### 2.6.1 Přímá kalorimetrie

Všechny tělesné metabolické procesy jsou spojeny s tvorbou tepla. V průběhu let byla vyvinuta řada přístrojů založených na různých principech měření tepla produkovaného při těchto procesech.

U vzduchového kalorimetru se využívá k určení produkce tepla metoda založená na principu toho, že změny teploty ve vzduchu, který proudí skrz oddělený prostor, jsou násobeny hmotností vzduchu a měrným teplem (včetně tepelných ztrát způsobených odpařováním).

Vodní kalorimetr využívá podobného principu, s tím rozdílem, že změny teploty jsou zaznamenávány ve vodě proudící skrz cívku a která je součástí astronautických obleků.

Vrstevnatá kalorimetrie měří tělesné teplo, které proudí od subjektu k listům izolačního papíru (s odpovídajícím potrubím a chladnější vodou proudící vně).

V případě uskladňovací kalorimetrie sedí testovaný v izolované nádrži (jímce), obklopené známým množstvím vody o konstantní teplotě. Teplo, které účastník vydá, mění teplotu okolní vody, která je měřena.

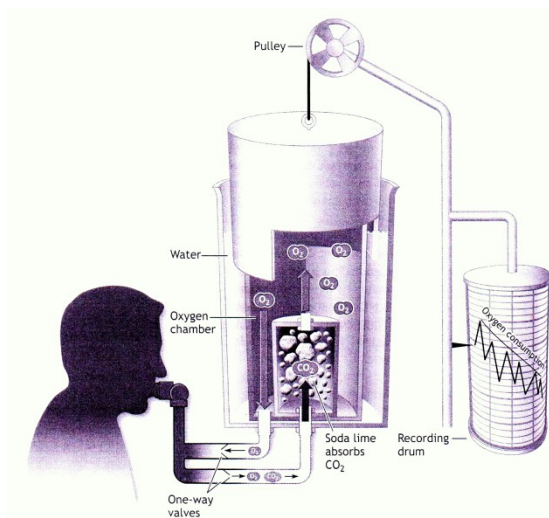
Přímé měření produkce tepla má značný teoretický význam, ale také limitující praktické využití. Přesné měření produkce tepla kalorimetriím časově a prostorově náročné a vyžaduje značnou technickou expertizu. Proto přímá kalorimetrie zůstává neaplikovatelná pro určení energetického výdeje u většiny sportů, zaměstnání a volnočasových aktivit (Katch et al., 2007).

## **2.6.2 Nepřímá kalorimetrie**

Vychází z hypotézy, že k oxidování látky potřebujeme kyslík a spotřeba 1l O<sub>2</sub> uvolňuje v organismu různé množství energie v závislosti na oxidovaném substrátu. (Trojan et al., 1982)

Veškeré energie uvolňující reakce v těle nakonec závisí na využití kyslíku. Měření spotřeby kyslíku při fyzické aktivitě poskytují výzkumy s nepřímým, ale velmi přesným odhadem energetického výdeje. Měření vycházející z nepřímé kalorimetrie vykazují srovnatelné výsledky jako při přímé kalorimetrii. Mezi varianty nepřímé kalorimetrie patří uzavřená (closed-circuit) a otevřená (opened-circuit) spirometrie (Katch et al., 2007).

### Uzavřená spirometrie (closed-circuit spirometry)



Tato metoda byla vyvinuta na konci 18. stol. a dodnes je využívána v nemocnicích a výzkumných laboratořích k odhadu úrovně klidového metabolismu. Jak je zobrazeno na obr. č. 17. Testovaný dýchá 100% kyslík ze spirometru. Celé zařízení tvoří uzavřený systém, protože testovaný dýchá pouze plyn ve spirometru. Do zařízení je umístěna plechovka s hydroxidem sodným (granulovaná „soda lime“ - absorbuje z dýchacích plynů  $\text{CO}_2$ ),

*Obr.č.17 uzavřená spirometrie (Katch et al., 2007).*

který absorbuje  $\text{CO}_2$  z vydechovaných plynů. Ke spirometru je přiložen buben, který se otáčí známou rychlostí a zaznamenává množství vdechovaného kyslíku a tím i jeho spotřebu.

Při cvičení se tato metoda jeví jako problematická, protože testovaný musí zůstat v těsné blízkosti objemného zařízení, okruh klade značný odpor při zvýšené ventilaci při cvičení a odstranění vydýchaného  $\text{CO}_2$  zaostává rychlostí jeho produkce během intenzivního cvičení. Proto otevřená spirometrie zůstává nejrozšířenější laboratorní metodou měření spotřeby kyslíku (Katch et al., 2007).

### Otevřená spirometrie (opened-circuit spirometry)

Tato metoda poskytuje relativně snadný způsob měření spotřeby kyslíku. Testovaný dýchá okolní vzduch s konstantním složením (21%  $\text{O}_2$ , 0,03 %  $\text{CO}_2$ , 78 % N, a méně než 1% vzácných plynů). Procentuelní změny ve složení vydechovaného vzduchu ve srovnání s vdechovaným okolním vzduchem nepřímo reflektují probíhající proces energetického metabolismu. Analýza dvou faktorů- objemu vzduchu vdechovaného v průběhu určité doby a složení vydechovaného vzduchu- umožňují praktickým způsobem měřit spotřebu kyslíku a z něj odvodit energetický výdej. Na principu nepřímé kalorimetrie jsou založeny následující způsoby měření spotřeby kyslíku:

- Přenosná spirometrie
- „bag“ technika
- Metabolický analyzátor

## Měření pomocí metabolického analyzátoru

S pokročilou počítačovou a mikroprocesorovou technologií lze rychle měřit metabolickou a fyziologickou odpověď při cvičení, přestože byly vzneseny otázky týkající se široce používaného způsobu snímání ventilačních parametrů způsobem „breath-by-breath“. Počítač interferuje s nejméně třemi akty: systém kontinuálně odebírá vzorky vydechovaného vzduchu, přístroj k měření průtoku zaznamenává objem dýchaného vzduchu a analyzátoři kyslíku a oxidu uhličitého k měření složení vydechovaného vzduchu. Na základě informací, které počítač přijímá z přístroje, pak provádí metabolické výpočty. Numerické, nebo grafického zobrazení dat se zobrazuje po celou dobu měření. Pokročilejší systémy zahrnují také měření krevního tlaku, tepové frekvence a tělesné teploty, včetně přednastavených pokynů k regulaci rychlosti, délky trvání a intenzity cvičení na bicyklovém ergometru, stepperu, běhátku, nebo jiném přístroji.

Počítačové systémy poskytují značné výhody ve smyslu snadného ovládní a rychlosti analýzy dat, ale existují také nevýhody těchto systémů. Mezi ně patří značná nákladnost zařízení a vybavení a zpoždění kvůli systémovým chybám. Samozřejmě dobré výsledky vyžadují dobrá data. Bez ohledu na propracovanost konkrétního automatizovaného systému, výstupní data stále odráží přesnost měřicího zařízení. Proto pro přesnost a platnost měřících přístrojů je vyžadována pečlivá a častá kalibrace při využití stávajících referenčních norem.

Porovnáním energetického metabolismu přímou a nepřímou kalorimetrií poskytují přesvědčivé důkazy o validitě nepřímých metod. Studie provedená na počátku 19. Století měřila po dobu 40 dnů tři muže, kteří nosili kalorimetr podobný, jako je na obr. č. 17. Průměrný denní energetický výdej měřený přímou kalorimetrií pomocí produkce tepla byl 2723 kCal, zatímco při měření uzavřeným spirometrem byl energetický výdej vypočítán ze spotřeby kyslíku na 2717 kCal.den<sup>-1</sup>. I další testy také poukazují na výraznou shodu mezi přímými a nepřímými metodami. Ve většině případů je odchylka menší než 1% (Katch et al, 2007).

### 2.6.3 Respirační kvocient

Výzkum na počátku 20. Století odhalil způsob jak hodnotit metabolickou směs metabolizovanou v klidu a při cvičení z měření výměny dýchacích plynů. Z důvodů rozdílného chemického složení sacharidů, tuků a bílkovin, vyžadují tyto molekuly různá množství kyslíku k úplné oxidaci pro vznik CO<sub>2</sub> a vody jako konečných produktů. Tak se množství CO<sub>2</sub> produkovaného za jednotku spotřebovaného O<sub>2</sub> liší v závislosti na typu katabolizovaného substrátu (sacharidy, tuky, bílkoviny).

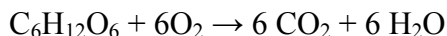
Respirační kvocient (RQ) popisuje poměr mezi metabolickou výměnou plynů:

$$\text{RQ} = \text{CO}_2 (\text{produkovaný}) \div \text{O}_2 (\text{spotřebovaný})$$

RQ určuje jednoduchým způsobem přibližné složení výživové směsi katabolizované na energii při odpočinku a aerobním cvičení. Protože se kalorické ekvivalenty pro kyslík poněkud liší v závislosti na druhu oxidovaných živin, přesné určení produkce tepla nepřímou kalorimetrií vyžaduje měření jak RQ, tak i a spotřeby kyslíku.

#### RQ pro sacharidy:

Výměna plynů:



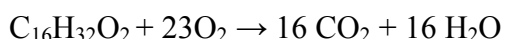
$$\text{RQ} = 6 \text{CO}_2 / 6\text{O}_2 = \mathbf{1,00}$$

Při oxidaci glukózy je produkováno stejné množství molekul CO<sub>2</sub> jako je spotřebováno molekul O<sub>2</sub>. Proto je RQ pro sacharidy = 1

#### RQ pro tuky

Chemické složení tuků je odlišné od složení sacharidů, protože tuky ve své molekule obsahují více vodíkových a uhlíkových atomů než atomů kyslíku. V důsledku toho je ke katabolismu tuků potřeba více molekul kyslíku, než je produkováno CO<sub>2</sub>.

Oxidace kyseliny palmitové probíhá podle následujícího schématu:



$$\text{RQ} = 16 \text{CO}_2 / 23 \text{O}_2 = \mathbf{0,696}$$

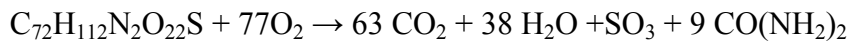
Hodnoty pro oxidaci tuků se pohybují v rozmezí 0,69 – 0,73 v závislosti na délce řetězce oxidované mastné kyseliny.



### **RQ pro bílkoviny**

Bílkoviny nejsou v metabolismu oxidovány na CO<sub>2</sub> a vodu, jako je tomu u sacharidů. Nejdříve dochází k jejich deaminaci na molekuly aminokyselin, ze kterých je v těle extrahována síra a dusík. Zbytky keto-kyselin jsou teprve potom oxidovány na konečné produkty, vodu a CO<sub>2</sub>, které poskytují energii pro biologickou práci. K dosažení kompletního spálení tyto krátké řetězce ketokyselin, jako v katabolismu tuků, potřebují dodat více O<sub>2</sub> než je produkováno CO<sub>2</sub>.

Albumin oxiduje následujícím způsobem:



$$RQ = 63 CO_2 / 77O_2 = \mathbf{0,818}$$

Hodnota 0,82 obecně charakterizuje RQ pro bílkoviny

### **Hodnoty RQ pro smíšenou stravu**

RQ počítaný z analýzy vydechaného vzduchu zpravidla odráží katabolismus smíchaný ze sacharidů, tuků i bílkovin. Je možné určit přesný podíl každé z těchto živin v metabolické směsi. Například ledviny vyloučí přibližně 1g dusíku do moči na každých 5,57-6,25 g bílkovin metabolizovaných na energii. Každý gram vyloučeného dusíku je spojen s produkcí přibližně 4,8 l CO<sub>2</sub> a spotřebou O<sub>2</sub> okolo 6,0 l.

### **Respirační poměr**

RQ předpokládá, že výměna O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> v plicích odráží výměnu plynů z katabolismu makroživin v buňce. Tento předpoklad je platný pouze za klidových podmínek, nebo nacházeli se organismus při cvičení v setrvalém stavu s malým podílem anaerobního metabolismu. Několik faktorů mění výměnu O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> v plicích. Když toto nastane, poměr výměny plynů dále nevyjadřuje pouze směs substrátů v energetickém metabolismu. Poměr mezi produkovaným množstvím CO<sub>2</sub> a spotřebovaným množstvím O<sub>2</sub> se pak nazývá respirační poměr (R, nebo RER). V tomto případě výměna plynů v plicích dále neodráží oxidaci v buňkách závislou na konkrétní stravě. Přesto je RER vypočítáván stejným způsobem jako RQ. Pro příklad, CO<sub>2</sub> se snižuje při hypoventilaci, protože dýchání se zrychluje neúměrně vzhledem k metabolickým požadavkům. Hyperventilace tak snižuje normální hladinu CO<sub>2</sub> v krvi, protože je tento plyn vydýcháván z plic spolu s vydechaným vzduchem bez

odpovídajícího zvýšení spotřeby kyslíku. Proto se zvyšuje respirační poměr (obvykle nad hodnotu 1,00), ale neodráží oxidaci makroživin.

Náročná fyzická činnost je dalším příkladem, kdy se RER zvyšuje nad hodnoty 1. Bikarbonátové nárazníky v krvi neutralizují laktát vznikající při anaerobním metabolickém krytí, aby zachovaly acido-bazickou rovnováhu. Laktátový nárazník produkuje slabou, kyselinu uhličitou, která se v plicních kapilárách rozkládá na vodu a CO<sub>2</sub>. RER se zvyšuje, protože nárazníkové systémy přidávají tento CO<sub>2</sub> do vydechaného vzduchu a jeho obsah se tak oproti běžným hodnotám zvyšuje.

Ve vzácných případech RER přesahuje hodnotu 1,00 a to když subjekt získává tělesný tuk z nadbytečného příjmu sacharidů. V situaci lipogeneze dochází k přeměně sacharidů na tuky a uvolňování kyslíku jako nadbytečné energie, která se hromadí v tukové tkáni. Uvolněný kyslík pak dodává energii na látkovou výměnu; to redukuje příjem atmosférického kyslíku plicemi, přestože dochází k normální produkci CO<sub>2</sub>.

Stejně tak se mohou vyskytnout i relativně nízké hodnoty RER. Namáhavé cvičení způsobuje, že buňky a tělní tekutiny zadržují CO<sub>2</sub>, aby doplnili uhličitán sodný, který vyrovnává hromadící se laktát. Tato reakce, která doplňuje alkalickou rezervu, snižuje množství vydechaného CO<sub>2</sub> bez vlivu na spotřebu O<sub>2</sub> a může způsobit propad RER až pod hodnotu 0,70 (Katch et al., 2007).

## **3. Cíle a úkoly**

### **3.1 Cíl práce**

Porovnat fyziologické zatížení chůze s holemi (Nordic Walkingu) a bez holí při rychlostech 4 km.h<sup>-1</sup> a 6 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 0 a 10 %.

### **3.2 Úkoly práce**

- 1) Shromáždit teoretické podklady o chůzi Nordic Walking
- 2) Shromáždit teoretické podklady o fyziologické odezvě na zátěž a způsobech měření energetického výdeje
- 3) Vybrat vhodné účastníky pro uskutečnění měření
- 4) Zpracovat a interpretovat data
- 5) Porovnat získaná data

## 4. Hypotézy

**H1:**

Srdeční frekvence, ventilace a spotřeba kyslíku bude při NW vyšší než u chůze.

## 5. Metodika práce

### 5.1 Charakteristika sledovaného souboru

Pro studii jsme zvolili 6 žen (věk  $27 \pm 1$  let,  $56 \pm 5$  kg a  $164 \pm 4$  cm). Všichni testovaní byli zdraví jedinci, kteří měli předcházející zkušenost s chůzí za pomoci NW holí. Všichni jsou také aktivními sportovci, jeden z nich má chůzi s holemi zařazenou jako součást tréninku. Výběr byl založen na dobrovolnosti a zájmu o spolupráci. Zpracování a prezentace výsledků probíhala anonymně.

### 5.2 Charakteristika použitých metod

Při zjišťování energetické náročnosti jsme použili nepřímé kalorimetrie. Pomocí spirometru Ergostik (výrobce Geratherm, Německo) jsme změřili minutovou spotřebu kyslíku, minutovou ventilaci. Srdeční frekvenci jsme snímali přístrojem Polar RS 400. Energetickou náročnost jsme vypočítali z hodnot spotřeby kyslíku na základě kalorického ekvivalentu.

U každého účastníka jsme měřili celkem 8 sekvencí - chůzi bez holí a s holemi rychlostí 4 a 6  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  do svahu o sklonu 0 a 10%. Každá sekvence měření trvala 4 minuty, mezi měřeními chůze do svahu 0 a 10% byla provedena pauza, ve které došlo k návratu proměnných do klidových hodnot. Z každé sekvence měření jsme vypočítali aritmetický průměr hodnot minutové ventilace a  $\text{VO}_2$  a to vždy v intervalu od 2:00 do 3:40 minuty.

Pro kontrolu závislosti ventilace na srdeční frekvenci jsme u 1 účastníka provedli kontrolní měření chůze s holemi a bez holí rychlostí 6  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , kdy se každou minutu zvyšoval sklon svahu o 1,5 % až do 19,5%.

### 5.3 Vyhodnocení a interpretace dat

Základní deskriptivní statistika (aritmetický průměr, směrodatná odchylka) byla použita k hodnocení fyziologických parametrů (srdeční frekvence, minutová ventilace, spotřeba kyslíku, relativní spotřeba kyslíku a energetická náročnost)

Z naměřených hodnot minutové spotřeby kyslíku jsme pro každou sekvenci vypočítali relativní spotřebu kyslíku (vztaženou na 1 kg tělesné hmotnosti) u všech účastníků a z vypočítaných průměrných hodnot relativní spotřeby kyslíku jsme stanovili minutový energetický výdej, podle energetického ekvivalentu stanoveného dle RER. Přitom jsme

vycházeli z předpokladu, že na 1l spotřebovaného O<sub>2</sub> dochází jeho oxidací k uvolnění energie 4,825 kCal (Katch et al., 2007). Pro všechna získaná data jsme určili směrodatnou odchylku

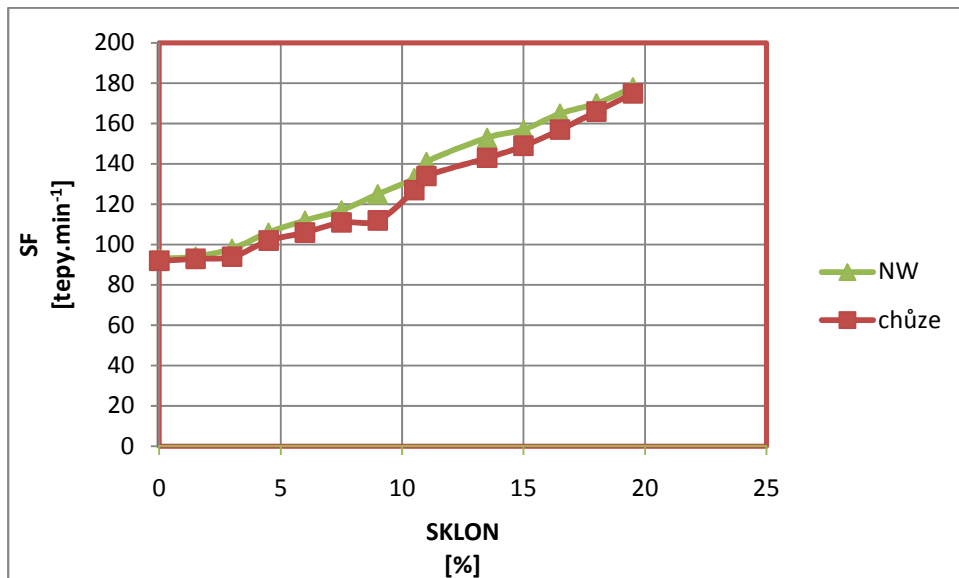
## 6. Výsledky práce

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty minutové ventilace (VE) srdeční frekvence (SF) a vypočítané hodnoty relativního energetického výdeje vztaženého na jednotku hmotnosti (EC<sub>rel</sub>), měřené u jednotlivých účastníků při chůzi bez holí a s holemi rychlostí 4 a 6 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 0 a 10%.

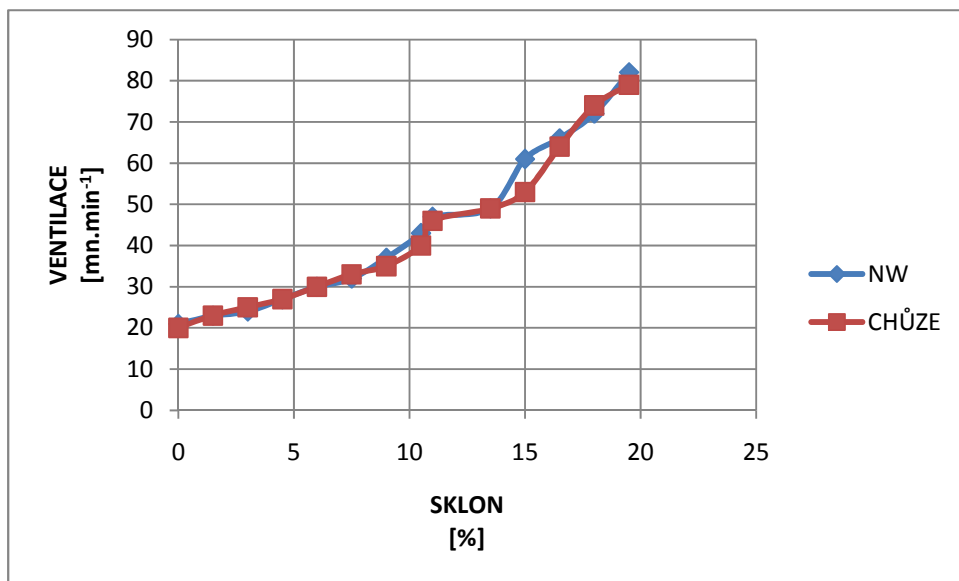
<b>4km.h<sup>-1</sup></b>					
chůze			<b>NW</b>		
VE [l.min <sup>-1</sup> ]	EC [Cal.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	SF [tep.min <sup>-1</sup> ]	VE [l.min <sup>-1</sup> ]	EC [Cal.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	SF [tep.min <sup>-1</sup> ]
<b>20 ± 3</b>	<b>5,32 ± 0,76</b>	<b>89 ± 5</b>	<b>21 ± 2</b>	<b>6,35 ± 0,59</b>	<b>93 ± 9</b>
<b>4 km.h<sup>-1</sup> 10%</b>					
chůze			<b>NW</b>		
VE [l.min <sup>-1</sup> ]	EC [Cal.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	SF [tep.min <sup>-1</sup> ]	VE [l.min <sup>-1</sup> ]	EC [Cal.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	SF [tep.min <sup>-1</sup> ]
<b>29 ± 2</b>	<b>8,86 ± 0,80</b>	<b>112 ± 7</b>	<b>33 ± 2</b>	<b>9,45 ± 0,52</b>	<b>120 ± 9</b>
<b>6km.h<sup>-1</sup></b>					
chůze			<b>NW</b>		
VE [l.min <sup>-1</sup> ]	EC [Cal.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	SF [tep.min <sup>-1</sup> ]	VE [l.min <sup>-1</sup> ]	EC [Cal.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	SF [tep.min <sup>-1</sup> ]
<b>26 ± 2</b>	<b>7,44 ± 0,70</b>	<b>101 ± 9</b>	<b>30 ± 2</b>	<b>8,21 ± 0,78</b>	<b>109 ± 11</b>
<b>6km.h<sup>-1</sup> 10%</b>					
chůze			<b>NW</b>		
VE [l.min <sup>-1</sup> ]	EC [Cal.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	SF [tep.min <sup>-1</sup> ]	VE [l.min <sup>-1</sup> ]	EC [Cal.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	SF [tep.min <sup>-1</sup> ]
<b>48 ± 4</b>	<b>14,19 ± 0,78</b>	<b>150 ± 12</b>	<b>53 ± 4</b>	<b>14,9 ± 0,94</b>	<b>160 ± 13</b>

Tab. č. 11 Průměrné hodnoty minutové ventilace, relativního energetického výdeje a srdeční frekvence při chůzi a NW rychlostí 4 a 6 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 0 a 10 %.

Následující grafy zobrazují závislost SF a VE na sklonu svahu.



Graf č. 15 Vliv sklonu svahu na SF při chůzi a NW rychlosti 6 km.h<sup>-1</sup>



Graf č. 16 Vliv sklonu svahu na ventilaci při chůzi a NW rychlosti 6 km.h<sup>-1</sup>

Z grafů je patrné, že zatímco ventilace se s rostoucím se sklonem svahu při chůzi i při NW příliš nelišila, v případě SF s rostoucím sklonem svahu došlo při NW k jejímu zvýšení. Jak je také patrné podle strmosti křivek, došlo s rostoucím sklonem k výraznějšímu nárůstu SF, než VE.

## 7. Diskuse

- **Porovnání energetického výdeje při NW a chůzi rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 0°**

Při NW rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> byla průměrná hodnota ventilace  $2 \pm 21$  l.min<sup>-1</sup>, relativního energetického výdeje  $6,35 \pm 0,59$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a SF  $93 \pm 9$  tepů.min<sup>-1</sup>. Oproti běžné chůzi, kde jsme naměřili hodnoty VE, EC a SF  $20 \pm 3$  ml.l<sup>-1</sup>,  $5,32 \pm 0,76$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a  $89 \pm 5$  tepů.min<sup>-1</sup>, tak došlo k nárůstu o 1 l.min<sup>-1</sup> v případě ventilace, o 1,03 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> v případě relativního energetického výdeje a o 4 tepy.min<sup>-1</sup> u SF.

Nárůst hodnot je ve shodě se studií Figard-Fabra et al.(2009), který měřil stejné fyziologické proměnné u obézních žen středního věku při chůzi rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup>. Tyto hodnoty však v jeho studii byly výrazně vyšší a to v případě VE o 6 l/min při chůzi a o 9 l.min<sup>-1</sup> při NW, SF byla vyšší u chůze o 4 tepy.min<sup>-1</sup> a 9 tepů.min<sup>-1</sup> při NW. EC výdej byl naopak výrazně nižší.

Tyto odchylky mohly být způsobeny výběrem účastníků a také technikou NW. Je pravděpodobné, že pro trénované jedince, adaptované na zátěž není zatížení při rychlosti lokomoce 4 km.h<sup>-1</sup> dostatečné k tomu, aby došlo k odpovídajícímu nárůstu hodnot fyziologických proměnných. Dalším důvodem nižšího nárůstu těchto proměnných může být i horší technika NW účastníků ve srovnání s účastníky ve studii Figard-Fabra et al. (2009), kteří prošli 12- týdenním výcvikem správné techniky NW, která zásadním způsobem ovlivňuje nejen Energetický výdej ale také ventilační funkce.

- **Porovnání energetického výdeje při NW a chůzi rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 10%**

Změřením a následným porovnáním hodnot VE, EC a SF při chůzi a NW rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> do svahu o sklonu 10% jsme opět zaznamenali jejich zvýšení a to 4 l.min<sup>-1</sup> u VE, 0,59 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel</sub> a 8 tepů.min<sup>-1</sup> u SF. Při porovnání s hodnotami pro NW rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 0% došlo dokonce ke zvýšení o 12 l.min<sup>-1</sup> u VE, o 3,1 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel</sub> a 27 tepů/min u SF. Takto výrazné zvýšení hodnot, a to i v případě porovnání nárůstu hodnot u chůze vs. NW při rychlosti 4 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 10%, může poukazovat na větší zapojení paží a svalstva trupu do pohybu právě při chůzi do kopce.



Výsledky měření potvrdily závěry studie Figard-Fabra et al. (2009), který měřil změnu hodnot VE, EC a SF při chůzi rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> a sklonu a svahu 5 %. Hodnoty VE se při NW oproti chůzi zvýšily o 2 l.min<sup>-1</sup>, EC vzrostl o 0,5 J.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> a SF o 6 tepů.min<sup>-1</sup>.

Stejně tak i Hansen (Hansen et al., 2009), který měřil energetický výdej při chůzi a NW rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 12% se standardní délkou holí doporučenou INWA a s kratšími holemi (-7,5 cm) experimentálně ověřil, že při NW je energetický výdej při NW průměrně o 8,3 % vyšší, než při chůzi. Při NW s kratšími holemi je energetický výdej dokonce ještě o další 3% vyšší, než při NW se standardizovanou délkou holí.

- **Porovnání energetického výdeje při NW a chůzi rychlostí 6 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 0%.**

Při chůzi rychlostí 6 km.h<sup>-1</sup> jsme naměřili hodnoty V<sub>E</sub> 26± 2 l.min<sup>-1</sup>, EC<sub>rel</sub> 7,44 ± 0,70 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a SF 101 ± 9 tepů.min<sup>-1</sup> při NW došlo ke zvýšení těchto hodnot o 4 l.min<sup>-1</sup> u V<sub>E</sub>, 0,77 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel</sub> a 8 tepů.min<sup>-1</sup> u SF. Výsledky měření potvrdily výsledky studie Porcariho et al. (1997), který při chůzi rychlostí 6 km.h<sup>-1</sup> zaznamenal zvýšení měřených parametrů o 5 l.min<sup>-1</sup> u V<sub>E</sub>, o 0,5 kCal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC a o 21 tepů.min<sup>-1</sup> u SF a potvrdil tak tvrzení, že při NW dochází ke zvýšení energetického výdeje, nárůstu SF a ventilačních parametrů. Stejně tak došlo ke shodě s výsledky De Angelise et al. (2009), který porovnával energetický výdej, resp. spotřebu VO<sub>2</sub>, při chůzi a NW s různou délkou holí při rychlosti 6 km.h<sup>-1</sup>. Délka holí odpovídala 55, 65 a 75 % tělesné výšky a ve všech třech případech došlo ke zvýšení energetického výdeje.

Naopak výsledky nepotvrdily závěr studie Perrey- Fabra (2008), kteří porovnávali odezvu na NW a chůzi individuálně zvolenou rychlostí (ženy 6 km.h<sup>-1</sup>, muži 7 km.h<sup>-1</sup>) při sklonech svahu 0 a ± 15 %. V tomto případě došlo při NW ke zvýšení SF při chůzi do kopce o 36%, EC se zvyšoval pouze při chůzi z kopce a po rovině a při chůzi do kopce se naopak snižoval a to o 19%. Dle jejich závěrů využití holí výrazně neovlivňuje fyziologickou odezvu při NW ve srovnání s chůzí. Zvýšení energetického výdeje při chůzi z kopce potvrzuje i Katch (Katch et al., 2007), podle kterého se energetický výdej zvyšuje od sklonu svahu - 12%, kdy je třeba zapojit do pohybu více svalů, které brzdí pohyb a udržují konstantní rychlost tohoto pohybu.

- **Porovnání energetického výdeje při NW a chůzi rychlostí 6 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 10%.**

Při chůzi rychlostí 6km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 10% jsme naměřili následující hodnoty VE 48 ± 2 l/min, EC<sub>rel.</sub> 14,19 ± 1,21 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a SF 150 ± 12 tepů.min<sup>-1</sup> pro chůzi. Při NW se tyto hodnoty zvýšily na 53 l.min<sup>-1</sup> u VE, 14,9 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel.</sub> a 160 tepů.min<sup>-1</sup> u SF. Z toho vyplývá, že rozdíl při chůzi a NW byl 5 l.min<sup>-1</sup> u Ve, 0,71 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel.</sub> a 10 tepů.min<sup>-1</sup> SF. Porovnáním hodnot fyziologických proměnných při NW rychlostí 6km.h<sup>-1</sup> u obou sklonů svahu jsme zjistili, že při chůzi do kopce došlo k výraznému zvýšení všech sledovaných parametrů a to o 23 l.min<sup>-1</sup> u VE, o 6,69 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel.</sub> a 51 tepů.min<sup>-1</sup> u SF. U chůze byl tento rozdíl 22 l.min<sup>-1</sup> u VE, 6,75 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel.</sub> a 49 tepů.min<sup>-1</sup> u SF. U hodnot VE a EC byl tento nárůst jak pro chůzi, tak i pro NW téměř 50%.

Potvrdili se tak výsledky studie Schiffera (et al., 2006), který při chůzi rychlostí 2,1 m.s<sup>-1</sup> experimentálně ověřil, že fyziologická odezva (koncentrace laktátu, VO<sub>2</sub>, MET) je při NW vyšší než při chůzi. Při porovnání SF při NW a joggingu touto rychlostí byla u NW vyšší. Největší rozdíl v energetickém výdeji při chůzi a NW byl při rychlosti 2,4 m.s<sup>-1</sup> 8%.

- **Vliv sklonu svahu na srdeční frekvenci a ventilaci**

Jak je patrné z grafu č. 16, nedošlo při NW, jak by se dalo očekávat, se zvyšujícím se sklonem svahu k nárůstu hodnot minutové ventilace oproti chůzi a při porovnání s nárůstem hodnot SF byl nárůst hodnot minutové ventilace významně pomalejší.

Jedním z vysvětlení by mohlo být nedostatečné využití holí při propulzi, kdy v průběhu měření docházelo k proklouzávání holí, což znemožňovalo dostatečnou oporu a využití holí při pohybu. Dalším důvodem mohl být právě sklon svahu, který představoval dostatečnou zátěž i při chůzi a dodatečné zapojení svalstva trupu při NW již neznamenal dostatečné zvýšení zátěže pro kardio-vaskulární aparát.

Druhou sledovanou proměnnou byla SF v závislosti na sklonu svahu. Zde jsme zjistili, že při NW došlo k jejímu významnému zvýšení ve srovnání s chůzí a nárůst hodnot SF, oproti očekávání, neodpovídal plynulejšímu nárůstu hodnot ventilace.

Toto neproporcionální zvýšení hodnot SF při NW lze připisovat právě využití holí. Ačkoliv pravděpodobně při lokomoci nedocházelo k úplné opoře a tím i plnému využití, s rostoucím sklonem svahu dochází totiž k větší elevaci paží. Což může být důvodem, proč dochází k většímu nárůstu SF bez dalšího zvyšování ventilačních parametrů.

## 8. Závěr

Cílem diplomové práce bylo porovnat fyziologické zatížení při chůzi s holemi (Nordic Walkingu) a bez holí při rychlostech 4 km.h<sup>-1</sup> a 6 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 0 a 10 %.

Účastníci byli aktivní sportovci, kteří měli předcházející zkušenost s chůzí s holemi a byli seznámeni se způsobem testování.

Bylo provedeno měření u 6 účastníků při chůzi rychlostí 4 a 6 km.h<sup>-1</sup> po rovině a do kopce o sklonu 10% s holemi a bez holí. U 1 účastníka bylo provedeno měření srdeční frekvence a minutové ventilace při rychlosti 6 km.h<sup>-1</sup> a rostoucím sklonem svahu od 0 do 19,5 %.

Byly zpracovány hodnoty VE, VO<sub>2</sub>, SF a byla vypočítána hodnota energetického výdeje z relativní spotřeby kyslíku vztažené na 1 kg tělesné hmotnosti podle energetického ekvivalentu založeném na RER. Tyto hodnoty byly vzájemně porovnány pro chůzi a NW rychlostí 4 a 6 km.h<sup>-1</sup> po rovině a do svahu o sklonu 10%.

Při NW rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> byla průměrná hodnota VE  $2 \pm 21$  l.min<sup>-1</sup>, EC<sub>rel</sub>  $6,35 \pm 0,59$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a SF  $93 \pm 9$  tepů.min<sup>-1</sup>. Oproti běžné chůzi, kde jsme naměřili hodnoty VE, EC<sub>rel</sub> a SF  $20 \pm 3$  ml.l<sup>-1</sup>,  $5,32 \pm 0,76$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a  $89 \pm 5$  tepů.min<sup>-1</sup>, tak došlo k nárůstu o 1 l.min<sup>-1</sup> v případě VE, o 1,03 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> v případě EC<sub>rel</sub>. a o 4 tepy.min<sup>-1</sup> u SF.

při chůzi a NW rychlostí 4 km.h<sup>-1</sup> do svahu o sklonu 10%, kde jsme naměřili hodnoty VE  $29 \pm 2$  l.min<sup>-1</sup>, EC<sub>rel</sub>  $8,86 \pm 0,80$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a SF  $112 \pm 7$  tepů.min<sup>-1</sup> jsme opět zaznamenali jejich zvýšení a to 4 l.min<sup>-1</sup> u VE, 0,59 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel</sub> a 8 tepů.min<sup>-1</sup> u SF, v porovnání s chůzí, kde byla VE  $33 \pm 2$  l.min<sup>-1</sup>., EC<sub>rel</sub>  $9,45 \pm 0,52$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a SF  $120 \pm 9$  tepů<sup>-1</sup>min.

Při chůzi rychlostí 6 km.h<sup>-1</sup> jsme naměřili hodnoty VE  $26 \pm 2$  l.min<sup>-1</sup>, EC<sub>rel</sub>  $7,44 \pm 0,70$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a SF  $101 \pm 9$  tepů.min<sup>-1</sup> při NW došlo ke zvýšení těchto hodnot o 4 l.min<sup>-1</sup> u VE, 0,77 Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel</sub> a 8 tepů.min<sup>-1</sup> u SF, tedy na  $30 \pm 2$  l.min<sup>-1</sup> u VE,  $8,21 \pm 0,78$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> u EC<sub>rel</sub> a  $109 \pm 11$  tepů.min<sup>-1</sup> u SF.

Při chůzi rychlostí 6 km.h<sup>-1</sup> a sklonu svahu 10% jsme naměřili hodnoty VE  $48 \pm 2$  l.min<sup>-1</sup>, EC<sub>rel</sub>  $14,19 \pm 1,21$  Cal.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> a SF  $150 \pm 12$  tepů.min<sup>-1</sup> pro chůzi. Při NW došlo

k jejich zvýšení na  $53 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  u VE,  $14,9 \text{ Cal}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  u  $EC_{\text{rel}}$ . a  $160 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$  u SF. Rozdíl hodnot při chůzi a NW odpovídal  $5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  u VE,  $0,71$  u  $EC_{\text{rel}}$  a  $10 \text{ tep}\cdot\text{min}^{-1}$  SF.

Při NW rychlostí  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  nedošlo se zvyšujícím se sklonem svahu k nárůstu hodnot minutové ventilace. Za těchto podmínek však došlo k nárůstu hodnot SF (chůze vs. NW).

Potvrdila se tak hypotéza, že srdeční frekvence, ventilace a spotřeba kyslíku bude při NW vyšší než u chůze.

Výsledky potvrdily obecně rozšířený názor, že při NW je energetický výdej vyšší, než při chůzi. Ke zvýšení energetického výdeje došlo při obou rychlostech a sklonech u všech účastníků. Největší energetický rozdíl mezi chůzí bez holí a NW jsme naměřili při chůzi rychlostí  $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  po rovině. Zvýšení energetického výdeje je pravděpodobně způsobeno zapojením svalstva trupu a horních končetin do lokomoce, které při běžné chůzi slouží k vyrovnávání torzních pohybů trupu a nejsou tak aktivně zapojeny.

Práce přispěla ke zjištění, že při NW prováděném vyšší rychlostí do strmého svahu nedochází k dalšímu nárůstu ventilačních parametrů ve srovnání s chůzí, ale zvyšuje se srdeční frekvence, což je pravděpodobně způsobeno větší elevací paží. Tento jev může výrazně ovlivnit efektivitu tréninkové jednotky, je-li založena právě na sledování SF, jako nejnadhěji a nejběžněji sledovatelného parametru zatížení. Další vysvětlení tohoto jevu by mohlo být předmětem dalšího výzkumu.

Diplomová práce svými výsledky podpořila náležitost a legitimnost provádění NW jako pohybové aktivity zatěžující celý pohybový aparát. Tuto pohybovou aktivitu lze doporučit jak zdravým jedincům, kteří chtějí udržet, nebo rozvinout svoji tělesnou kondici, tak i jako doplněk tréninku vrcholových sportovců, nebo právě pro svou nenáročnost i pro jedince zdravotně oslabené.

## 9. Seznam použité literatury

1. EXEL. *Products*. [on-line]. ©2008-2009 [cit. 14.7.2009].  
Dostupné na www: <<http://www.exel.com>>
2. DÝROVÁ, J., LEPKOVÁ, H. *Kardiofitness vytrvalostní aktivity v každém věku*. Praha: Grada, 2008.
3. DE ANGELIS, M., ET AL., *Physiological responses of nordic walking with different pole lengths*. Mountain, Sport & Health Updating Study a Research from Laboratory to Field. Book of abstracts, CEBISM: 2009, p. 38
4. FIGARD- FABRE, H., *Physiological and perceptual responses to Nordic walking in obese middle-aged women in comparison with the normal walk*, European Journal of applied physiology, Vol: 108 Issue: 6 Pp: 1141-1151, April 2010 © 2010 [on-line] [cit. 1.8.2010] . Dostupné na www: <<http://apps.isiknowledge.com>>
5. FIGARD- FABRE, H., ET AL., *Effects of a 12-week Nordic Walking interval training program on physiological variables and adherence in obese women*. Mountain, Sport & Health Updating Study a Research from Laboratory to Field. Book of abstracts, CEBISM: 2009, p. 31
6. HANSEN, EA *Energy expenditure and komfort during Nordic Walking with different pole*, Journal of strenght and conditioning Vol: 23 Issue: 4 Pages: 1187-1194, Jul 2009, [on-line]. © 2009 [cit. 1.8.2010].  
Dostupné na www.: <<http://apps.isiknowledge.com>>
7. KARLSSON, E. *Sauvakävelyn historia*. [on-line]. © 2007 [cit. 6.7.2009]. Dostupné na www.: <[http://www.suomenlatu.fi/pdf/lajit\\_sauvakavely/historiikki](http://www.suomenlatu.fi/pdf/lajit_sauvakavely/historiikki)>
8. KARLSSON, E. *Tekniikka kuntoon*. [on-line]. © 2007 [cit. 7.7.2009]. Dostupné na www.: <<http://www.suomenlatu.fi/hilavitkutin/hilavitkutin.cgi?S031903>>
9. KARLSSON, E. *Sauvakävelyn historia*. [on-line]. © 2007 [cit. 6.7.2009]. Dostupné na www.: <[http://www.suomenlatu.fi/pdf/lajit\\_sauvakavely/historiikki](http://www.suomenlatu.fi/pdf/lajit_sauvakavely/historiikki)>
10. KATCH, I. *Exercise physiology : energy, nutrition, and human performance*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007
11. LEIPER, I. *The 3 Levels of Nordic Walking*. [on-line]. [cit. 08.08.2009]. Dostupné www: <<http://www.scottishnordicwalkingassociation.co.uk/4.html>>
12. MOMMERT- JAUCHOVÁ, P. *Nordic Walking pro zdraví*. Praha: Plot, 2009.

13. NORDIC WALKING.INWA. *Walking technice*. [on-line]. © 2002-2003 [cit. 4.7.2009]. Dostupné na www: <<http://inwa.nordicwalking.com/>>
14. NORDIC WALKING. INWA. *History*. [on-line]. © 2008-2009 [cit.7.7.2009]. Dostupné na www: <<http://inwa.nordicwalking.com/>>
15. PALLICA, A., *Energy demand during walking in boots on natural path*. Mountain, Sport & Health Updating Study a Research from Laboratory to Field. Book of abstracts, CEBISM: 2009, p. 31
16. PERREY, S., FABRE, N., *Journal of Sports Science and Medicine*. Vol: 7, pp. 32-38, Sep 2008 © 2008 [on-line] [cit. 1.7.2010 ] .  
Dostupné na www: <<http://ovidsp.tx.ovid.com/spb/ovidweb.cgi>>
17. PORCARI, JP. *The physiological responses to walking with and without Power Poles(TM) on treadmill exercise*. Research quarterly for exercise and sport. Vol: 68, issue: 2 pp: 161-166, Jun 1997 [on-line] © 1997 [cit.1.8.2010]  
Dostupné na www: <<http://apps.isiknowledge.com/>>
18. POSPÍŠILOVÁ, P. *Kineziologická charakteristika Nordic Walking*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova, FTVS, 2009
19. SCHIFFER, T., ET AL. *Energy cost and pole forces during Nordic Walking under different surface conditions*. Medicine & Science in sports & exercise., Vol. 41, No. 3, pp. 663–668, 2009.: 24 June 2009 © 2006 [on-line] [cit. 1.7.2009 ] .  
Dostupné na www: <<http://ovidsp.tx.ovid.com/spb/ovidweb.cgi>>
20. SCHIFFER, T., ET AL. *Physiological response to Nordic Walking, walking and jogging*. European Journal of applied physiology,p. 56-61, Sep. 2006 [on-line] © 2006 [cit.1.7.2009]  
Dostupné na www: <<http://ovidsp.tx.ovid.com/spb/ovidweb.cgi>>
21. TLAŠKOVÁ, P. *Zapojení svalů v oblasti pletence ramenního při Nordic Walking*. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova, FTVS, 2008
22. TROJAN, S., ET AL. *Fysiologie pro lékařské fakulty II*, Praha: SPN, 1982
23. VÉLE, F. *Kineziologie*. Praha: Triton, 2006.

