

GAITBASE: APLIKACE PRO VYHODNOCENÍ A ZPRACOVÁNÍ POHYBOVÝCH DAT Z KAMEROVÉHO SYSTÉMU VICON.

Martin Ladecký, Radim Krupička

Anotace

Gaitbase je specializovaná aplikace pro zpracování a zobrazení klinických záznamů chůze. Aplikace je určena pro zpracování záznamů pořízených systémem VICON s přidávanými perifériemi (tenzometrické plošiny, EMG, spirometr atd.). Aplikace zobrazuje pohybová data v přehledných kinematických a kinetických grafech a umožňuje porovnání chůze s naměřenou kontrolní skupinou. Pro objektivní hodnocení je možné zobrazit a exportovat vypočítané parametry, které popisují chůzový cyklus a jeho případnou odchylku od normy. Data se zpracovávají na serveru a jsou přístupná přes webové rozhraní. Součástí aplikace je databáze pacientů a jednotlivých vyšetření, kterou lze snadno spravovat pod různými rolemi. Aplikace je vyvíjena na katedře Biomedicínské informatiky Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT ve spolupráci s 1. lékařskou klinikou v Grazu a momentálně je testována a nasazena pro účely klinického hodnocení a výzkumu chůze dětí postižených mozkovou obrnou.

Klíčová slova

Zpracování dat, VICON, chůze, webové rozhraní

1. Úvod

Diagnostika pacienta s poruchou chůze se skládá převážně z hodnocení lékaře na základě jeho znalostí a zkušeností. Hodnocení lékaře je deskriptivní, bez specializovaného vybavení a často neumožňuje objektivně popsat všechny aspekty chůze. K odstranění těchto nedostatků a zvýšení kvality v diagnostice začaly vznikat specializované laboratoře chůze – gaitlaby [1] [2]. Laboratoře chůze obsahují a využívají různé vybavení pro zaznamenání pohybu akcelerometry [3] tenzometrické plošiny [4][5], chodníky[6], EMG, kamerové systémy[7] atd. V současné době nejlépe vybavené gaitlaby využívají především kamerové systémy pro 3D snímání pohybu pacienta. Počet kamer se liší, nejčastěji je mezi šesti a deseti. Mimo kamer se na pracovišti nachází tenzometrické plošiny, které umožňují výpočet kinetiky chůze. Kinetika je velice důležitá pro přesnější výpočet modelu pohybu a následným hodnocení chůze. Mezi méně časté pomůcky patří EMG, spirometr a jiné přístroje v závislosti na zaměření laboratoře. Všechny systémy jsou navzájem synchronizované a umožňují současné měření a vyhodnocení. Software dodaný pro zpracování a výpočet parametrů chůze je robustní a poskytuje všechny potřebné informace o pohybu. Bohužel vzhledem k časové složitosti následného zpracování dat neumožňuje rutinní nasazení. Tento nedostatek odstraňuje vyvinutý systém GaitBase, který zpracovává chůzová data, vyhodnocuje je a přehledně zobrazuje lékařům.

Protokol měření chůze v laboratořích je většinou následující. Pacient je nejdříve vyšetřen ortopedem, který provede základní diagnostiku, zadá pacienta

do nemocniční evidence a objedná ho do laboratoře. Objednání může, ale nemusí být na ten samý den. Vyšetření chůze provádí fyzioterapeut a operátor kamerového systému (technik). Fyzioterapeut provede základní měření a vyšetření pacienta. Výstupem práce fyzioterapeuta je záznam o pacientovi, jeho klasifikace dle příslušné škály (GMFCS, FMS 5) v závislosti na specifiku pacienta nebo skupiny, do které patří.

Technik obsluhuje kamerová a jiné měření. Před samotným měřením umístí na pacienta reflexní značky (markery), jejichž prostorovou pozici snímá kamerový systém. Pacient v případě potřeby může používat ortézu nebo opěrnou pomůcku.

Při měření se pacient pohybuje ve vymezeném prostoru tak, aby přešel přes tenzometrické plošiny. Pacient nesmí být upozorněn na plošiny, jinak by mohlo dojít k ovlivnění výsledků. Typický počet pokusů je čtrnáct až dvacet s tím, že několik pokusů se pro neplatnost musí vyřadit. Výstupem je naměřená kinetika, kinematika a video chůze. Volitelným výstupem je například EMG.

Výstupy od technika a fyzioterapeuta jsou následně předány na kliniku, kde slouží ke zlepšení péče o pacienta. V současnosti jsou tyto výstupy převážně v papírové formě a tudíž video chůze pacienta je nepoužitelné mimo gaitlab. Kromě klinické praxe je zájmem lékařů sledování skupin pacientů a následná publikace výsledků.

2. Aplikace GaitBase

Aplikace GaitBase vznikla jako reakce na požadavky lékařů a techniků v nemocnicích. Největší inspirací byla 1. lékařská klinika Graz, se kterou probíhaly nejintenzivnější konzultace.

Jádro aplikace GaitBase běží na serveru, ke kterému je možné se připojit pomocí webového prohlížeče. Díky tomu lze pracovat s aplikací nejen v laboratorním počítači ale i na tabletech či mobilních zařízeních bez nutnosti instalace a v případě povolených bezpečnostních politik pracovat i vzdáleně mimo laboratoř. Avšak se očekává, že GaitBase se bude využívat nejčastěji na klinice a v gaitlabu. Na klinice lékař zadá údaje o pacientovi a následně si zobrazí výsledky měření z laboratoře, popřípadě video chůze z úhlu, který mu vyhovuje. Laboratoř slouží pro měření a zpracování dat.

Další výhodou systému je možnost přihlášení více uživatelů současně. Žádné podobné systémy nedisponují touto možností. Jeden uživatel může např. vyšetřovat pacienta, druhý zapisovat data a třetí hodnotit video chůze. Přístup uživatele je řešen na základě rolí v systému, které může administrátor systému přidělovat a spravovat. Jednotlivé role umožní např. fyzioterapeutovi přístup pouze k náhledům nad daty bez možnosti přidání nových uživatelů či modifikace měření. Aplikace také umožňuje import dat od dvou pacientů současně.

2.1 Struktura aplikace

Hlavní jednotkou, ke které se vážou všechny informace, je pacient. Pacient má základní údaje jako váha, pohlaví a další. Pacient přichází do nemocnice na

„návštěvy“ (visit) v jednotlivé dny. Během jedné návštěvy má několik „sezení“ (session). Sezení se liší použitou pomůckou při chůzi, měřením EMG, kyslíku a podobně. Každé sezení má několik pokusů (trial). Jeden pokus odpovídá jedné procházce pacienta před kamerami. Z každého jednoho pokusu se vybere jenom jeden cyklus chůze, což je standardní výběr pomocí Vicon Nexus.

2.2. Přehled pacienta

Základní obrazovkou aplikace je přehled pacienta (viz obr. 1).

GaitBase application 0.50

Back

Personal data (1/1101)

Country: Germany

Zip Code: 0000

Town: Anonym town

Street: Anonym street

Patient ID: 1

Last Name: Anonym

Middle Name:

First Name: Anonym

Date of Birth: Aug 2, 1979

Sex: female

Email: email@gmail.com

Email: email@seznam.cz

Email: email@gmail.com

Phone number: +420123456789

Phone number: 111111

Affected Side: Left

Primary Diagnosis: Cerebral Palsy

Secondary Diagnosis: ICP, Spastic Diplegia

Notes: asd12

Patient Studies

Surgeries

Obrázek 1 – Obrazovka Přehled pacienta se všemi základními údaji a diagnózou

Na přehledu vidíme seznam pacientů a jejich celkový počet a detail vybraného pacienta. Detail se skládá ze základních údajů jako bydlení, telefon, email. Hodnoty lze vybrat ze seznamu, proto uživatel nemůže vybrat jiné pohlaví než muž/žena. Také formát emailu a telefonu je kontrolován. Jednotlivé položky seznamů jsou konfigurovatelné a dají se jednoduše naplnit databázovými skripty. U pacienta rozeznáváme stranu poškození levou a pravou. Velice důležitým polem je diagnóza, která má dvě složky – primární diagnóza a sekundární, upřesňující diagnóza. Ukázkou kombinací diagnóz jsou tyto: Acquired Foot Deformity se sekundárními diagnózami Pes Adductus, Pes Cavovarus a dalšími. Použitím seznamu hodnot se personál vyvaruje problému s překlepy u diagnóz a tím docílí větší konzistenci dat.

2.3 Přehled sezení

V dolní části základní obrazovky (viz obr. 2) jsou informace týkající se návštěv a sezení. Jde o podobné údaje jako v případě pacienta, jenom s tím rozdílem, že je tady seznam hodnocení pacienta podle různých metrik a možnost poznámek. Poznámky primárně slouží jako doplňující informace, všechny podstatné věci by měly být vybrány pomocí seznamů, aby nedošlo k chybě.

2.4 Vyhledávání

V pravé části obrazovky je filtr pro pacienty (viz obr. 3). Filtr umožňuje vyhledávat pacienty podle nejrůznějších kritérií. Jméno pacienta se hledá bez ohledu na velká a malá písmena a případně jako podřetězec. Vyhledávat lze také podle primární a sekundární diagnózy – lékař může velice snadno vyhledat všechny pacienty, kteří mají diagnostikovanou například dětskou mozkovou obrnu.

Důležitou součástí informací o pacientovi je také seznam prodělaných operací a výzkumných studií, ke kterým patří. Seznam operací obsahuje základní informace, jako je rozlišení místa operace, typ operace (měkké tkáně, kosti)

Obrázek 2 – Zobrazení návštěvy pacienta a jednoho sezení. Součástí je zobrazení vypočítaných indexů chůze

Obrázek 3 – Ukázka filtrování pacienta dle různých kritérií

a typ výkonu. Uživatel vybere tyto výkony ze seznamu. Studie se propojuje se sezením, to jest jedním měřením celkem. Toto dělení umožňuje mít jednoho pacienta ve více studiích. Také je možné mít v jeden den více sezení a každá z nich je v jiné studii.

Kromě standardních chůzových parametrů systém vyhodnocuje parametr – gait deviation indexu (GDI)[8], který popisuje odchylku od normy. V současné době parametr GDI není běžně k dispozici v žádné dostupné aplikaci. V plánu je rozšíření výpočtu gait profile score (GPS)[9] a movement analysis

profile (MAP). Tyto indexy slouží primárně ke studiím a porovnání jednotlivých pacientů, ale své uplatnění najdou jistě i v klinické praxi.

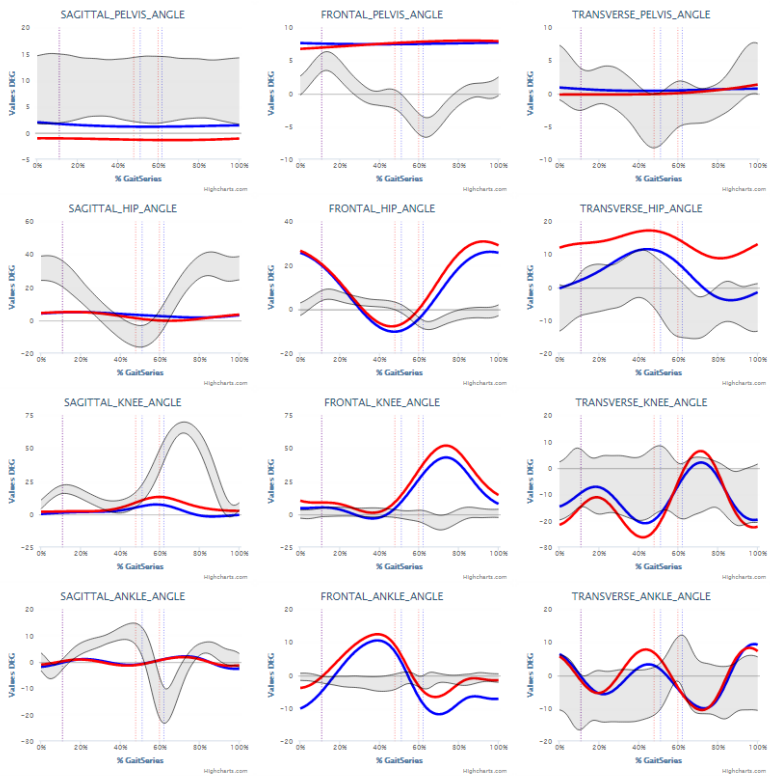
System také zaznamenává jméno člověka, který importoval data o daném pacientu, jehož jméno je v boxu u sezení.

Grafický výstup z naměřených a naimportovaných dat je zobrazen na obr.4. V tomto případě se jedná o jedno sezení a výsledkem jsou zprůměrované grafy kinematiky z jednotlivých pokusů. Modrou je označen průměr za levou dolní končetinu, červenou za pravou dolní končetinu. Jedná se o standardní grafy, které se používají na většině klinik. Každý graf má možnost přiblížení (zoom), aby bylo možné vidět některé detaily. Jednotlivé grafy je možné také zvětšit na celou obrazovku, což zlepšuje čitelnost. Obdobně jsou prezentovány grafy kinetiky. V současnosti nejsou implementovány žádné jiné grafy, ale je

GaitBase application 0.50

Select chart type

Back





Obrázek 4 – Obrazovka Grafy kinematiky se standardními grafy a pomocnými značkami

možné je vytvořit podle zájmu. V kinetických a kinematických grafech v Gait-Base jsou zobrazeny jednotlivé významné události (event) chůze formou tečkovaných čar. Mezi těmito událostmi je první kontakt chodidla s podložkou (initial contact), také známý jako úder paty (heel strike). Poté následuje událost odtrhnutí nohy od podložky (toe off). V kombinaci s oběma dolními končetinami to tvoří šest záznamů v každém grafu. Tyto záznamy dělí chůzový cyklus na segmenty. Lékař má tak okamžitě k dispozici fázi dvojí opory, či fázi stoje.

2.5 Import dat

Asi nejdůležitější částí aplikace je import dat. Základní údaje o pacientu jsou zadávány ručně (viz kap. 2.2). Kromě těchto jsou k dispozici naměřená data z kamer, která obsahují video a analogová data. Import těchto dat je v GaitBase velice jednoduchý. Aplikace pracuje přímo s nativním typem souborů od Vicon, s C3D soubory [10]. Data není potřeba konvertovat, pouze je nutné označit začátek a konec cyklu. Ukázku vybraných vstupních dat a pacienta jsou zobrazeny na obrázku (obr. 5).

Uživatel může vyhledat pacienta podle filtru, následně vybere den návštěvy a vstupní soubory. GaitBase umožňuje uživateli vybrat vícero souborů naráz

Patient ID 3
 Last Name
 Middle Name
 First Name
 Date of Birth Jun 18, 1987 
 Sex male 
 Visit Date: Feb 18, 2015

		+ Choose	↕ Upload	⊗ Cancel
7.c3d	936.7 KB	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="x"/>
8.c3d	888.9 KB	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="x"/>
9.c3d	934.5 KB	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="x"/>
10.c3d	902.9 KB	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="x"/>
11.c3d	896.5 KB	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="x"/>
12.c3d	907.1 KB	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="x"/>
13.c3d	925.2 KB	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="x"/>

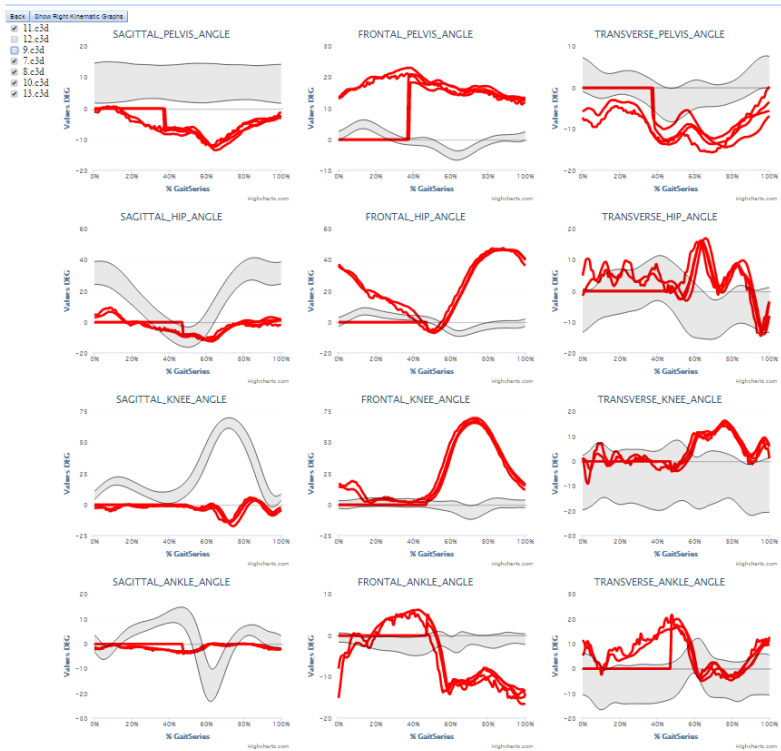
Obrázek 5 – Vzorový import dat pacienta z c3d souborů

pro jedno zpracování. Velice populární táhnutí myši (drag&drop) je také podporováno. Import dat od jednoho pacienta je tedy na jeden průchod, což ho činí velice jednoduchým a rychlým.

Po vybrání pacienta a souborů následují dvě dvojice obrazovek, každá dvojice pro jednu stranu. Uživatel nejdřív importuje kinematiku a pak kinetiku pro danou stranu (obr 6).

Podobně jako v případě základní obrazovky, uživatel vidí 12 standardních grafů. Rozdíl je v zobrazení jednotlivých pokusů namísto jejich průměru. Každý asi pozná situaci, kdy se mu některé měření nevydařilo. Proto GaitBase podporuje import jenom některých pokusů. Protože jsou všechny pokusy viditelné zvlášť, dají se snadno identifikovat ty, které vyčnívají. Po odkliknutí pokusu se grafy překreslí a uživatel vidí výsledek bez tohoto pokusu. Každý jeden import (pravá a levá kinetika/kinematika) může importovat rozdílné pokusy. Když je to nutné, dosahujeme velkou výtěžnost z dat. Samotný import je záležitostí pěti stránek a závěrečného potvrzení. V momentě potvrzení jsou data připravená k použití.

Kinematic left side



Obrázek 6 – Grafy kinematiky při importu s možností výběru souboru

Méně používanou částí aplikace je fyziologické vyšetření, které je v současnosti kopíí papírového vyšetření z Gaitlabu v Grazu. Obsahuje přibližně dvě stě údajů, které se zapisují. Údaje jsou rozděleny na pravou a levou stranu. Samozřejmostí je široké použití seznamů, které minimalizují riziko překlepů a zvyšují přesnost dat. Vzhledem k náročnosti fyziologického vyšetření, žádný z údajů není povinný. V další kapitole uvedeme několik vylepšení, které se plánují přidat do GaitBase.

3. Další vývoj

Aplikace je stále ve fázi alfa verze a v současné době se pracuje na implementaci dalších funkcí a jejich testování.

Mezi připravované funkce patří export dat do excelu ve formátu csv. Uživatel vybere typ exportovaných dat, seznam pacientů a aplikace data připraví a exportuje. Další rozšíření bude integrace měření EMG a příprava na Oxford Foot model. Také celotělový model bude v budoucnosti podporován. Mezi plánovaná vylepšení patří výpočet gilllette gait indexu [11].

GaitBase v současné době běží také na tabletech a chytrých telefonech, ale s omezenou funkcností. Naším zájmem je aplikaci vyladit na lepší podporu tabletů, které se v dnešní době stávají nedílnými společníky v nemocnicích a na klinikách.

Poslední, ale neméně důležitou částí budoucnosti je kvalitní otestování aplikace na klinikách a gaitlabech. V současné době se GaitBase testuje na 1. lékařské klinice v Grazu.

4. Diskuze

Ačkoliv jsme přesvědčeni o užitnosti aplikace GaitBase, jsme si vědomi některých potenciálních problémů spjatých s jejím používáním.

Primárním problémem je bezpečnost a provozovatelnost aplikace. Aplikace je po technické stránce dobře zabezpečena – bezpečné internetové připojení, silné šifrování dat a restriktivní omezení přístupu k aplikaci. Hlavní problém je v samotném konceptu webové služby. Každá webová aplikace běží na serveru. Většinou je nejlepší, když existuje jenom jeden server a to na straně provozovatele. Toto nastavení umožňuje okamžité opravy chyb bez technického zázemí na straně kliniky nebo nemocnice. Také aktualizace mohou být dodány velice rychle podle žádosti lékaře. Všechny technické aspekty jsou skryty na serveru. Problémem je etika a legislativní rámec. Tyto problémy vyplývají z faktu, že data se posílají na cizí server, mimo nemocnici a personál je nemá plně ve své kontrole. Řešením je provozovat vlastní server na straně nemocnice nebo gaitlabu. Tak zůstanou všechna data ve fyzickém vlastnictví nemocnice a vývojáři aplikace nemají k datům přístup. Tento postup je odzkoušen také v Grazu. Nevýhodou je nutnost technického personálu a pomalejší přístup k opravám chyb. Zatím předpokládáme, že tento model bude nejvhodnější, dokud se nevyřeší právní otázky.

5. Závěr

V rámci spolupráce katedry Biomedicínské informatiky Fakulty biomedicínské-
ho inženýrství ČVUT s 1. lékařskou klinikou v Grazu byl vyvinut systém pro zpra-
cování a zobrazení klinických záznamů chůze. Aplikace zpracovává záznamy
systému VICON a přidaných periférií. Přístup do aplikace je možný přes webové
rozhraní. Podporován je přístup vícero uživatelů. Systém zobrazuje data v stan-
dardních kinematických a kinetických grafech. Součástí aplikace je databáze
pacientů a jejich vyšetření. Data pacientů je možno dle potřeby exportovat
ve formátu csv. Aplikace je v současnosti nasazena v testovacím režimu
pro účely výzkumu chůze dětí postižených mozkovou obrnou.

Poděkování

Práce byla podpořena grantem Ministerstvem zdravotnictví ČR č. NT14181.

Literatura

- [1.] G. J. Barton, M. B. Hawken, M. A. Scott, and M. H. Schwartz, "Movement Deviation Profi-
le: A measure of distance from normality using a self-organizing neural network," *Hum.
Mov. Sci.*, vol. 31, pp. 284–294, 2012.
- [2.] M. Svehlik, T. Kraus, G. Steinwender, E. B. Zwick, M. Ladecky, Z. Szabo, and W. E. Linhart,
"Repeated Multilevel Botulinum Toxin A Treatment Maintains Long-Term Walking Ability
in Children with Cerebral Palsy," *Ces. A Slov. Neurol. A Neurochir.*, vol. 75, pp. 737–741,
2012.
- [3.] "Home | Xsens 3D motion tracking." [Online]. Available: <https://www.xsens.com/>.
[Accessed: 22-Feb-2015].
- [4.] "AMTI | Multi-Axis Force Plates, Force Sensors, and Testing Machines | Watertown, MA."
[Online]. Available: <http://amti.biz/>. [Accessed: 22-Feb-2015].
- [5.] "Kistler: Biomechanics." [Online]. Available: [http://www.kistler.com/int/en/applications/
sensor-technology/biomechanics/](http://www.kistler.com/int/en/applications/sensor-technology/biomechanics/). [Accessed: 22-Feb-2015].
- [6.] "GAITRite Systems - Portable Gait Analysis." [Online]. Available: <http://www.gaitrite.com/>.
[Accessed: 22-Feb-2015].
- [7.] "Vicon | Systems." [Online]. Available: <http://vicon.com/System/TSeries>. [Accessed: 22-Feb-
2015].
- [8.] M. H. Schwartz and A. Rozumalski, "The gait deviation index: A new comprehensive index
of gait pathology," *Gait Posture*, vol. 28, pp. 351–357, 2008.
- [9.] R. Baker, J. L. McGinley, M. H. Schwartz, S. Beynon, A. Rozumalski, H. K. Graham, and O.
Tirosh, "The Gait Profile Score and Movement Analysis Profile," *Gait Posture*, vol. 30,
pp. 265–269, 2009.
- [10.] "The C3D File Format User Guide." [Online]. Available: [https://www.c3d.org/pdf/c3dfor-
mat_ug.pdf](https://www.c3d.org/pdf/c3dformat_ug.pdf). [Accessed: 22-Feb-2015].
- [11.] K. Tulchin, S. Campbell, R. Browne, and M. Orendurff, "Effect of sample size and redu-
ced number of principle components on the Gillette Gait Index," *Gait Posture*, vol. 29,
pp. 526–529, 2009.

Kontakt:

Martin Ladecký

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT

nam. Sitna 3105

27201 Kladno

e-mail: martin.ladecky@fbmi.cvut.cz

Radim Krupička

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT

nam. Sitna 3105

27201 Kladno

e-mail: krupicka@fbmi.cvut.cz