

LABORATÓRIUM POHYBOVEJ ANALÝZY - VÝSKUM A VZDELÁVANIE

HUMAN MOTION ANALYSIS LABORATORY – RESEARCH AND EDUCATION

prof. Ing. Dušan Šimšík, PhD.

Ing. Alena Galajdová

Ing. Zlatica Dolná

Technická univerzita v Košiciach

Strojnícka fakulta

Ústav špeciálnych technických vied

Katedra biomedicínskeho inžinierstva,

automatizácie a merania

Letná 9, 042 00 Košice

Dusan.Simsik@tuke.sk

Alena.Galajdova@tuke.sk

Zlatica.Dolna@tuke.sk

ABSTRACT

The paper describes an overview of human motion analysis applications into the research and education fields at the Technical University of Košice. Department of Biomedical Engineering, Automation and Measurement has built the Motion analysis lab recently. We use there the video-capturing motion system SMART and related technology to make clinical research in occupational therapy, rehabilitation engineering, prosthetics and orthotics, sport medicine, robotics, applied ergonomics etc. The research is supported by different kinds of grants.

KEYWORDS: human motion analysis, research, rehabilitation engineering, biomedical engineering, SMART system.

ÚVOD

Najstaršie odvetvie fyziky venované štúdiu pohybu, ako aj síl, ktoré tento pohyb spôsobujú a interných síl pôsobiacich v tele je klasická mechanika. Biomechanika aplikuje mechaniku, inak nazývanú aj Newtonovskú mechaniku na štúdium funkcií a dysfunkcií kostrovo-svalového systému. Svoje najväčšie uplatnenie našla v ortopédii, fyzikálnej terapii a rehabilitačnej medicíne. V prvotných štúdiách pohybu bolo vyvinuté odvetvie biomechaniky, známe ako pohybová analýza chôdze človeka, ktorá sa rozšírila na vyšetovanie mnohých ďalších aktivít. Postupne sa začali vyhodnocovať nielen prototypové činnosti (chôdza, beh, postoje, udržanie rovnováhy), ale aj špecializované pohyby ako tanec, športové úkony. Pomocou pohybovej analýzy a biodynamiky sú dnes vyšetované polohovo rovnovážne štúdiá, manuálne činnosti, pohyby horných končatín a celého tela. Správne vyhodnotenie ľudského pohybu si vyžaduje komplexný prístup a znalosti z oblasti biomechaniky. Preto je potrebné ešte pred samotným vyšetrením uvedomiť si aký pohyb bude

analyzovaný, do akej hĺbky a samozrejme to, aké metódy a spôsoby analýzy sú dostupné v laboratóriu analýzy pohybu.

Pochopenie riadenia komplexu ľudského biomechanického stroja je veľkou výzvou nielen z hľadiska akademickej a intelektuálnej perspektívy, ale pre prínos v klinickej sfére, kde napomáha pri vylepšovaní kvality.

Komplexnú analýzu pohybu by bolo možné dosiahnuť, ak budú známe štyri zložky pohybového reťazca, t.j. EMG aktivity svalov, antropometriu, posun segmentov tela teda kinematické charakteristiky a reakčné sily podložky teda kinetické charakteristiky. Elektromyografické metódy nezisťujú tenziu v svaloch, či svalových skupinách priamym meraním, ale poskytujú náhľad do vzoriek aktivácie jednotlivých svalov počas pohybu. Antropometria segmentov tela je používaná k odvodu hmotností jednotlivých segmentov tela. Kinematické merania vyjadrujú výsledný pohyb biomechanickej štruktúry a kinetické štúdie poukazujú na jednotlivé sily, kĺbové momenty a energetické a výkonové požiadavky umožňujúce pohyby biomechanickej štruktúry.

MATERIÁL A METÓDY

Vývoj v oblasti pohybovej analýzy človeka priniesol množstvo metód a prístupov. V dnešnej dobe sú systémy pohybovej analýzy súčasťou výskumných centier, univerzít, zdravotníckych organizácií a využívajú sa na vyhodnocovanie pohybu v medicínskych a terapeutických centrách. V súčasnosti sa na 3D pohybovú analýzu najčastejšie používajú metódy videozáznamu, elektrooptická metóda a metóda exo-skeletálneho spojenia. Prvé dve metódy sú aplikované častejšie a sú klasifikované ako stereometrické metódy. Ich základný princíp je sledovanie zmeny polohy bodu v priestore, ktorá je definovaná pevným trojosovým súradnicovým systémom (X,Y,Z). Záznamy pohybov týchto bodov na segmente tela sa používajú na výpočet zmien polohy a orientácie segmentu tela. Ak sú známe pohyby dvoch segmentov tela spojených kĺbom je možné určiť posun a rotáciu v kĺbe. Referenčné body sú definované niekoľkými značkami, ako sú napr. malé svetelné žiarovky, reflexné body, ultrazvukové snímače alebo svetlo emitujúce diódy. Celková presnosť je daná umiestnením týchto značiek s ohľadom na „anatomicky významné body“. Výhodou tejto metódy je poskytnutie absolútnych údajov o pohybe, ktoré môžu byť priamo použité pre kinetickú pohybovú analýzu. Metódy exo-skeletálneho spojenia vytvárajú signály úmerné k

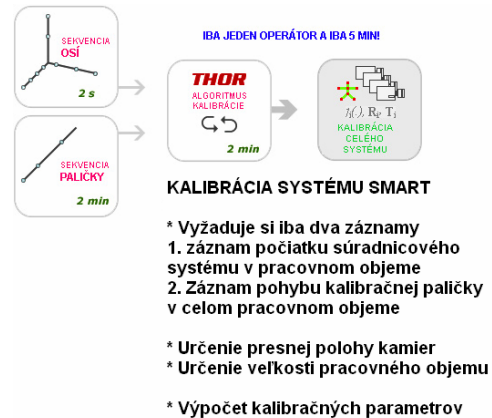
uhlovým posunutiam v troch rovinách použitím otočných potenciometrov, približne zarovnaných k osiam rotácie kĺbu, tak ako goniometre s pevnými spojeniami priloženými na proximálne a distálne segmenty tela. Takéto systémy sa veľmi ľahko obsluhujú a umožňujú merať zmeny uhlov v niektorých kĺboch okamžite s dostatočnou presnosťou. Avšak táto metóda neumožňuje merať absolútne uhly segmentu končatiny a potvrdiť poruchu prirodzenej chôdze spôsobenú jeho hmotnosťou a objemnosťou.

Analýza chôdze si vyžaduje komplexný prístup a to podnietilo snahu vybudovať vysoko špecializované Laboratórium pohybovej analýzy na Technickej univerzite v Košiciach. Na meranie kinematických parametrov sa v tomto laboratóriu využíva systém optického záznamu pohybu SMART od firmy eMotion (v súčasnosti patrí pod spoločnosť BTS), určený pre klinické aplikácie v ortopedii a rehabilitácii. Merací systém bol získaný prostredníctvom grantu na základe medzinárodnej súťaže vyhlásenej talianskou firmou eMotion (Padova, Taliansko), uverejnenej v časopise Gait&Posture [1].

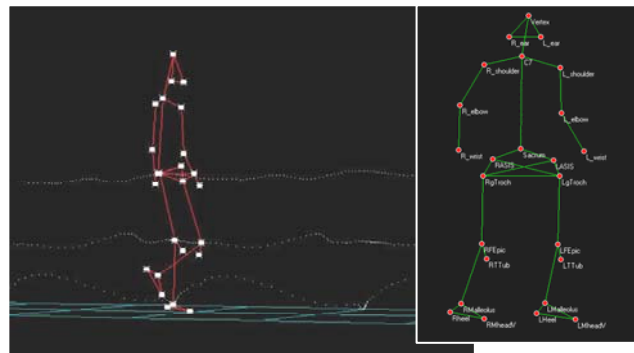
V priebehu existencie a činnosti laboratória bolo vyvinutých niekoľko metód, bola vypracovaná metodológia na meranie cieľových parametrov v závislosti na zameraní, na pohybovej aktivite a cieľovej skupine, resp. anamnéze. Hlavným cieľom je vývoj metodických postupov a vyhodnotených údajov, analýza teoretických a metodických postupov kvantitatívnej analýzy pohybu človeka pri súčasne použitých metódach videozáznamu. Jednu z dôležitých úloh predstavuje špecifikácia biomechanických parametrov pre objektivizáciu vyhodnocovania vybraných pohybových činností človeka a vytvorenie normatívnych databáz parametrov chôdze potrebných pre vyhodnotenie patologických prípadov.

Optoelektronický systém na záznam a vyhodnotenie pohybu SMART pozostáva zo sústavy 6 kamier s infračerveným filtrom a slúži na záznam a kvantitatívnu kineziologickú analýzu pohybu [2]. Tento systém zaznamenáva odraz svetla z reflexných značiek umiestnených na telo človeka na vopred určené anatomicky významné miesta. Parametre, ktoré systém zachytí, sú zmeny polohy, rýchlosti a zrýchlenia v čase meniace sa pri pohybe meraného subjektu. Optický systém záznamu pohybu využíva zjednodušenú kalibráciu (Obr.1), detekuje a zaznamenáva polohu pasívnych značiek umiestnených na telo podľa navrhnutého modelu a softvérovo vyhodnocuje získané údaje, trajektórie jednotlivých bodov (Obr.2). Softvérové vybavenie pozostáva zo 4 softvérových balíkov SMART capture, SMART tracker, SMART viewer a SMART analyzer. Hardvérové technické vybavenie sa skladá zo 6 CCD kamier s

infračerveným filtrom, riadiacej jednotky (PC) a napájacích zdrojov so synchronizačnou jednotkou (Obr.3). Údaje získané v prostredí programu SMART možno exportovať do programu Matlab, Excel, v ktorých možno spracovávať údaje mimo prednastavených funkcií ponúkaných softvérovým vybavením systému SMART.



Obr. 1 Kalibrácia systému SMART



Obr. 2 Rekonštrukcia dát, trajektórií pohybu a model rozmiestnenia pasívnych značiek



Obr. 3 Technické vybavenie systému SMART

Okrem systému SMART sa v Laboratóriu pohybovej analýzy nachádza:

- zariadenie na meranie pasívnych momentov pri relaxovanom pohybe hornej končatiny v lakt'ovom kĺbe,
- bežecký pás, na monitorovanie behu a fyziologických funkcií,
- osobná váha s prídavnými funkciami na meranie BMI indexu a určenie podielu svalovej a tukovej hmoty,
- originálny výpočtový systém analýzy chôdze bez použitia značiek MAFRAN, využívajúci bežne dostupnú videokameru a matematické spracovanie obrazu s využitím korelačných funkcií,
- inverzný model využívajúci neurónové siete na predikciu EMG záznamu na základe známych kinematických parametrov,
- sada goniometrov a antropometrické meradlá na meranie antropometrických mier a sily.

Väčšina laboratórií chôdze meria jednu alebo dve zložky pohybového reťazca. Niektoré disponujú vybavením umožňujúcim merať všetky štyri. Avšak, kľúčom k pochopeniu komplexnosti ľudského pohybu je integrácia všetkých týchto zložiek. Niektoré veličiny je možné merať priamo pomocou vhodných prístupov a prístrojového vybavenia. Množstvo veličín však priamo merať nemožno a je potrebné určiť ich výpočtom. Všetky výpočty sú založené na hypotézach o skúmanom systéme a využívajú mnohé predpoklady, zjednodušenia, ohraničujúce podmienky t.j. sú založené na modeli biomechanického systému. V našich podmienkach by sme doplnením laboratória o zariadenia pre dynamickú analýzu svalovej aktivity elektromyografiou (teleEMG) a on-line sledovanie svalovej sily a reakcie podložky (silové tenzometrické platne), dosiahli komplexný obraz pohybu, ktorý možno analyzovať, ako aj následne modelovať pre účely vyhodnocovania kvality a efektívnosti pohybov človeka. Táto úloha je komplexná a veľmi zložitá, vyžaduje si interdisciplinárny prístup a úzku spoluprácu s lekárskeym prostredím.

Tab. 1

Názov predmetu	Študijný program	Forma štúdia		Ročník štúdia
		denná	externá	
Analýza pohybu človeka	Protetika a Ortotika*	✓	✓	2
	Rehabilitačné inžinierstvo	✓	✓	2
Ergonomické merania	Protetika a Ortotika*	✓	✓	3
Biomedicínske inžinierstvo 1., 2.	Biomedicínske inžinierstvo	✓	✓	1
	Rehabilitačné inžinierstvo	✓	✓	1
Ergonomické a kineziologické merania Humanitné inžinierstvo	Biomedicínske inžinierstvo	✓	✓	2
		✓	✓	2
Ergonómia v biomedicíne	Všeobecné strojárstvo**	–	✓	3

* bakalársky študijný program,

(ostatné predmety - inžiniersky študijný program)

** bakalársky študijný program, odbor Strojárstvo

V súvislosti s vybudovaním a využívaním laboratória vychádzajú pracovníci zainteresovaní v tejto oblasti na KBIAaM z bohatých skúseností z doteraz riešených projektov, z poznatkov a vedomostí získaných v spolupráci s poprednými klinickými pracoviskami. V priebehu doby existencie a využívania tohto pracoviska boli dosiahnuté výsledky nielen pre pedagogickú oblasť, ale aj pre klinickú prax, najmä v oblasti rehabilitácie prejavili zainteresované strany široký záujem o spoluprácu.

OBLASŤ VZDELÁVANIA

V rámci vzdelávacej sféry slúži vybavenie laboratória pohybovej analýzy na výučbu vo všetkých troch stupňoch vysokoškolského vzdelávania. Činnosť je orientovaná hlavne na výučbu praktických cvičení na Strojníckej fakulte, Katedre biomedicínskeho inžinierstva, automatizácie a merania (KBIAaM) z predmetov v študijnom odbore Biomedicínske inžinierstvo, ako to názorne ukazuje tab.1:

Výučba prebieha aj v spolupráci s Fakultou elektrotechniky a informatiky, konkrétne na Katedre elektroniky a multimediálnych telekomunikácií, a to výučbou predmetu Lekárska elektronika pre 5. ročník inžinierskeho študijného programu v dennej forme.

Na druhom stupni inžinierskeho študijného programu boli za ostatných 5 rokov vypracované viaceré diplomové práce uvedené v tab.2 [3].

Do roku 2008 boli úspešne obhájené 3 doktorandské dizertačné práce vo vednom odbore Bionika a Biomechanika:

- Rybanský, M.: Modelovacie prostriedky pre vyhodnocovanie svalovej únavy, 2003,
- Majerník, J.: Rozvoj metód videoanalýzy pohybu človeka pre klinickú prax, 2005,
- Kačmariková, A.: Meranie pasívnych odporov a spastických momentov pri pasívnom pohybe v lakt'ovom kĺbe, 2006.

Tab.2

Meno študenta	Názov diplom. práce	Rok
Brunacká, Z.	Vyšetrovacie metódy a postupy na stabilografie.	2003
Dolná, Z.	Dynamický model činnosti svalov v lakťovom kĺbe.	2003
Girášek, B.	Riešenie biomechanických pomerov kineziologického systému vo vybranom športovom procese.	2003
Pajunková, P.	Vyhodnocovanie EMG pri analýze pohybu horných končatín.	2003
Pšak, P.	Dynamický model dolnej končatiny.	2003
Rychnavský, R.	Dynamika dolnej končatiny pri skokoch.	2005
Hužičková, P.	Vplyv manipulačných zákrokov na chrbtici na statiku a dynamiku postury pacientov - videoanalýza pomocou SMART systému.	2005
Tuček, P.	Vyhodnocovanie efektivity tréningu športovcov.	2006
Durkotová, K.	Meranie a vyhodnocovanie spasticity.	2006
Szerdiová, L.	Vyhodnocovanie výkonnosti športovcov pomocou videoanalýzy.	2009
Kovalčík, M.	Tréning a vyhodnocovanie chôdze u seniorov pomocou videoanalýzy, akcelerometrov a gyroskopov.	2009

V súčasnosti sú na KBIAaM vo fáze riešenia dizertačné práce s témami:

- Predikcia EMG z kinematických údajov pomocou umelých neurónových sietí.
- Analýza architektúry ortéz a protéz a jej vplyvu na funkčnosť a uspokojenie potrieb pacienta.
- Význam vyšetrenia chôdze v posturoológii pre účely objektivizácie účinku pohybovej liečby.
- Analýza chôdze a postoja v rehabilitačnej diagnostike a liečbe na báze videozáznamov.
- Klasifikácia pohybových vzorcov chôdze a jej význam pri identifikácii osôb v kriminalistike.

V spolupráci s Katedrou výrobnéj techniky a robotiky boli riešené doktorandské práce zamerané na aplikáciu poznatkov z pohybovej analýzy človeka na vytvorenie experimentálneho modelu kráčajúceho dvojnohého robota a na návrh kráčajúcich podvozkov mobilných servisných robotov. [4,5]

OBLASŤ VÝSKUMU

V oblasti výskumu sa zameriavame na rôzne oblasti aplikácie poznatkov z pohybovej analýzy, vypracovanie metodík merania pomocou videosystému SMART a jeho klinických aplikácií:

- Monitorovanie predoperačnej rehabilitácie za účelom posúdenia efektívnosti predoperačnej a pooperačnej rehabilitácie u pacientov s totálnou endoprotézou bedrového kĺbu [6, 7]
- Vyhodnotenie vplyvu manuálnej terapie, manipulačnej liečby funkčných porúch na statiku ľudského tela [8]
- Vyšetrovanie funkčných vlastností chrbtice a stability postoja [9, 10]
- Vyhodnotenie procesu rehabilitácie a efektivity manuálnej terapie detských spastických pacientov s diagnostikou poruchy držania tela a patológiou chôdze [11]
- Vyhodnotenie efektivity hippoterapie na pohybový systém detských pacientov s DMO [12, 13]
- Monitorovanie výkonnosti športovcov - mladých atlétov športového gymnázia, využitie pohybovej analýzy v športe a športovej medicíne [14, 15]
- Klasifikácia pohybových vzorcov, parametrov chôdze s aplikáciou poznatkov v kriminalistickej praxi v oblasti identifikácie osôb [16, 17]
- Analýza pohybu bez použitia značiek – MAFRAN [18, 19]
- Analýza chôdze u seniorov, u ktorých je riziko pádu, sledovanie efektívnosti návniku chôdze pomocou mechatronickej rehabilitačnej topánky SMILING [21].

Spolupráca bola nadviazaná a úspešne pokračuje hlavne s pracoviskami, akými je Fyziatrisko-rehabilitačné oddelenie Nemocnice v Košiciach – Šaci, ktoré sa zameriava na štúdium anatomických, funkčných a biomechanických parametrov anatomickej štruktúry panvy v širšom kontexte s postojovými funkciami. Merali a vyhodnocovali sa parametre pacientov s indikáciou totálnej náhrady bedrového kĺbu pri monitorovaní predoperačnej rehabilitácie, vyhodnocoval sa vplyv manuálnej liečby funkčných porúch na statiku tela, monitorovali sa funkčné poruchy po operácii spondylolistézy, vyšetrovala sa

stabilita postoja, vplyv rehabilitácie a hipoterapie na liečbu DMO, poruchy držania tela a pod.

Hlavné aktivity a ciele sú orientované na rozpracovanie metód komplexnej kvantitatívnej analýzy pohybových aktivít a teda rozširovanie videoanalýzy pohybu človeka o kinetické a EMG parametre pre objektivizáciu vyššie uvedených štúdií. Dôležitou úlohou je aj prehĺbenie spolupráce s rehabilitačnými pracoviskami, športovými inštitúciami a kriminalistickou praxou.

Vývoj metód vyhodnocovania svalovej aktivity a kinetických parametrov pohybu človeka v súčinnosti s metódami videoanalýzy pohybu človeka, porovnanie rôznych variant riešení pre špecifické štúdie podľa požiadaviek klinických špecialistov a vypracovanie metodických postupov kvantitatívnej analýzy prototypových činností človeka patria k prioritám laboratória a jeho pracovníkov.

V klinickej sfére sú hlavné aktivity orientované na vyhodnocovanie patologickej chôdze u pacientov s indikáciou liečby bedrových, kolenných resp. členkových kĺbov a ich poškodení či deformít, a to pred liečbou a po liečbe. Ďalším cieľom bolo vyvinúť metodiky analýzy špecifických pohybových činností pre monitorovanie efektivity manuálnej terapie, pre hodnotenie úspešnosti dvojýtždňovej rehabilitácie detí s poruchami chôdze, či vyhodnocovanie aktívnych a pasívnych momentov v lakt'ovom kĺbe u spastických pacientov za účelom zhodnotenia efektívnosti liečby.

V oblasti športu a športovej medicíny si kladieme za cieľ zaviesť nové metódy vyhodnocovania a monitorovania výkonnosti športovcov v spolupráci so športovými školami a centrami v regióne. Hlavným zameraním je individuálny rast športovca, kvantifikácia tohto rastu a ovplyvnenie jeho výkonnosti.

Boli vykonané aj štúdie športových výkonov, monitorovanie výkonnosti mladých atlétov. Spolupracovali sme so Športovým gymnáziom v Košiciach a nadviazali sme spoluprácu s Fakultou športu Prešovskej univerzity v Prešove. Hlavným zámerom je sústrediť sa na dynamickú analýzu pohybu človeka s aplikáciou pre klinickú prax v rehabilitácii a športovom lekárstve. Cieľom bude zlepšiť metódy kvantitatívneho popisu výkonnosti športovcov, tréningového procesu, jeho zdokonalenie. Ďalej sa sústredíme na ovplyvnenie pohybových návykov a predikciu pohybových schopností s naviazaním na konkrétne športové úkony, hlavne so zameraním na atletiku, vypracovanie metodiky efektívneho tréningu a tým aj prevenciu športových úrazov.

ZÁVER

Cieľom riešenia projektu bude taktiež vytvoriť normatívnu databázu parametrov zdravých subjektov na základe, ktorej bude možné hodnotiť patologické prípady a odchýlky patologických prípadov od normatívnych hodnôt pre individuálne pohybové činnosti, a to aj v spolupráci s BEL – Biomechanics European Laboratory. Globálnym cieľom je zefektívniť a zvýšiť úroveň diagnostických, monitorovacích, liečebných a rehabilitačných procesov pohybových aktivít človeka v klinickom prostredí. Predpokladá sa spolupráca s miestnymi klinikami a športovými centrami, ale aj s Národným rehabilitačným ústavom v Kováčovej a so zahraničnými laboratóriami. Výskum bude zameraný na rozšírenie videoanalýzy pohybu človeka pomocou 6-kamerového systému SMART o riešenie metód sledovania svalovej aktivity počas pohybu pomocou EMG zariadení a metód sledovania pôsobenia síl pomocou silových platní. V rámci projektu budú overované viaceré metódy a testované kombinácie kinematickej, kinetickej a EMG analýzy za účelom objektivizácie vyhodnocovania pohybových činností a aktuálneho stavu pohybovej sústavy pacientov.

Medzinárodná spolupráca je plánovaná s Rehabilitačným inštitútom a Univerzitou v Lubľane, kde hlavným cieľom je vývoj metodických postupov a spôsobov spracovania a interpretácie nameraných a vyhodnotených údajov. Získané vedomosti a znalosti v odbore sú založené na medzinárodnej spolupráci s University College Dublin, Univerzitou v Gente, Politechnikou v Miláne a Rehabilitačným inštitútom v Lubľane. Pracovníci absolvovali špeciálny kurz „Pohybovej analýzy“, organizovaný Európskou spoločnosťou pre pohybovú analýzu dospelých a detí“ a „Talianskou spoločnosťou pre klinickú analýzu pohybu“. Klinické skúšky a rozpracovanie metodiky merania a interpretácie výsledkov budú realizované v spolupráci s externými spolupracovníkmi z klinických a športových pracovísk. Ďalej s Vysokou školou Karlovy Vary, Inštitútom Kriminalistiky a forenzných vied v oblasti aplikácie poznatkov a výsledkov meraní a vyhodnocovaní pohybových vzorcov chôdze [20].

LITERATÚRA

[1] Gait and Posture Volume 14, Issue 2, October 2001. ISSN 0966-6362.

[2] Manuály k systému SMART – užívateľské príručky, interné materially.

[3] Katedra biomedicínskeho inžinierstva, automatizácie a merania. Dostupné online: <http://web.tuke.sk/sjf-kbiaam/student.html>

- [4] Evin, M.: Návrh algoritmu pre určenie stabilného kroku dvojnohého kráčajúceho robota. Doktorandská dizertačná práca. TUKE, SjF, KVTaR. 125 s. 2008.
- [5] Sciranka, M.: Kráčajúce podvozky mobilných servisných robotov. Doktorandská dizertačná práca. TUKE, SjF, KVTaR. 136 s. 2008.
- [6] Šimšík, D., Galajdová, A., Majerník, J., Želinský, L.: Contribution to investigation of pre-surgical rehabilitation effectiveness for total hip endoprostheses patients. In: International Journal of Rehabilitation Research. vol. 27, suppl. 1 (2004), p. 87. ISSN 0342-5282.
- [7] Šimšík, D., Galajdová, A., Hrabinská, I., Molčan, M. : Posture disorders diagnostics using videoanalysis. In: International Journal of Rehabilitation Research. vol. 27, suppl. 1 (2004), p. 82-83. ISSN 0342-5282.
- [8] Majerník, J. et al. : Some clinical studies of human movement at the rehabilitation clinic. In: Gait and Posture. vol. 18, no. 2 (2003), p. s94-s95.
- [9] Molčan, M., Majerník, J., Šimšík, D.: 3D motion analysis in evaluation of posture on moving platform. In: European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. vol. 264, no. 1 / june (2007), p. s199.
- [10] Šimšík, D., Galajdová, A., Majerník, J., Želinský, L.: Gait and posture analysis at rehabilitation clinic. In: EMBEC '05 : 3rd European Medical & Biological Engineering Conference November 20-25, 2005, Prague, Czech Republic : Proceedings. Prague : IFMBE, 2005. 4 p.
- [11] Šimšík, D., Styková, A., Majerník, J.: Design of device for manipulation with human arm during spasticity measurement. In: ISMCR 02: 12th international symposium on Measurement and Control in Robotics: Bourges, France, June 20-21, 2002. Bourges: [s.n.], 2002. 4 p.
- [12] Dziaková, M. et al.: Hippoterapia a jej význam v liečbe dieťaťa s detskou mozgovou obrnou. In: Humanita Plus. č. 4 (2006), s. 16. Internet: <<http://www.shr.sk/humanita/P20064.pdf>> ISSN 1336-2208.
- [13] Dziaková, M. et al. : Hippoterapia a jej význam v liečbe detskej mozgovej obrny. In: Rehabilitácia. roč. 44, č. 3 (2007), s. 131-134. ISSN 0375-0922.
- [14] Dolná, Z., Šimšík, D., Majerník, J., Galajdová, A.: Human motion analysis and its application in sports and sport medicine. In: Lékař a technika. vol. 38, no. 2 (2008), p. 152-155. ISSN 0301-5491.
- [15] Dolná, Z., Šimšík, D., Majerník, J., Galajdová, A.: Performance monitoring of young sportsmen using the motion analysis method. In: Trendy v biomedicínském inženýrství: Sborník 7. česko-slovenské konference: 11.-13. září 2007. Praha: ČVUT, 2007. p. 246-249. ISBN 978-80-01-03777-5.
- [16] Straus, J., Porada, V.: Forensic biomechanical application in criminalistic. In: Forensic Science International, 2007, vol. 169, Supp. 1, p. 40.
- [17] Porada, V. : Projekt : Identifikace osob podle funkčních a dynamických znaků. Praha: MV ČR, 2007
- [18] Majerník, J.: Rozvoj metod videoanalýzy pohybu človeka pre klinickú prax. Doktorandská dizertačná práca. Košice, 2004. 190 s.
- [19] Majerník, J., Šimšík, D.: Marker-free analysis of human gait. In: Proceedings of EMBEC '05: 3rd European Medical & Biological Engineering Conference. November 20-25, Prague: IFMBE, 2005. 4 p.
- [20] Šimšík, D., Porada, V., Rak, R., Majerník, J., Galajdová, A.: Analýza pohybu človeka pri identifikácii osôb v kriminalistike. 1. vyd. Košice : TU, SjF, 2008. 272 s. ISBN 978-80-553-0023-8.
- [21] Project SMILING – internal documents. 2008 <http://www.smilingproject.eu>
- Príspevok vznikol s podporou grantovej úlohy KEGA 3/6441/08 „Rehabilitačné inžinierstvo - nová učebnica a výskumný koncept nového študijného programu“, grantu VEGA 1/0820/08 „Dynamická analýza pohybu človeka pre klinickú prax v rehabilitácii a športovom lekárstve“, česko-slovenského projektu VE20072009007 „Identifikace osob podle funkčních a dynamických znaků“ a grantu 7.RP SMILING – „Self Mobility Improvement in the eLderly by counteractING falls“, contract number 215493.*