



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko



roboLab
laboratorij za robotiko

Združevanje senzornih informacij pritiskovne merilne podloge ter inercialnih in magnetnih merilnih enot

Predstavitev doktorske disertacije

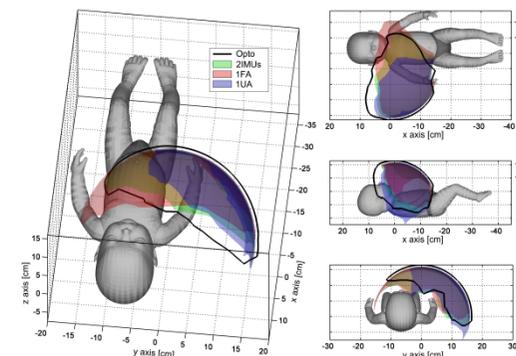
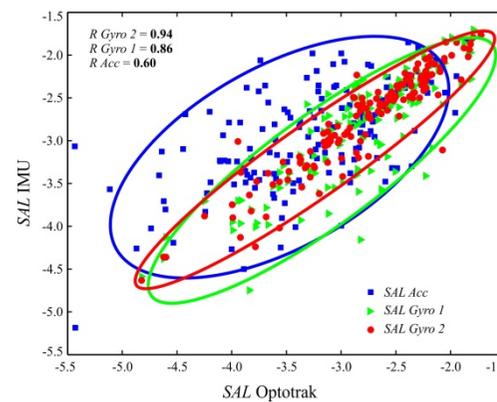
Andraž Rihar

Mentor: prof. dr. Marko Munih

Ljubljana, maj 2016

Vsebina predstavitve

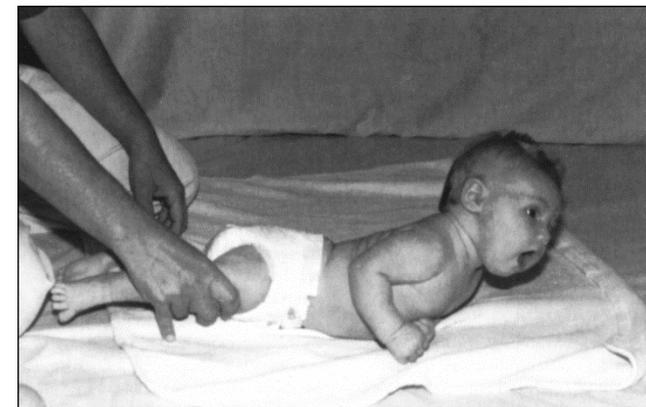
- Uvod
- Merilni sistem CareToy
- Metodologija
- Evalvacija sistema
- Sklep
- Izvirni prispevki





Analiza razvojnih vzorcev

- Zgodnje otroštvo
 - Doseganje razvojnih mejnikov
- Analiza razvojnih vzorcev
 - Prepoznavanje razvojnih motenj
 - Zgodnja diagnoza
 - Vadba za optimalen razvoj
- Klinične metode testiranja
 - AIMS, TIMP, Bayley III
 - Ekspertno znanje
 - Subjektivnost

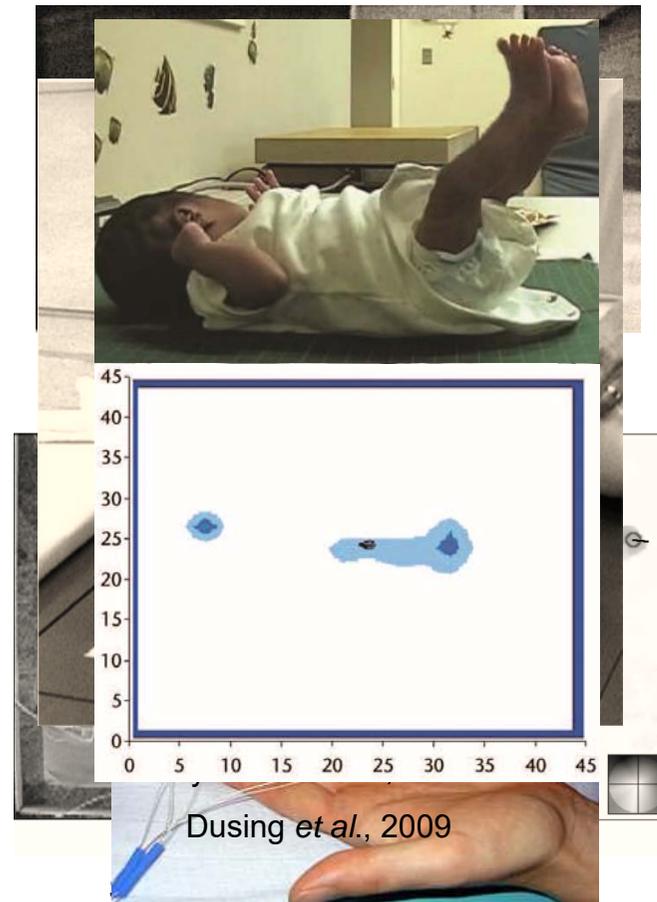


Campbell *et al.*, 1995



Senzorno podprta analiza

- Video analiza
- Optoelektronski sistemi
- Elektromagnetni sistemi
- Pospeškometri
- Pritiskovne plošče
- Pritiskovne merilne podloge





Senzorni sistemi

Pomanjkljivosti

- Zastiranje pogleda
- Osvetlitev
- Veliko število markerjev
- Ožičenje
- Ne nudijo informacij o legi
- Ne nudijo informacij o telesni drži

Potrebujemo

- Objektivnost
- Neinvazivnost
- Točnost
- Enostavnost uporabe
- Hitra predpriprava
- Možnost pogostih meritev
- Neomejenost na klinično okolje

Predlagana kombinacija senzorjev

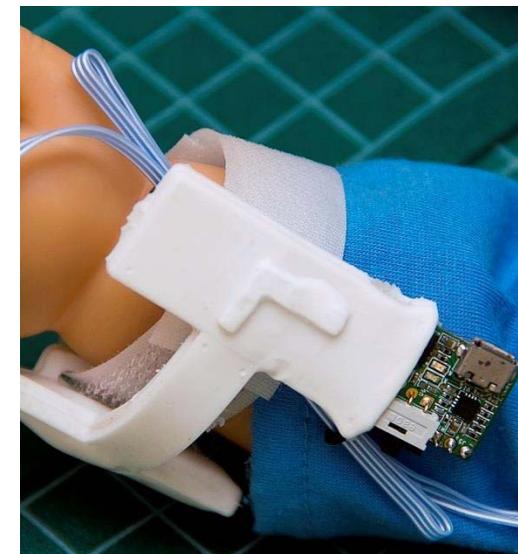
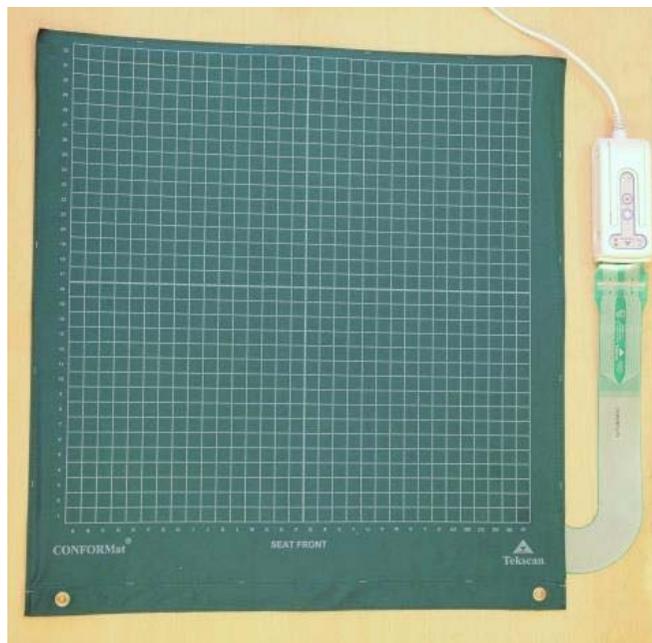
EU FP7 projekt CareToy



A Modular Smart System
for Infants' Rehabilitation
At Home based on
Mechatronic Toys

Pritiskovna merilna podloga

Inercialne in magnetne merilne enote (IME)



Uvod

Merilni sistem CareToy

Metodologija

Evalvacija sistema

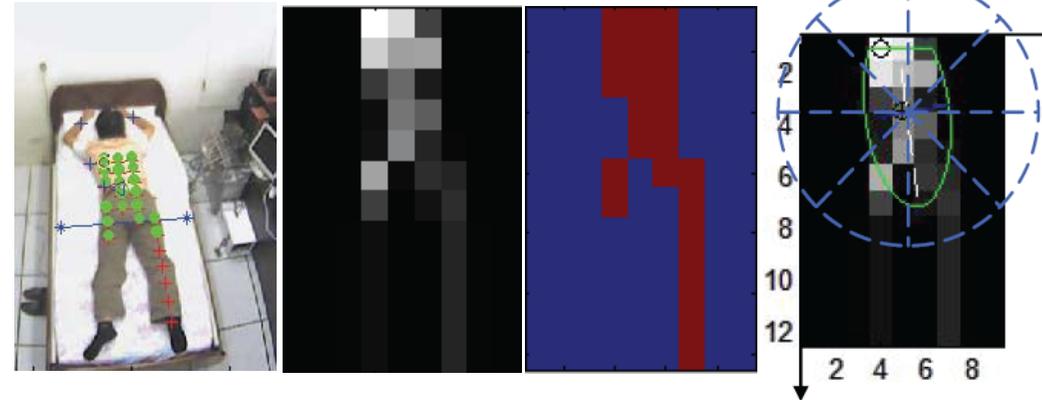
Sklep



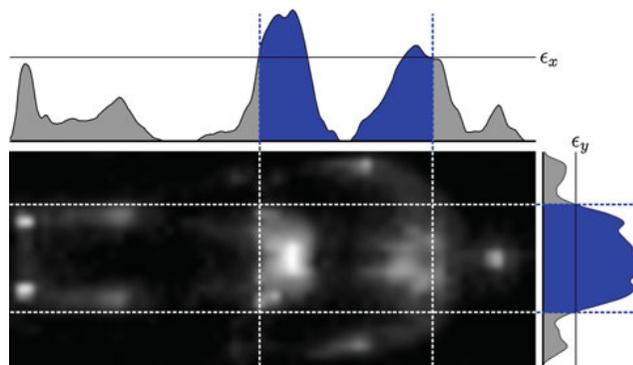
Analiza in združevanje podatkov

Klasifikacija drže odraslih

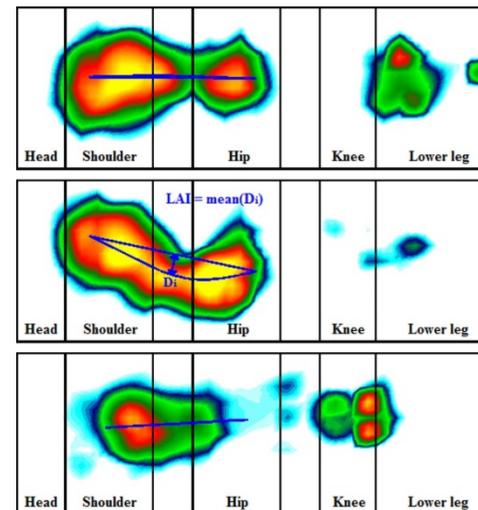
- Izločanje značilk („PCA“)
- Dvojni intenzitetni profil
- Podporni vektorji („SVM“)
- Najbližji sosedje („kNN“)
- Skriti model Markova („HMM“)



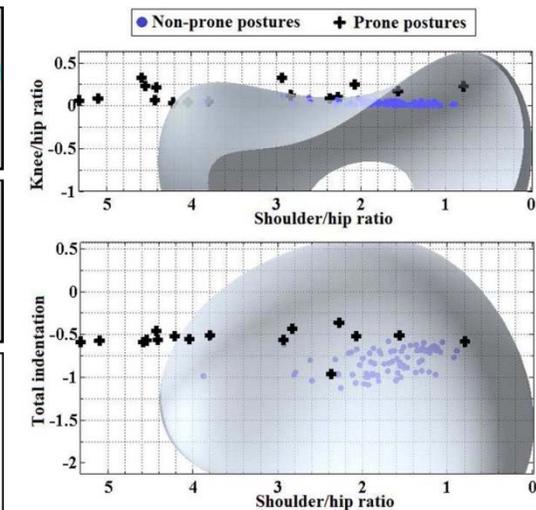
Huang *et al.*, 2010



Grimm *et al.*, 2012



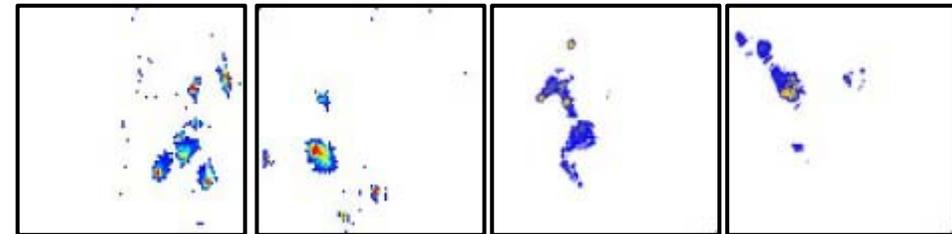
Verhaert *et al.*, 2011



Analiza in združevanje podatkov

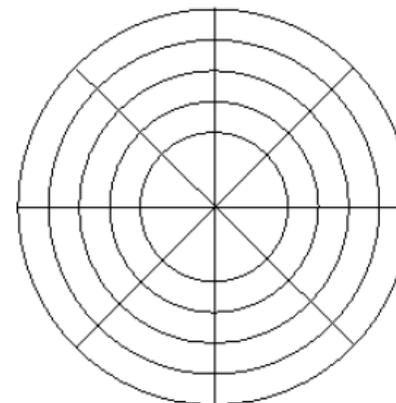
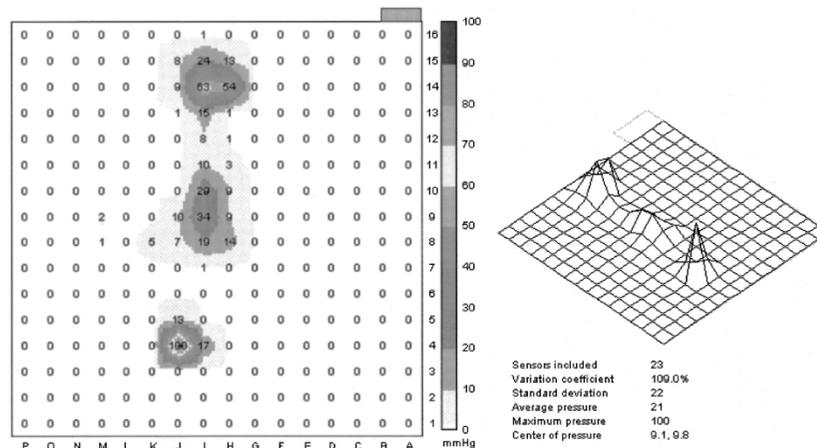
Klasifikacija drže dojenčkov

- Izločanje značilk (spremenljivi geometrijski momenti)
- Linearni, kvadratični, SVM in kNN klasifikator

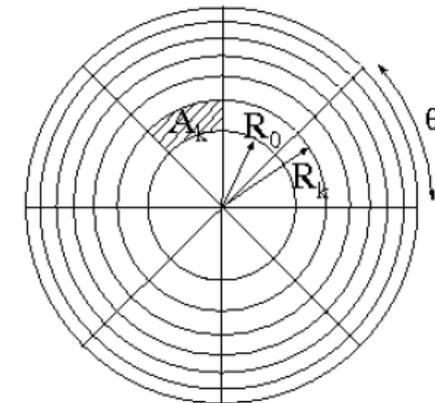


Analiza telesne drže

- Ekstenzija in fleksija trupa



Boughorbel *et al.*, 2010



$$I = \frac{(p_{glava} + p_{medenica})}{p_{prsni\ koš}}$$

$$R_k = \sqrt{k + 1}R_0$$

$$A_k = \frac{1}{2}\theta R_0^2$$

Dusing *et al.*, 2005

Senzorno podprto okolje CareToy

- Konzorcij EU FP7 projekta CareToy (2012-2015)

7 partnerjev

- Strojna oprema (SSSA, UL-LR, UHAM, FSM, HEC, MR&D, STM)



- Scuola Superiore Sant'Anna di Studi Universitari e di Perfezionamento



- Cilji vad
- Položaj



IRCCS Fondazione Stella Maris (Italy)



Obdelava in združevanje podatkov

Senzorni sistemi

spособnosti

IME

Aktivnost

Merilni podlogi

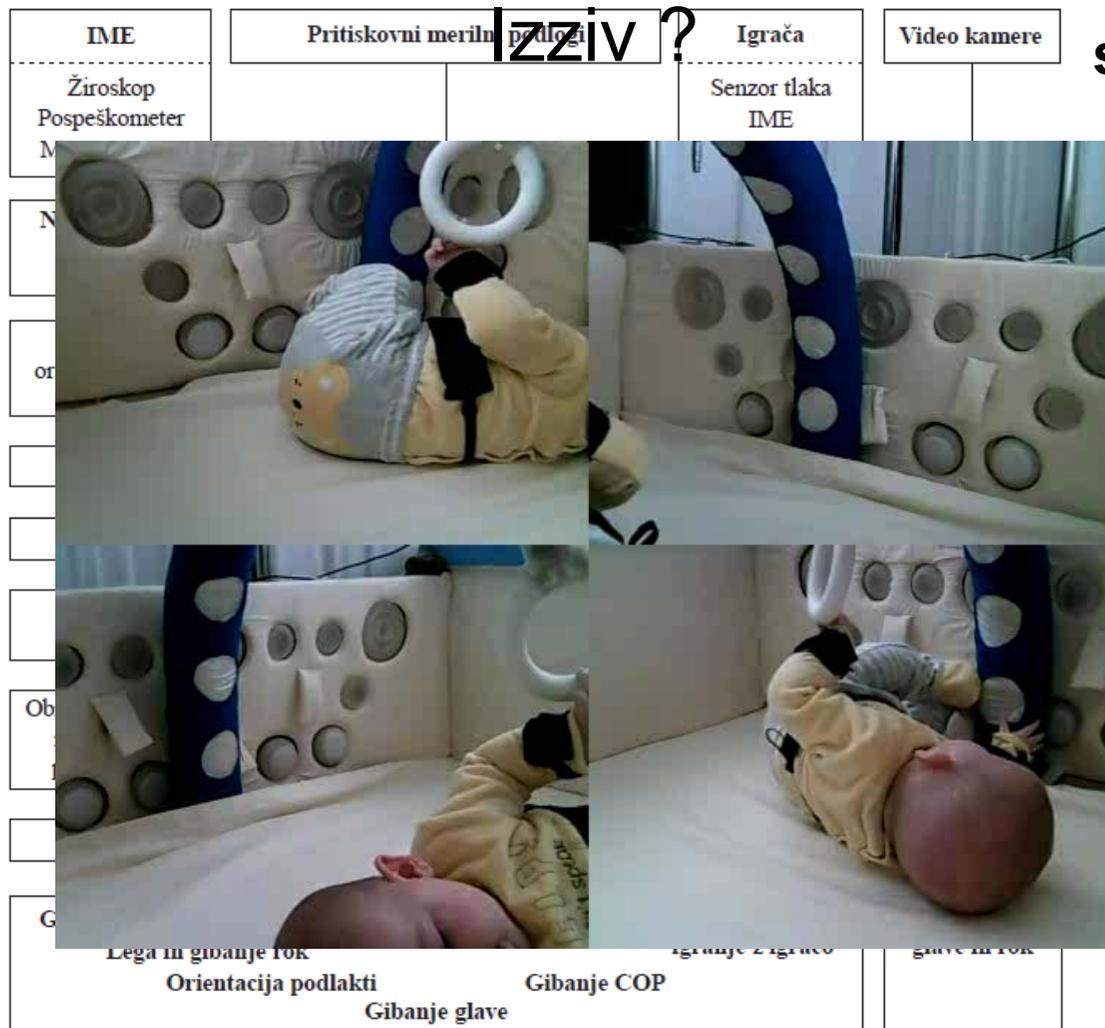
Gibanje

Igrače

Lega

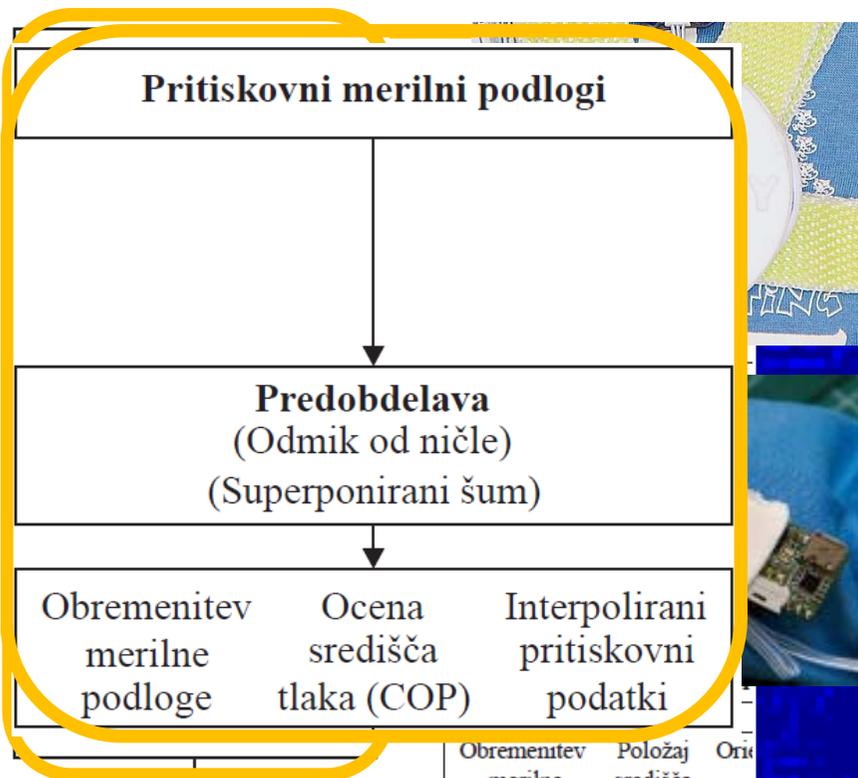
Video kamere

Stabilnost



Izziv ?

Obdelava podatkov v Merilni podlogi



Obremenitev merilne podloge	Položaj središča tlaka (COP)	Ori...
Ocena pa...		
Gibanje trupa Lega in gibanje rok Orientacija podakti		
Gibanje glave	Gibanje COP	

$$\hat{x}_i^a = \begin{bmatrix} x_i \\ p_i \\ m_i \end{bmatrix} \quad P_i^a = \begin{bmatrix} P_{x_i} & 0 & 0 \\ 0 & P_p & 0 \\ 0 & 0 & P_m \end{bmatrix}$$

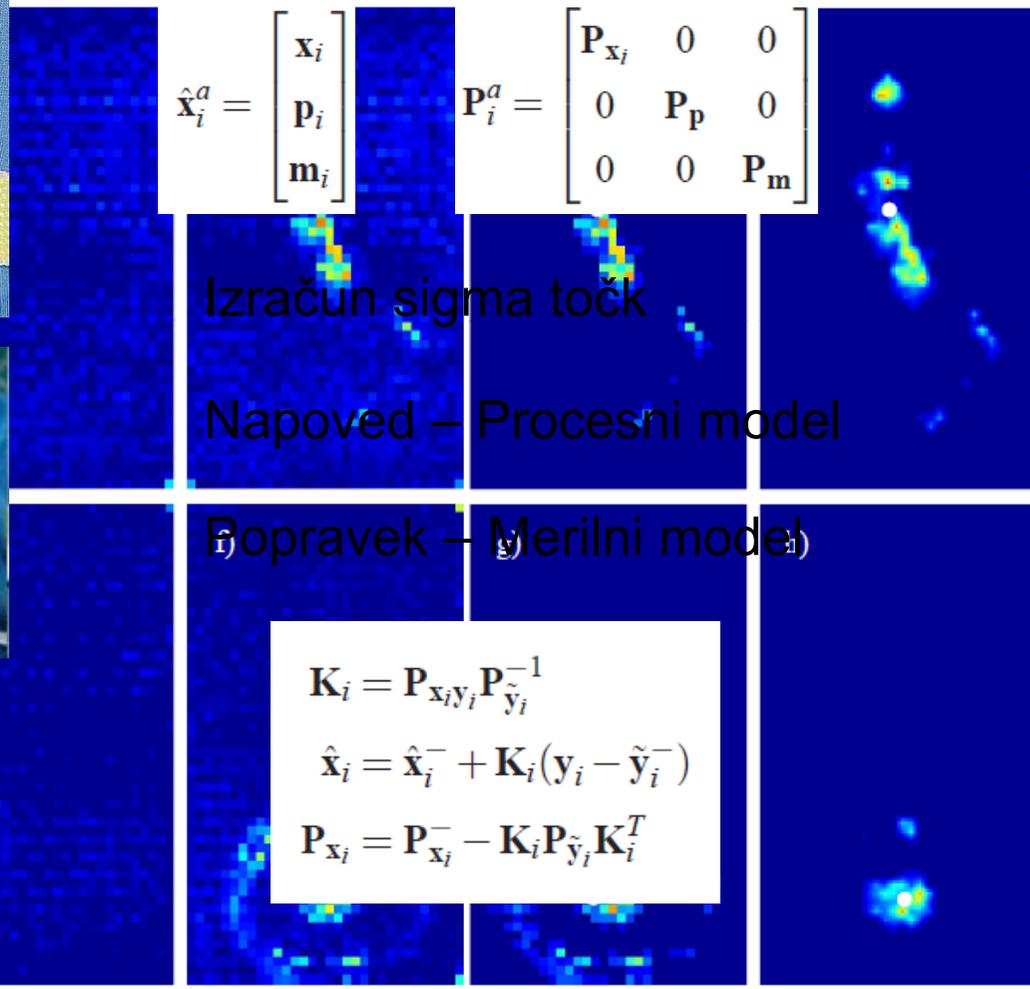
Izračun sigma točk
Napoved – Procesni model

Popravek – Merilni model

$$K_i = P_{x_i y_i} P_{\tilde{y}_i}^{-1}$$

$$\hat{x}_i = \hat{x}_i^- + K_i (y_i - \tilde{y}_i^-)$$

$$P_{x_i} = P_{x_i}^- - K_i P_{\tilde{y}_i} K_i^T$$



Združevanje senzornih podatkov

Združevanje senzornih podatkov

Popravljen 3-D orientacija trupa

Prilagoditev kontrasta

Centralni momenti

Uteženo vrednotenje

$$M_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q I(x, y)$$

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q I(x, y)$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}} \right)$$

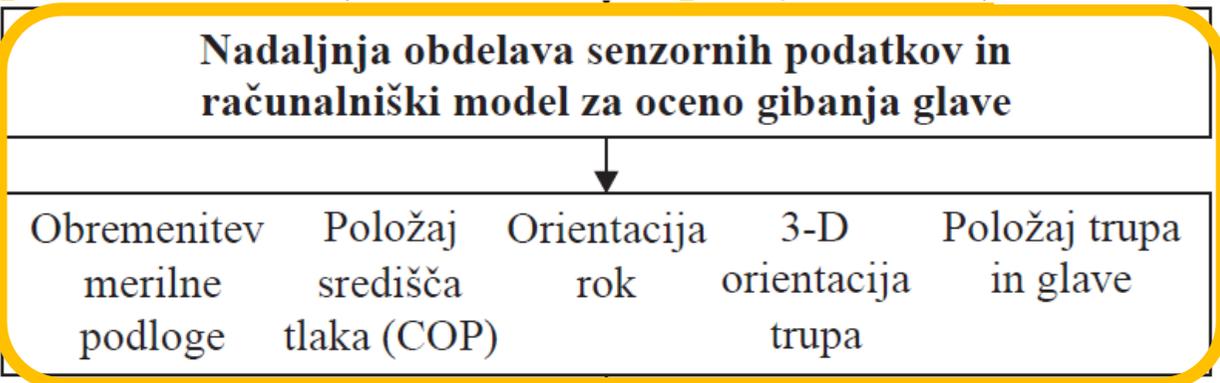
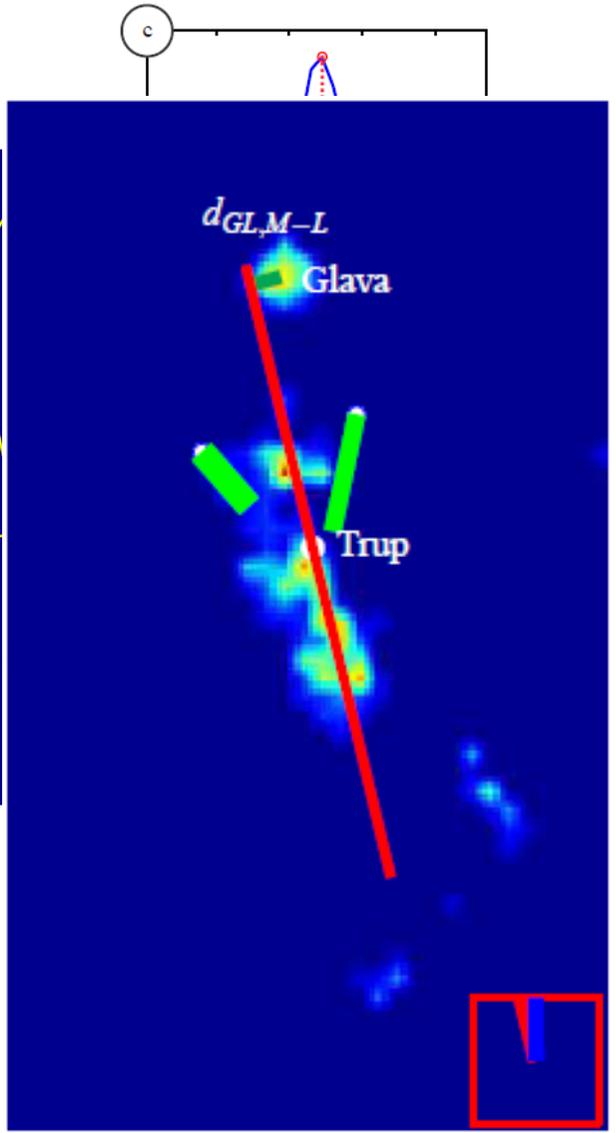
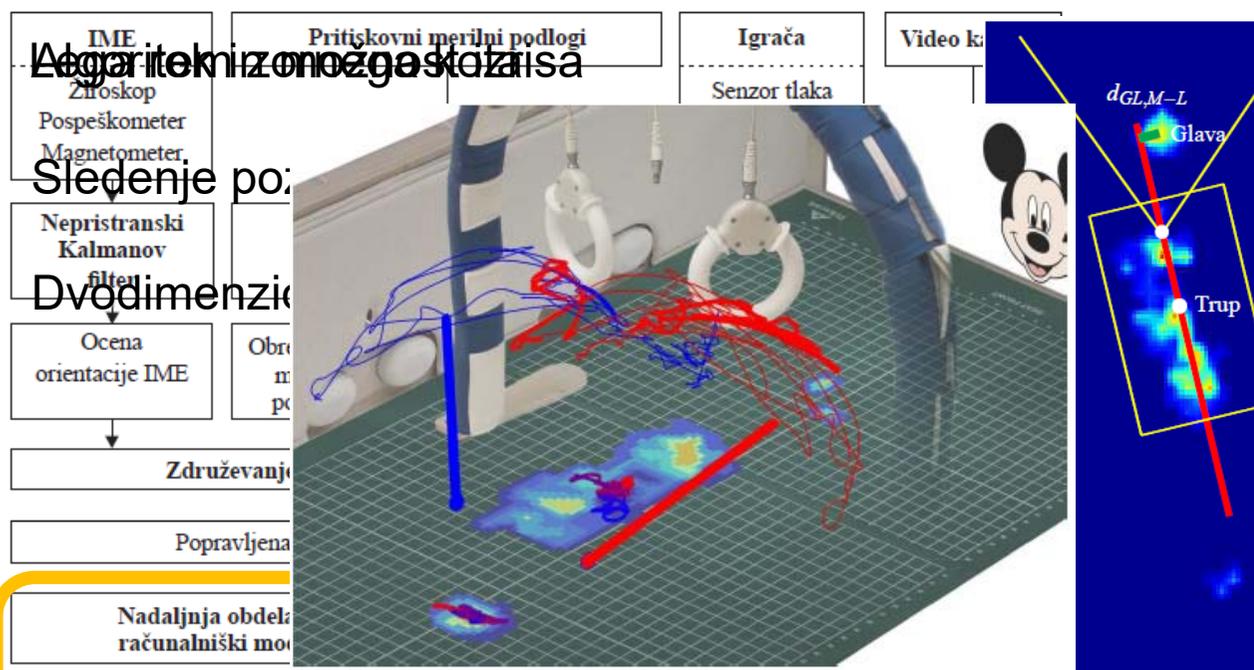
$$\alpha' = \alpha \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \chi_F \chi_L \right)$$

$$L'_T = \frac{4}{5} \tilde{L}_T \quad \chi_F = \frac{F - F_{min}}{F_{max} - F_{min}}$$

$$F'_T = \frac{4}{5} \tilde{F}_T \quad \chi_L = \frac{L - L_{min}}{L_{max} - L_{min}}$$

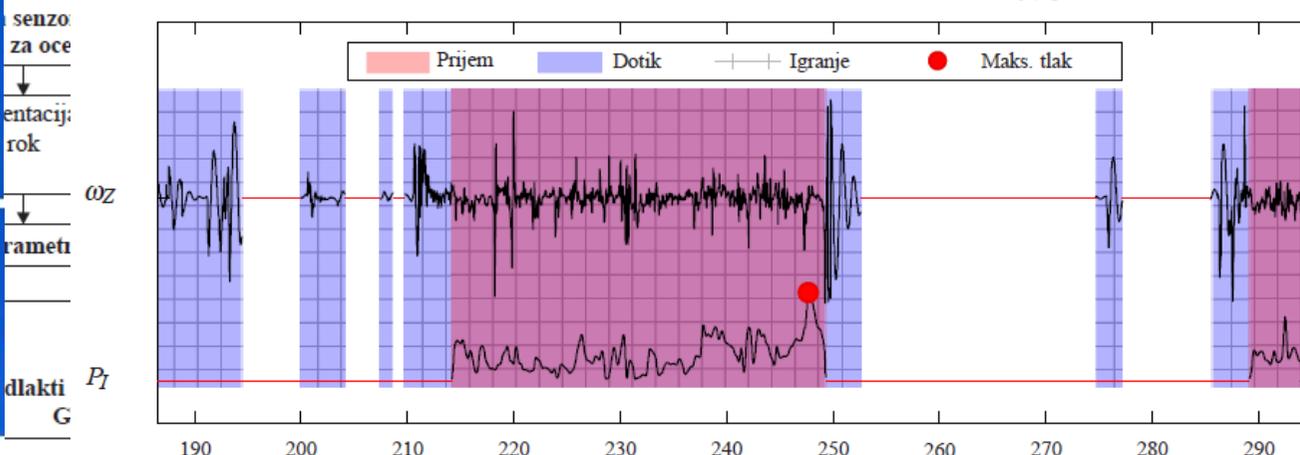
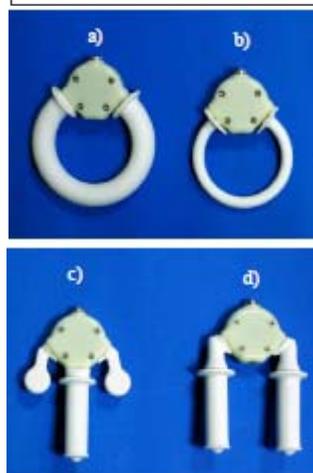
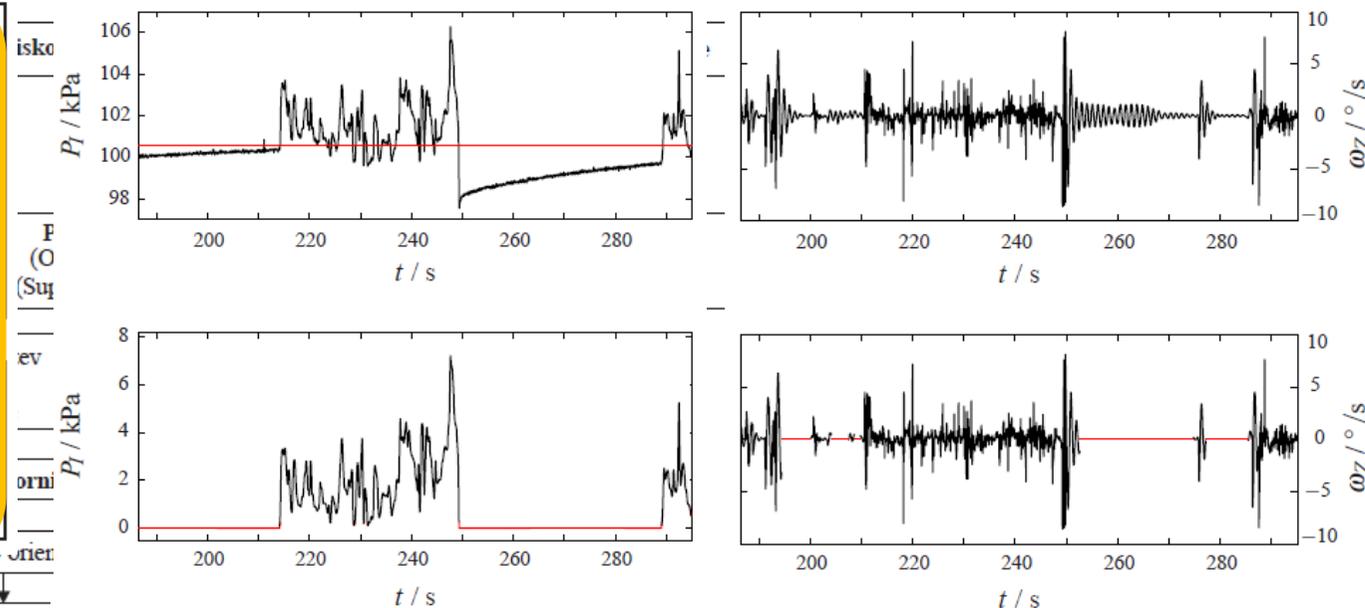
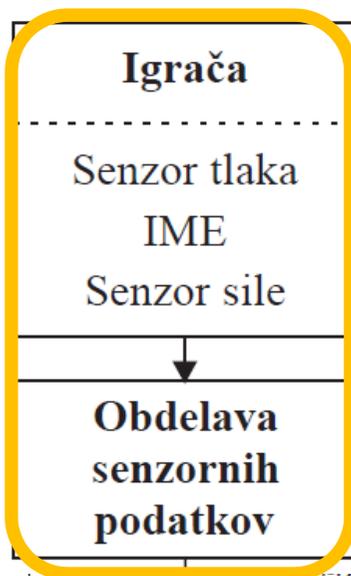


Nadaljnja obdelava podatkov



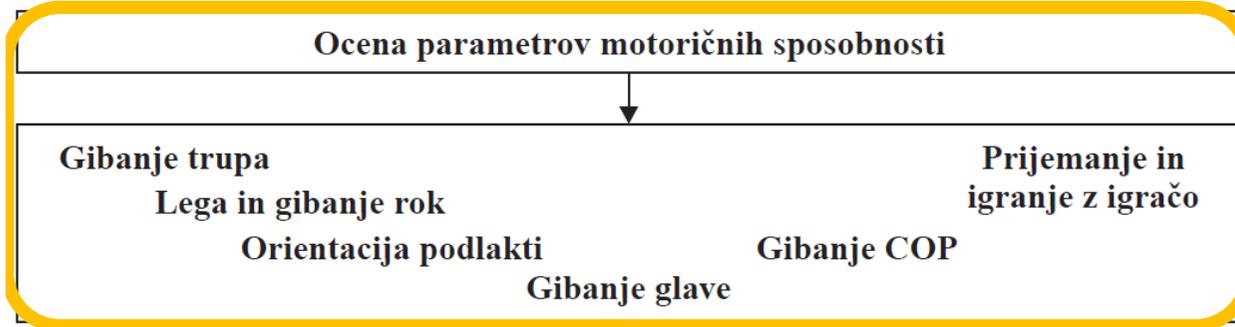


Analiza aktivnosti igrač

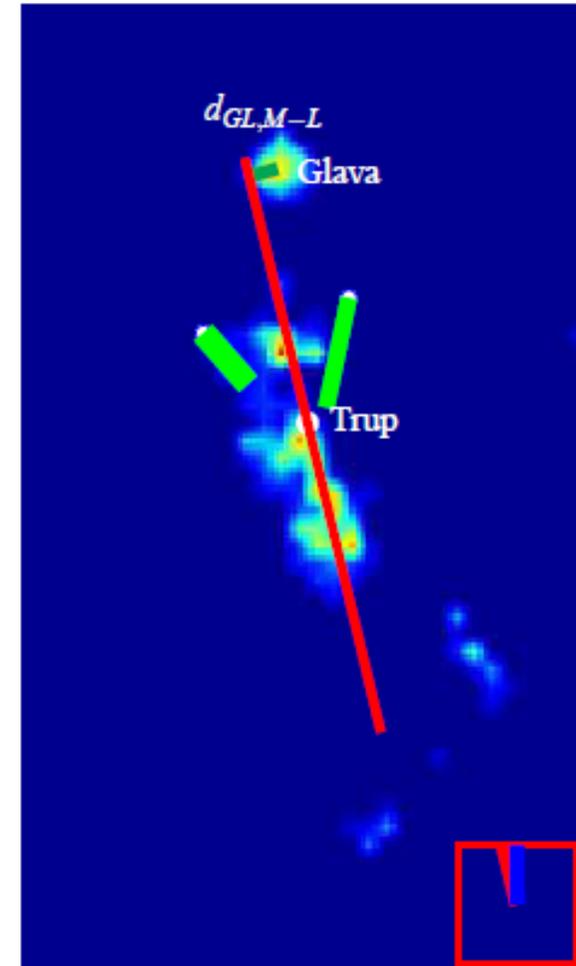
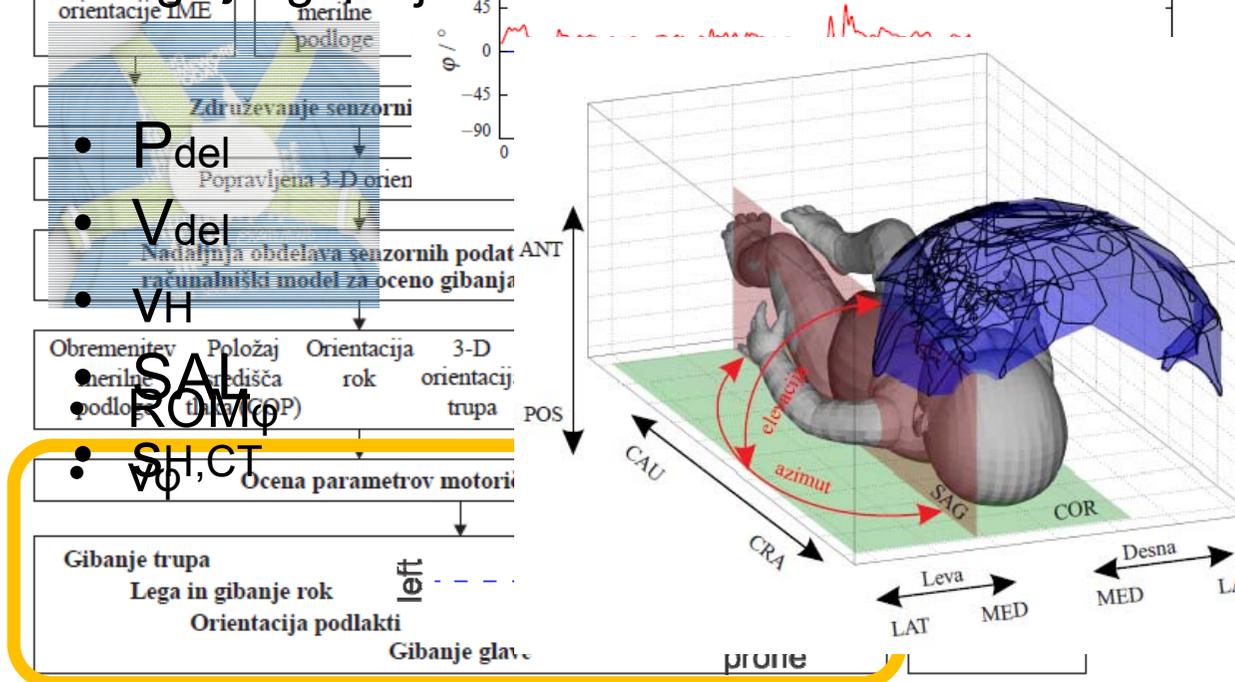




Ocena motoričnih sposobnosti



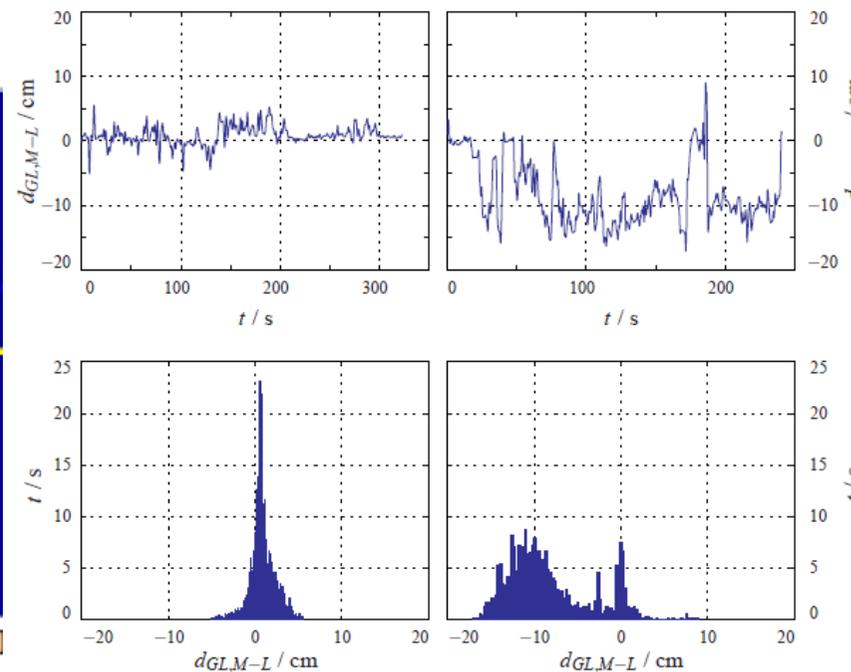
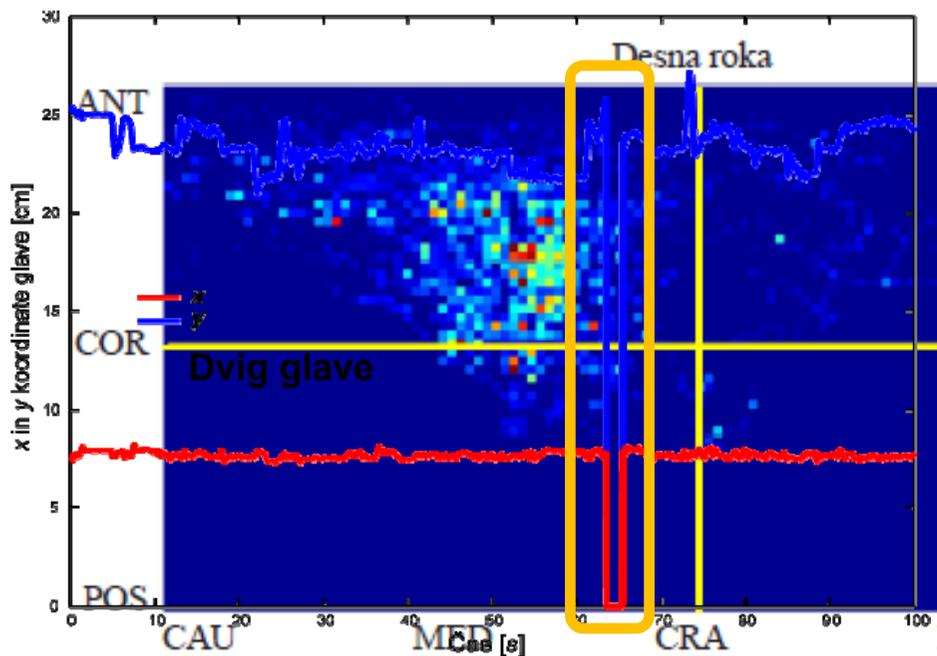
2. Gibanje gibanje rok





Ocena motoričnih sposobnosti

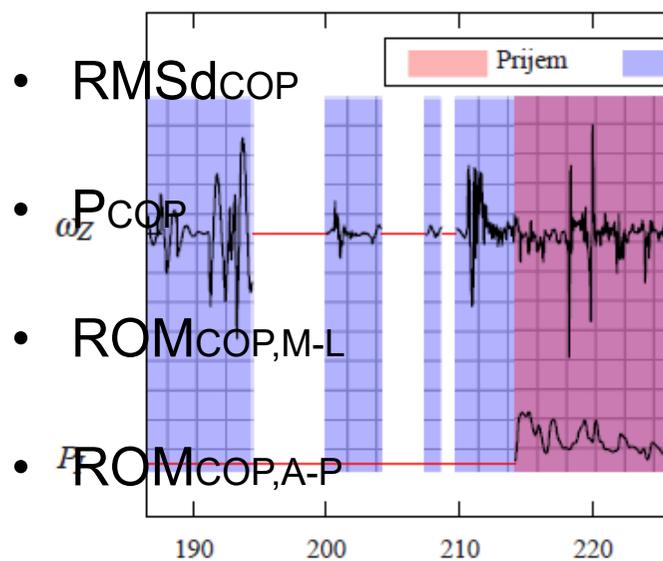
3. Orientacija glave





Ocena motoričnih sposobnosti

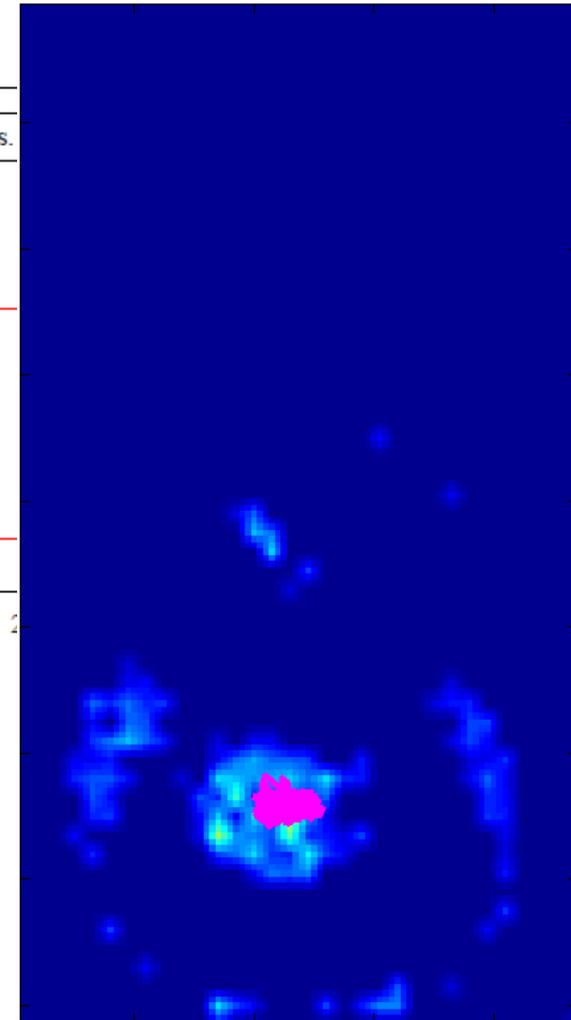
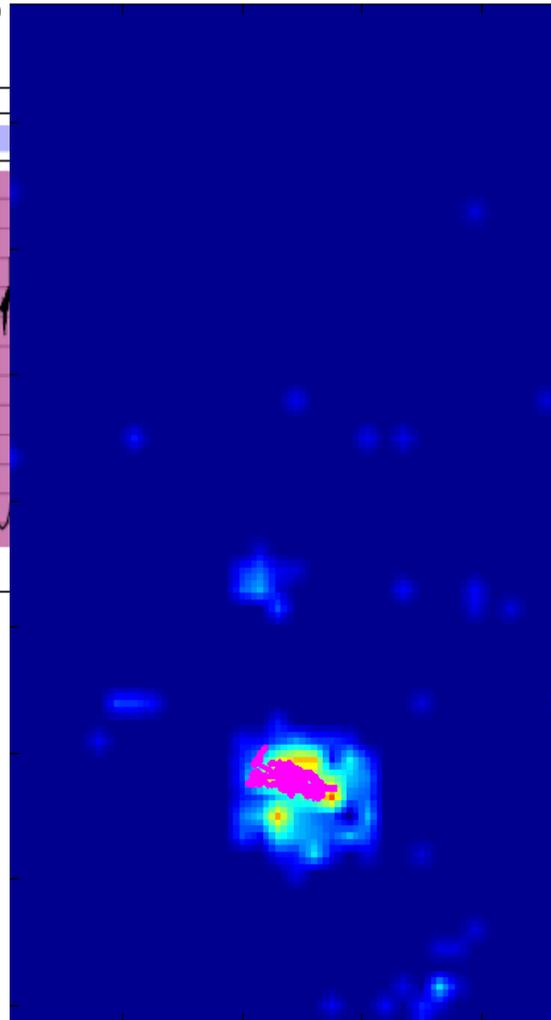
6. Analiza igre z igračo



- Delež prijetanja
- Delež dotikanja

J. E. Deffeyes, B. Hezouff, and W. A. Stueberg in N. Stergiou, "Nonlinear analysis of sitting postural sway indicates developmental delay in infants," *Clinical Biomechanics*, vol. 24, št. 7, str. 564–570, 2009.

- Delež igranja

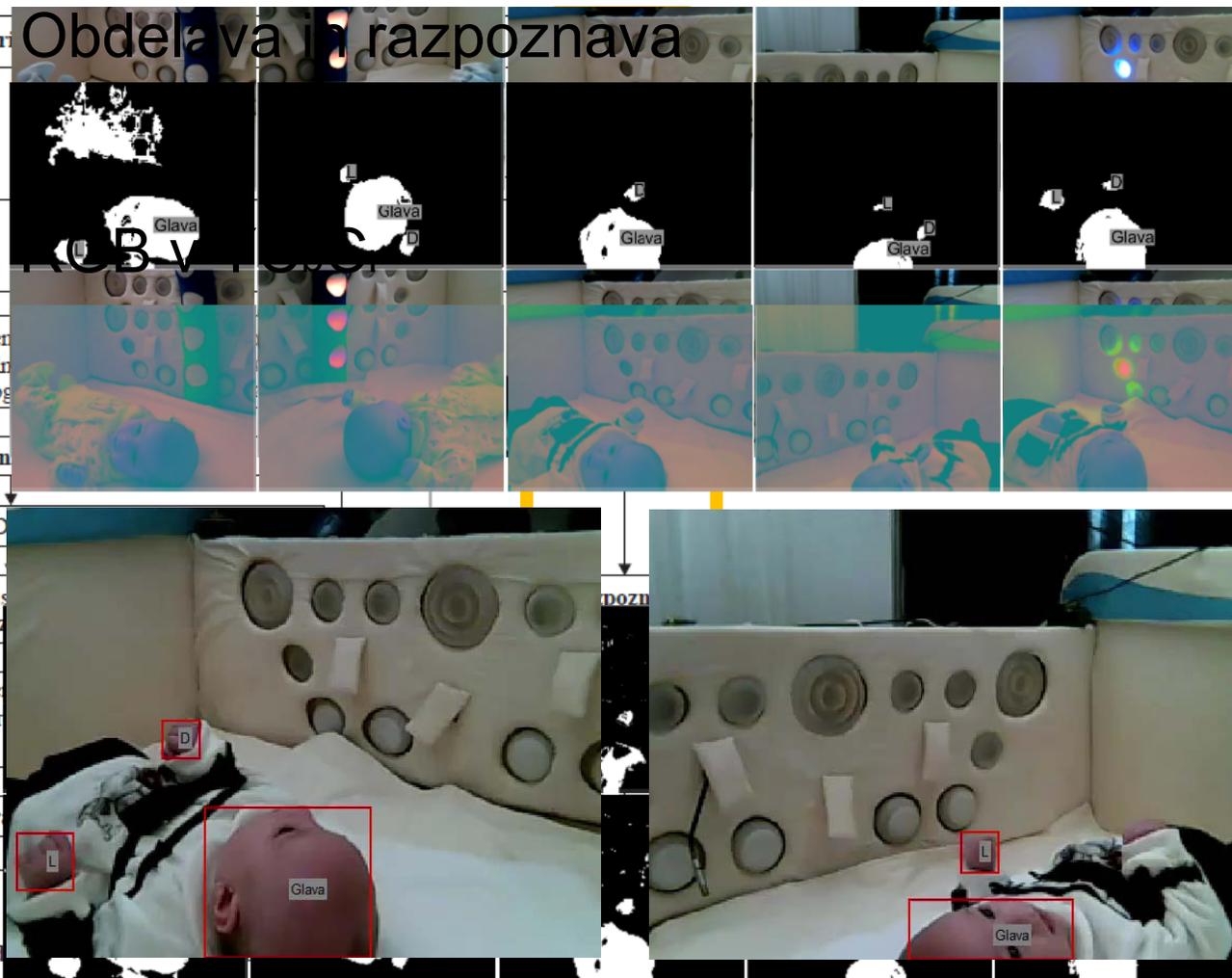




Razpoznavna delov telesa

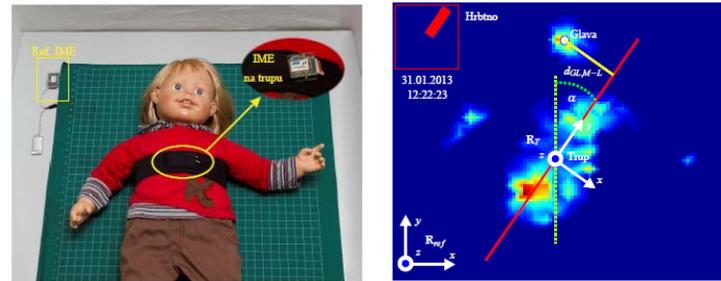


Obdelava in razpoznavna



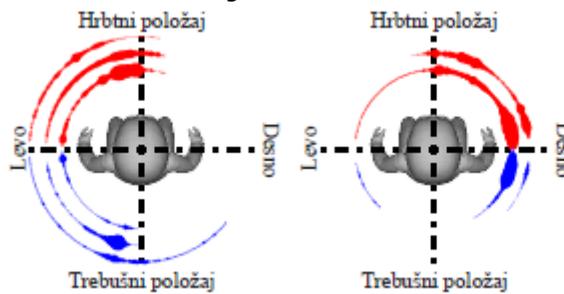
Evalvacija CareToy okolja

- Preliminarna študija uporabe merilnega sistema



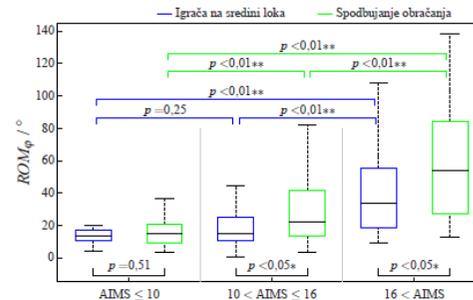
- Validacija z optoelektronskim merilnim sistemom Optotrak

- Naključna kontrolna študija (RCT)



Uvod

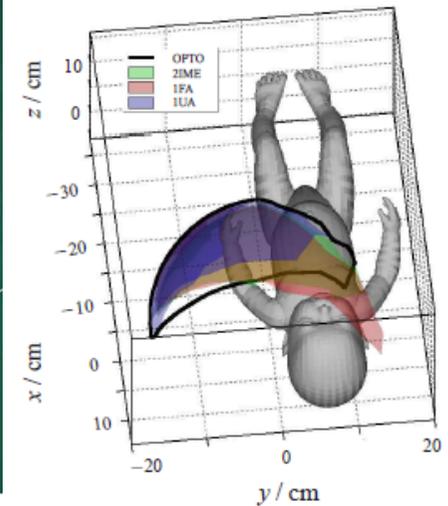
Merilni sistem CareToy



Metodologija



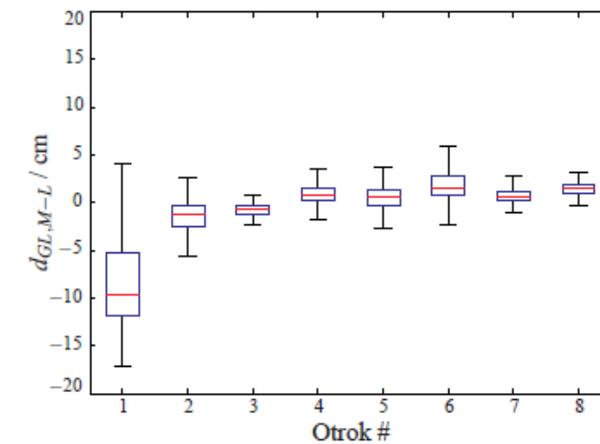
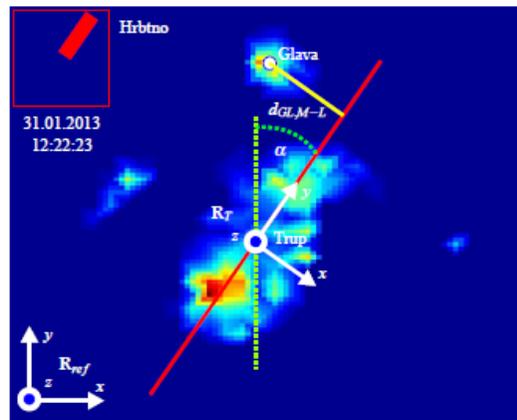
Evalvacija sistema



Sklep



Preliminarna študija uporabe sistema

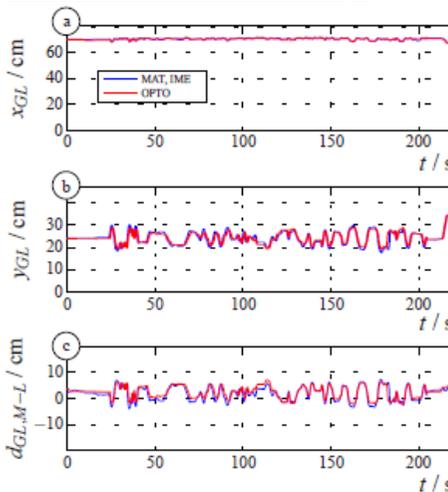
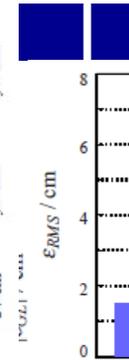
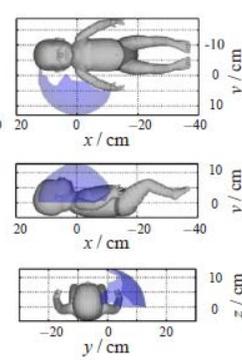
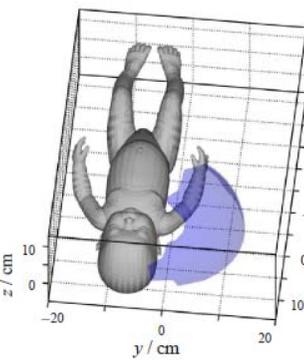
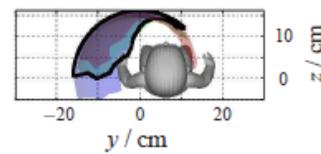
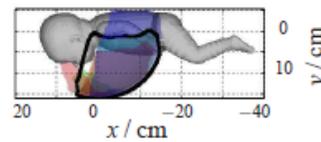
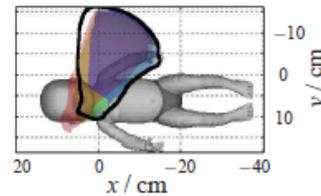
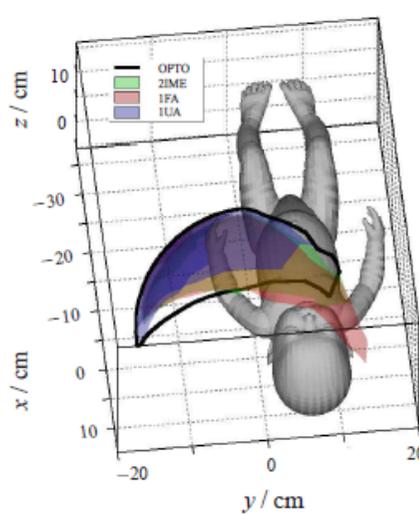


		Otrok #	1	2	3	4	5	6	7	8
t	t_{mer} / s		240,9	235,9	159,3	323,5	243,7	451,1	313,0	278,1
	t_{dvig} / s		4,1	1,8	0,0	0,0	0,0	0,9	3,0	0,0
	t_{spust} / s		236,7	234,1	159,3	323,5	243,7	450,2	310,0	278,1
Dvigi GL	NHT	IME	2	1*	0	33	1	71*	22*	0
		IME, PCA	33	3	0	1	5	3	1	1
	HT	IME	1	3	0	2	1	247*	15*	0
		IME, PCA	1	3	0	0	0	1	1	0
	Video		1	3	0	0	0	1	1	0

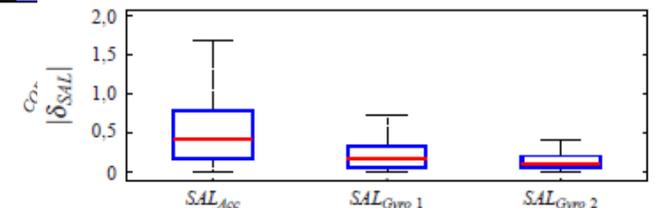
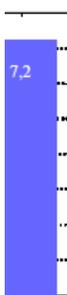
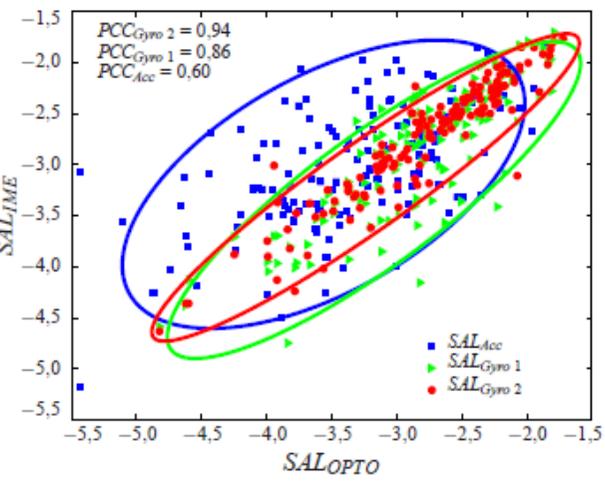
		Otrok #	1	2	3	4	5	6	7	8
P_{GL}	t_{mer} / s		240,9	235,9	159,3	323,5	243,7	451,1	313,0	278,1
	$d_{GL,l.maks.} / cm$		9,0	6,5	5,4	5,5	16,8	11,3	7,3	15,6
	$d_{GL,d.maks.} / cm$		17,1	7,0	6,7	5,1	7,8	5,1	5,9	0,7
	$d_{GL,med.} / cm$		-9,6	-1,2	-0,7	0,7	0,6	1,5	0,6	1,5
	$d_{GL,sr.vred.} / cm$		-8,2	-1,4	-0,8	0,8	0,9	1,8	0,9	1,8
	$d_{GL,st.odkilon} / cm$		4,9	1,6	1,1	1,4	2,5	2,0	1,2	1,8
	$d_{GL,splosc.} / cm$		2,6	4,2	12,2	4,9	13,8	5,0	10,1	27,0
	$d_{GL,asim.} / cm$		0,7	-0,1	-1,1	-0,1	2,4	0,3	1,3	4,6
	$d_{GL,RMS} / cm$		9,6	2,2	1,3	1,6	2,7	2,7	1,4	2,6
	$d_{GL,apr.ent.} / cm$		0,3	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3
P_{GL}	s_{GL} / cm		201,0	297,4	282,0	343,6	320,3	429,8	194,9	222,7
	$\bar{v}_{GL} / cm/s$		0,8	1,3	1,8	1,1	1,3	1,0	0,6	0,8



Validacija s sistemom Optotrak



	Optotrak	FA IME
$a_{H,RMS}/m/s^2$	0,77	0,89
$j_{H,RMS}/m/s^3$	12,08	10,48
$ j_H /m/s^3$	7,98	6,86
$PCC_{a,OPTO-H1FA}$	0,79	
$PCC_{j,OPTO-H1FA}$	0,76	
$PCC_{v,OPTO-H1FA}$	0,93	
$PCC_{v,OPTO-H2IME}$	0,95	



Uvod

Merilni sistem CareToy

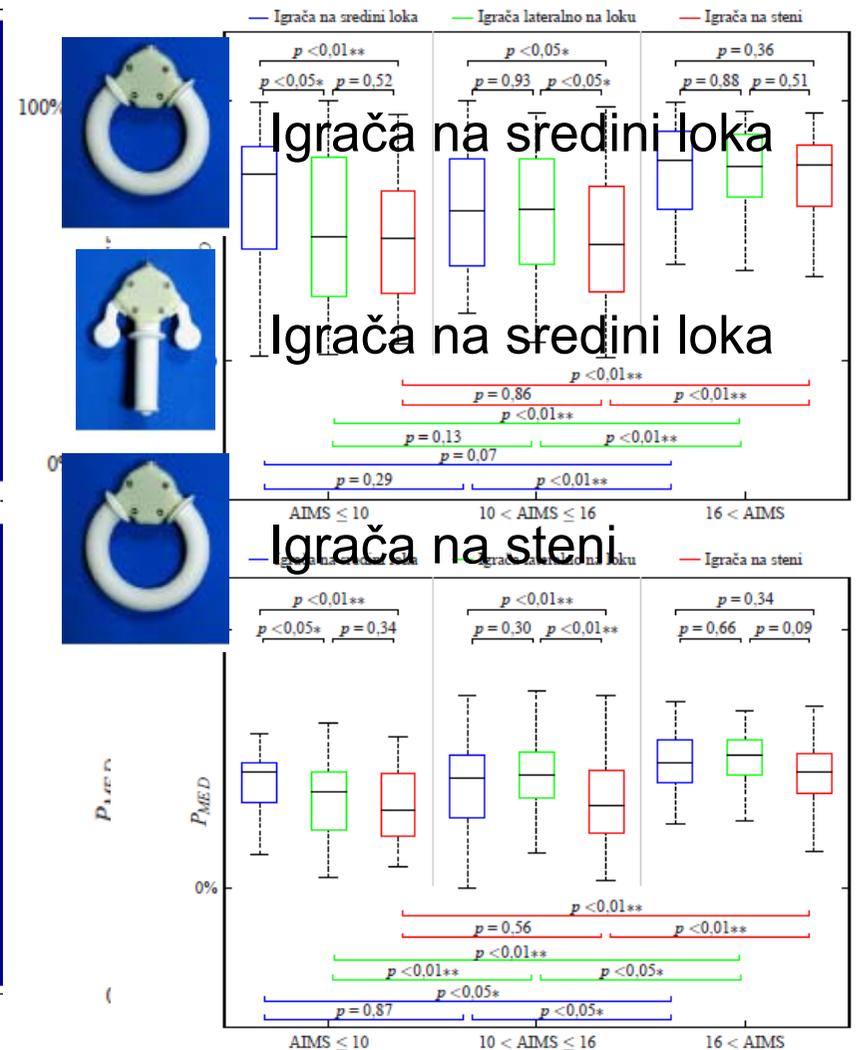
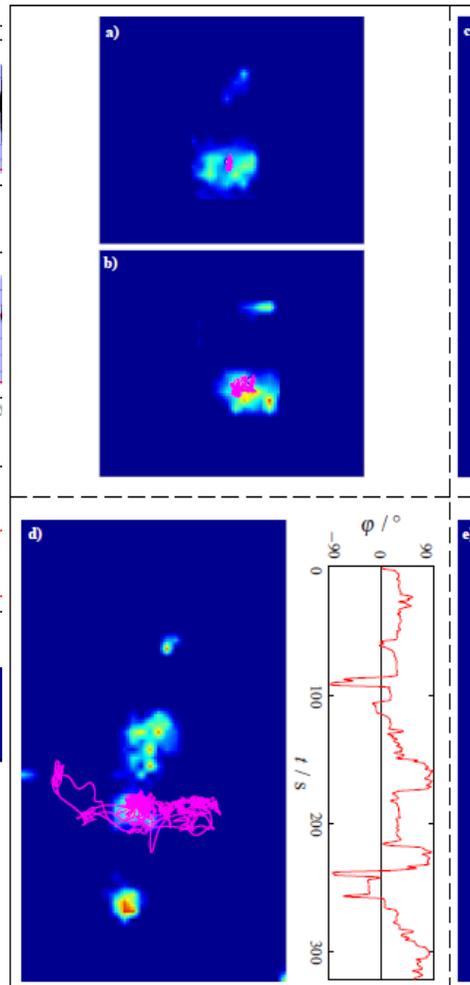
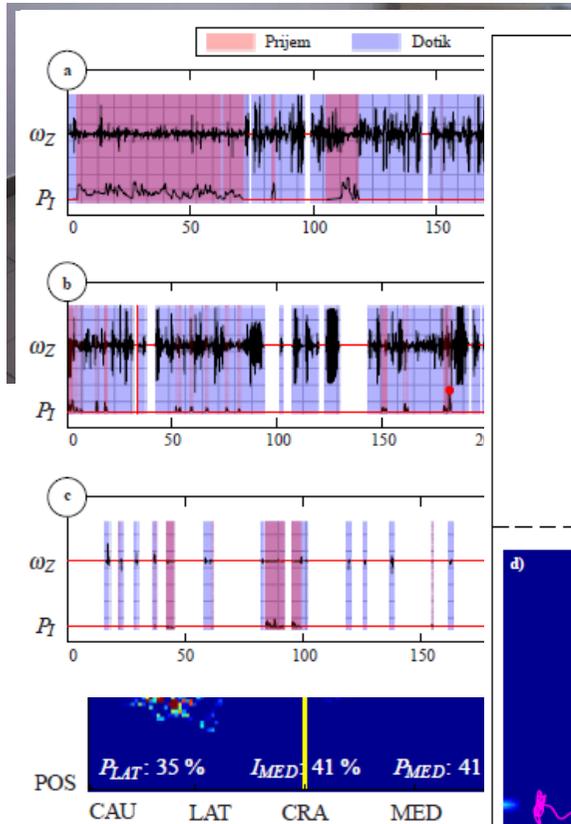
Metodologija

Evalvacija sistema

Sklep



Naključna kontrolna študija (RCT)





Sklepne ugotovitve

- Izreden potencial sistema in metod
 - Analiza aktivnosti otrok
 - Vadba motoričnih sposobnosti

- Nadaljnje delo
 - Dodatna analiza podatkov (Sgandurra et al.)
 - Večja populacija otrok

G. Sgandurra, L. Bartalena, F. Cecchi, G. Cioni, M. Giampietri, G. Greisen, A. Herskind, E. Inguaggiato, J. Lorentzen, J. B. Nielsen *et al.*, "A pilot study on early home-based intervention through an intelligent baby gym (caretoy) in preterm infants," *Research in developmental disabilities*, vol. 53, str. 32–42, 2016.



Izvirni prispevki disertacije

- Metoda združevanja podatkov merilne podloge ter IME za določanje tridimenzionalne orientacije trupa dojenčka
- Zasnova senzorno podprtega računalniškega modela za analizo in oceno gibanja glave dojenčka
- Evalvacija sistema za ocenjevanje motoričnih sposobnosti rok dojenčkov

Prispevki udeležencev projekta CareToy

- SSSA in STM – strojna oprema
- FSM in HEC – klinični del (protokol), izbor otrok in meritve, interpretacija rezultatov
- UHAM – implementacija koncepta telerehabilitacije
- UL, FE, LR
 - dr. Tadej Beravs – IME
 - mag. Janko Kolar – programska oprema (delovanje CareToy)
 - Jure Pašič – programska oprema (UKF, preračun kotov orientacije, analiza igrač)
 - prof. dr. Matjaž Mihelj in prof. dr. Marko Munih – zasnova projekta, merilnega sistema, smer zasnove algoritmov in parametrov
 - ostali člani LR
 - Andraž Rihar – ostali algoritmi obdelave in združevanja podatkov



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko



robolab
laboratorij za robotiko

Iskrena zahvala



EU FP7 projekt CareToy
pogodba ICT-2011.5.1-287932



**A Modular Smart System for
Infants' Rehabilitation At Home
based on Mechatronic Toys**



Jure Pašič



Janko Kolar



Matjaž Mihelj



Marko Munih



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko



roboLAB
laboratorij za robotiko

Hvala za vašo pozornost!
