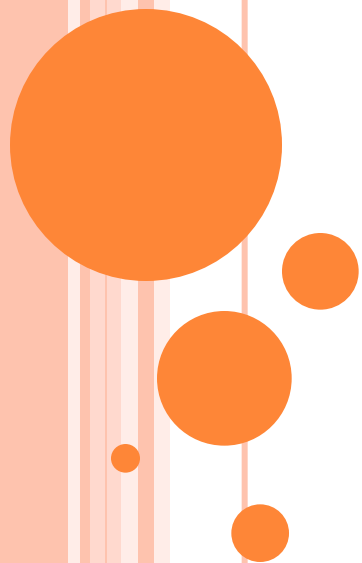


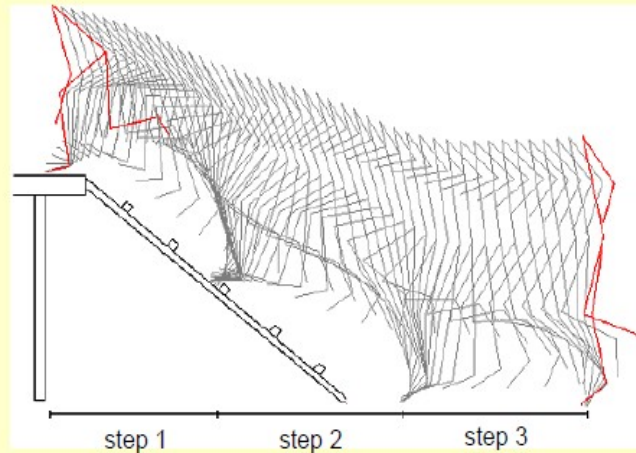
# MĚŘENÍ V BIOMECHANICE



# BIOMECHANIKA – VYMEZENÍ POJMU



# BIOMECHANIKA – ANALÝZA TECHNIKY



# ROZDĚLENÍ METOD BIOMECHANICKÉHO VÝZKUMU

## *Kinematické*

- videografická metoda
- goniometrie
- akcelerometrie
- měření časových parametrů
- spidometrie
- stroboskopie

## *Dynamické*

- dynamometrie
- dynamografie
- pedobarografie

## *Ostatní*

- EMG
- RTG
- tapping

$$F(t) = m \cdot a(t)$$

$s(t) \rightarrow v(t) \rightarrow a(t)$

$a(t) \rightarrow v(t) \rightarrow s(t)$

KINEMATIKA



derivování

DYNAMIKA



integrování



# KINEMATICKÁ ANALÝZA

**Tab. 1** Základní kinematické veličiny a jejich jednotky

<i>Veličina</i>	<i>Značka</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Značka</i>
čas	t	sekunda	s
dráha	s	metr	m
lineární rychlost	v	metr za sekundu	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
lineární zrychlení	a	metr za sekundu na druhou	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
úhel	$\varphi$	radián	rad
úhlová rychlost	$\omega$	radián za sekundu	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$
úhlové zrychlení	$\varepsilon$	radián za sekundu na druhou	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$

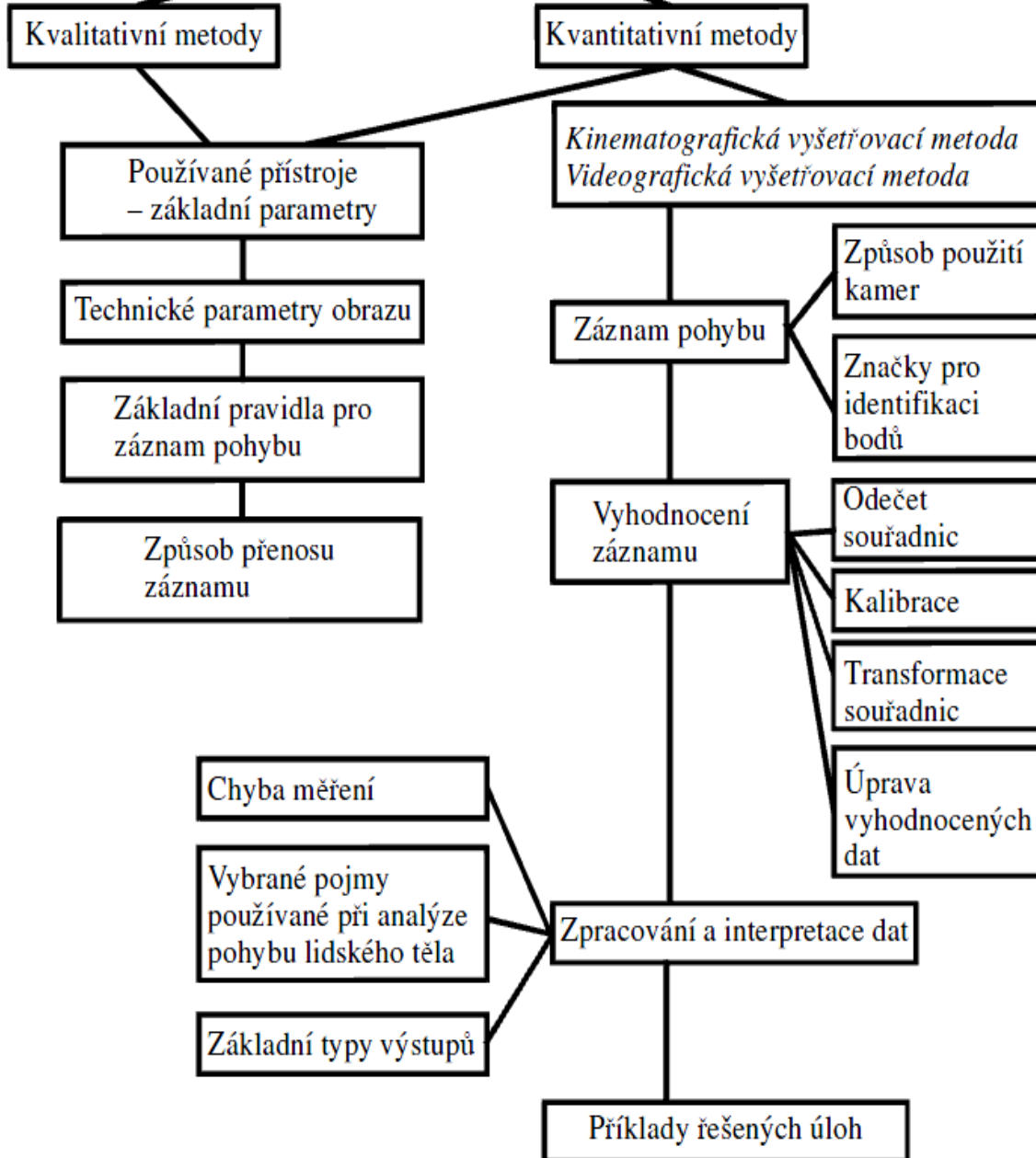


# KINEMATOGRAFICKÁ METODA

- **Systemy pracující na elektromagnetickém principu** – jejich přístrojový základ lze zjednodušeně rozdělit na dvě části – zdroj a senzor. Po připevnění senzoru na vybraný bod na lidském těle je zaznamenán pohyb tohoto bodu.
- **Optoelektrické systémy** – využívají optické senzory pro určení souřadnic. Na důležitá místa na lidském těle jsou připojeny aktivní (emitory světla, LED) nebo pasivní (překrytí retroreflexní páskou) zdroje. Signál vysílaný nebo odrážený těmito zdroji je zpracován přijímačem a v souřadném systému je určena poloha sledovaných bodů.



# Kinematické vyšetřování pohybu – analýza záznamu pohybu

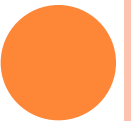
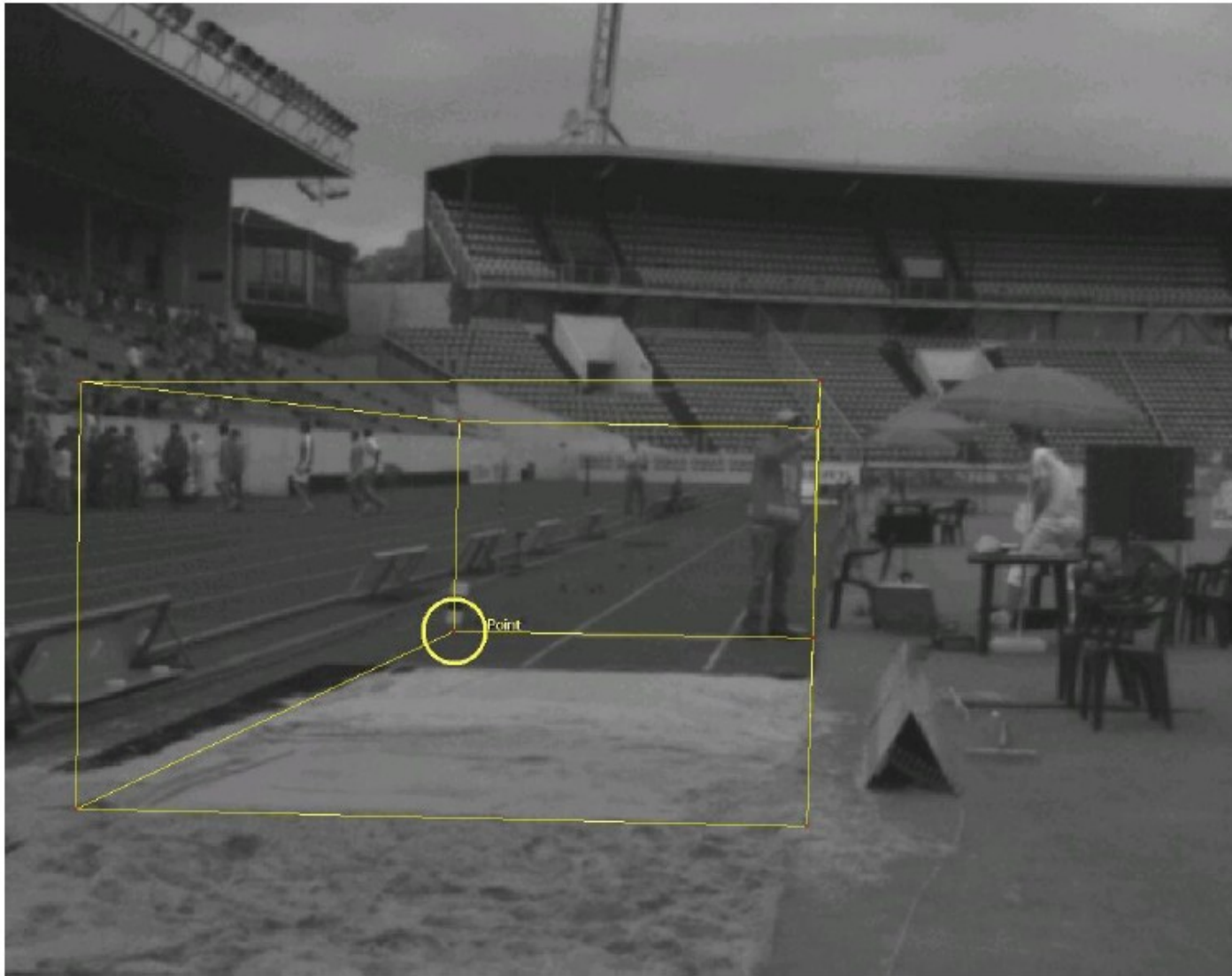


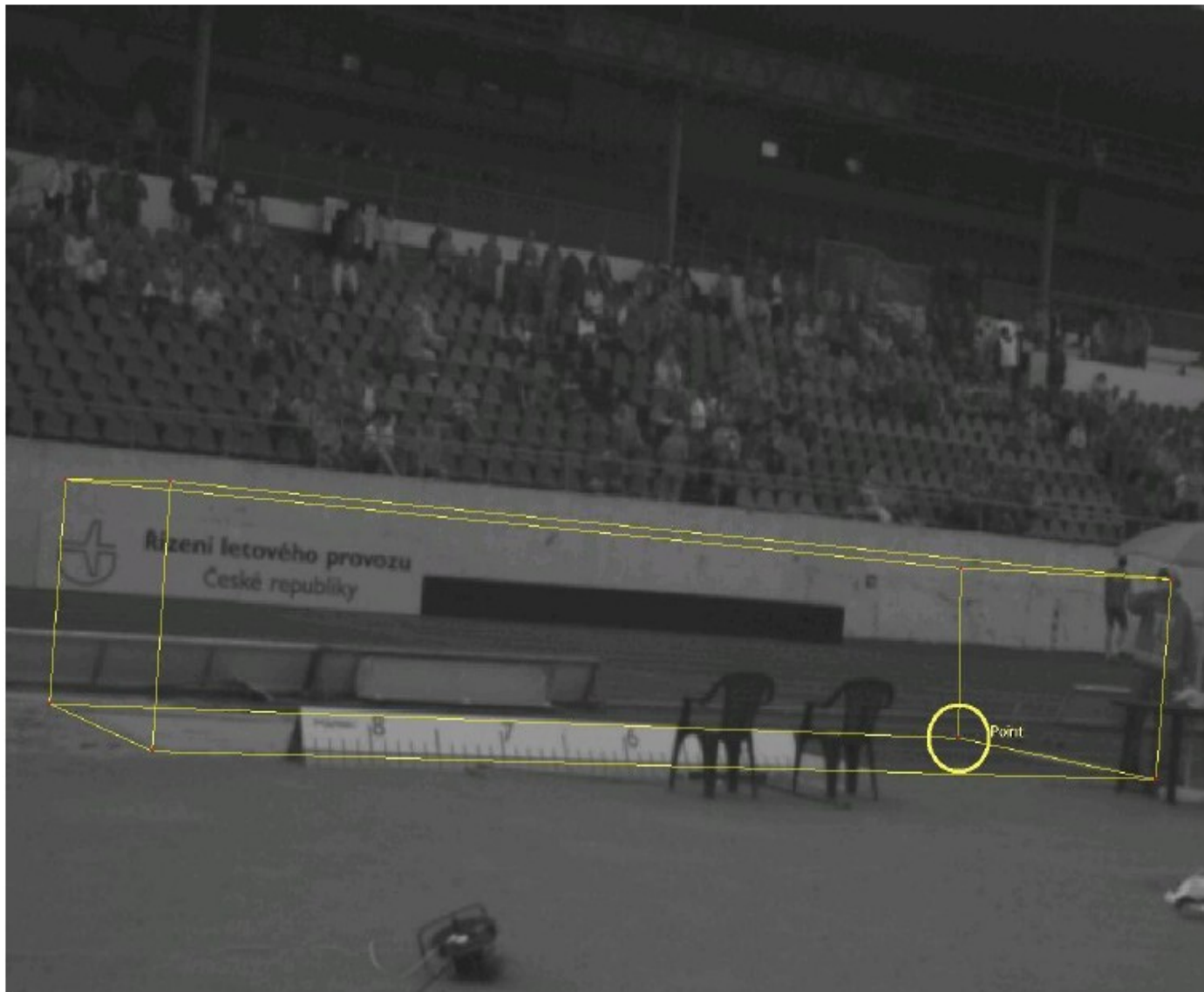


# KINEMATOGRAFICKÁ METODA – SIMI MOTION 7 – KALIBRACE PROSTORU

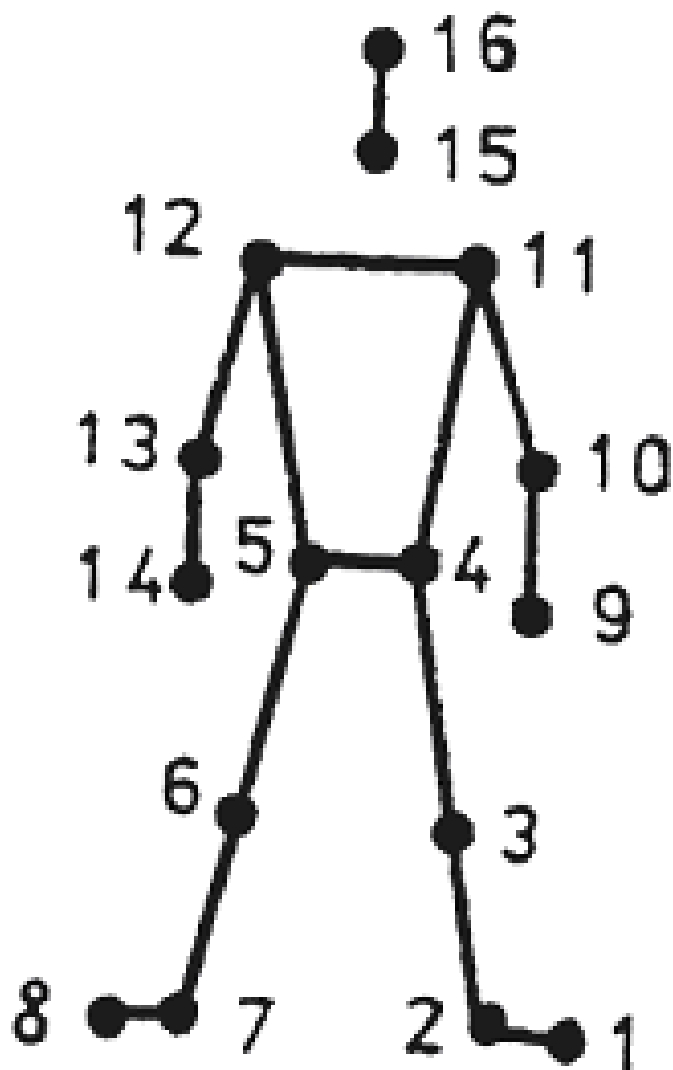
The screenshot displays the Simi Motion 7 software interface. The main window shows a video frame of a person standing on a blue mat in a gymnasium, surrounded by equipment like a pommel horse and a vaulting horse. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Project, Window, Help) and a toolbar. A 'Select AVI' dialog box is open on the right, showing the file path 'F:\simi\data\Jarek\_Hej\jarek\_hej\_morend\_29\_01\_09\kalibrace-1.avi' and video properties: Size: 720 x 576, Compressor: iavs:dvsd, Frames/sec: 25, Frames: 321. The 'Video mode' is set to 'Fields (50 or 60 fields per second)' with a 'Resulting frequency' of 50,000 Hz. The 'No rotation' dropdown is selected, and checkboxes for 'Mirror', 'Swap field order', and 'Offset correction (for old projects)' are present. 'Apply' and 'Discard' buttons are at the bottom of the dialog. The status bar at the bottom of the window shows 'Frame 1816, 36.320 s : 6:2' and the system tray at the bottom of the screen shows the time as 15:46.





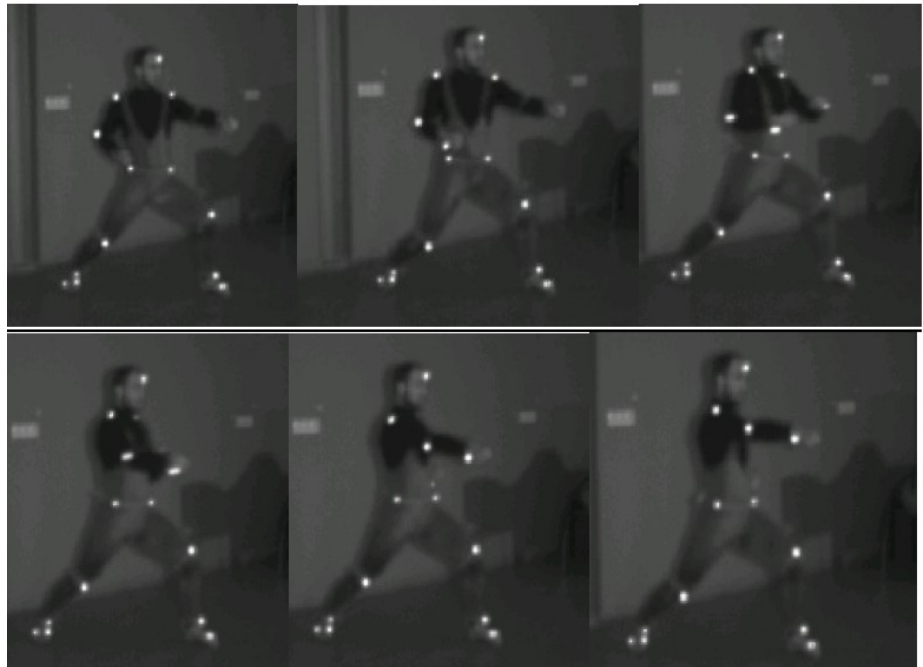






Obr. 34: Body pro digitalizaci  
(Kryštofovič, 1996)

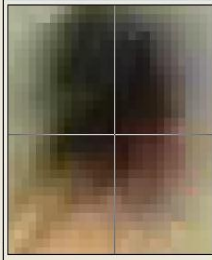


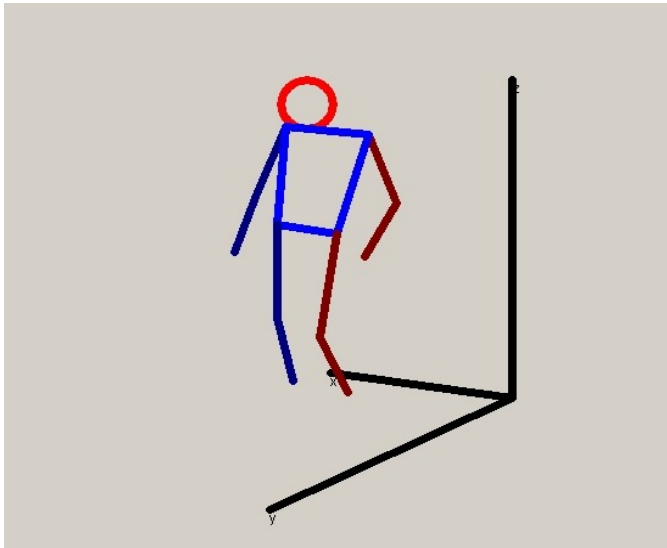
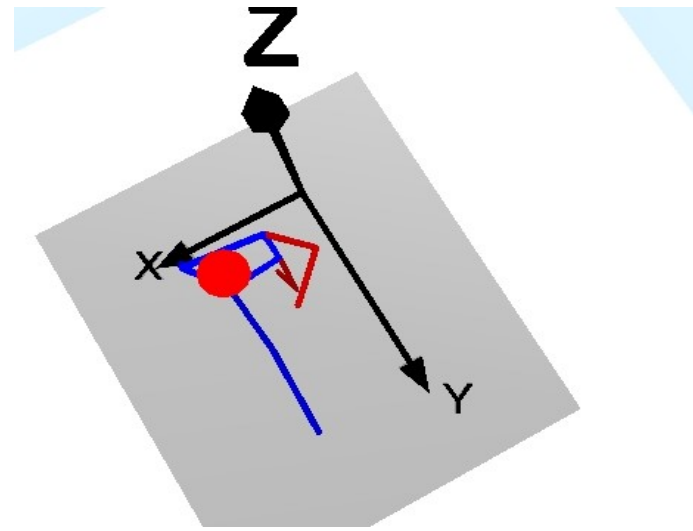
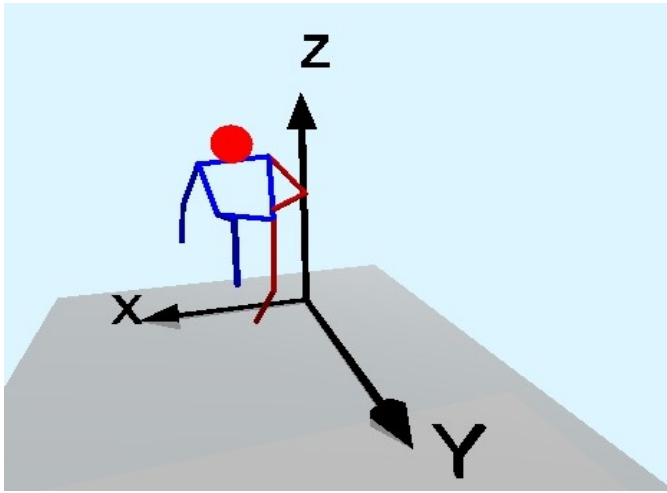




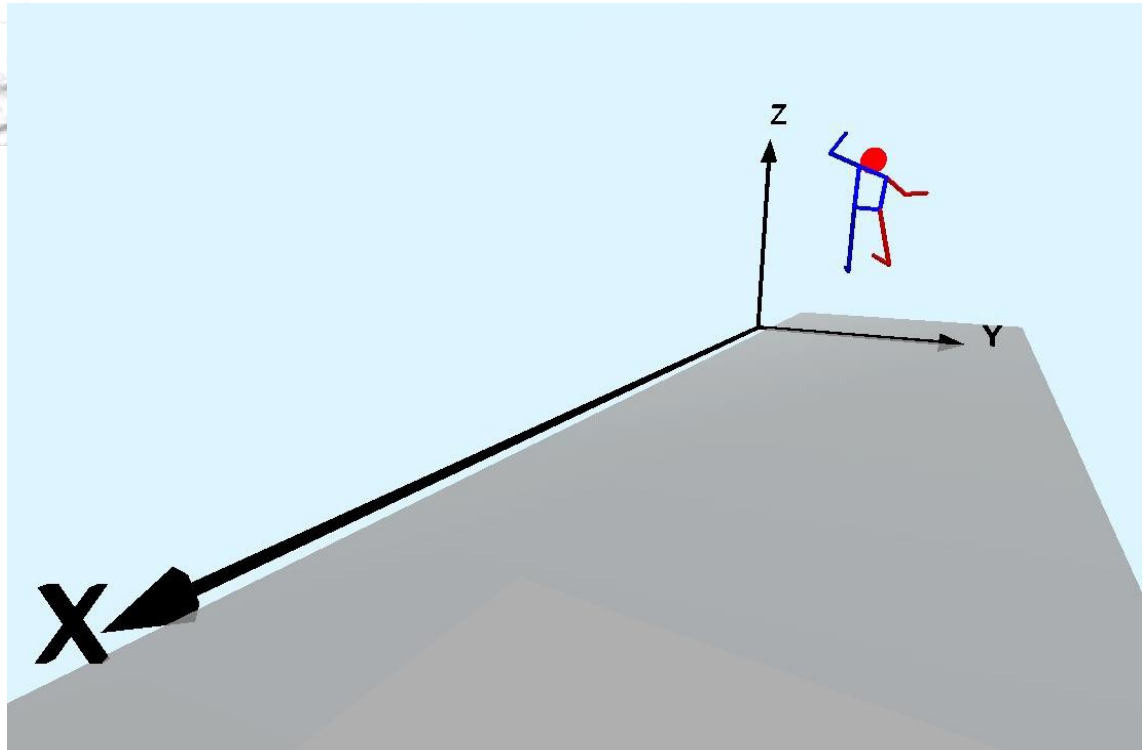
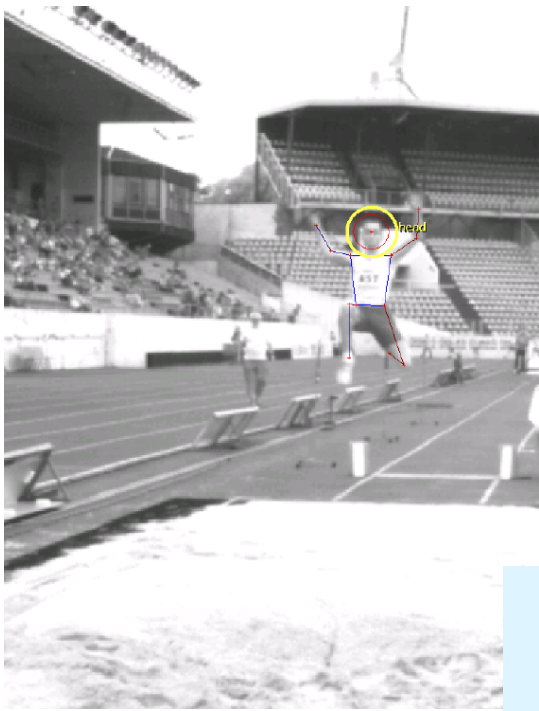


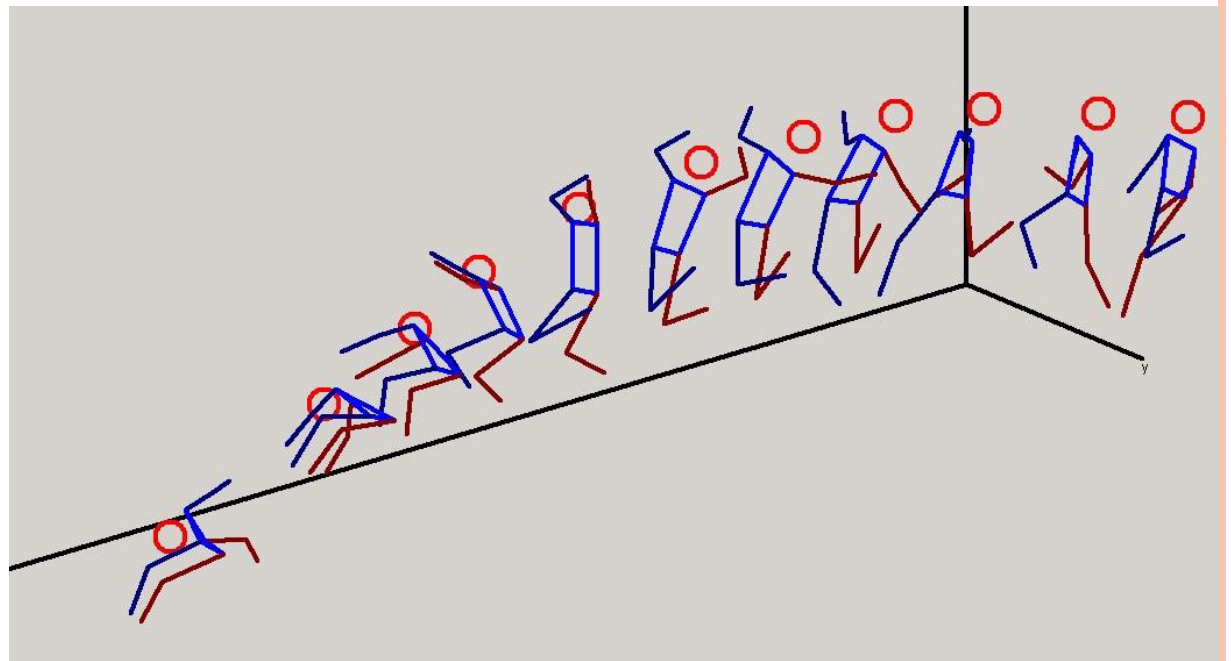
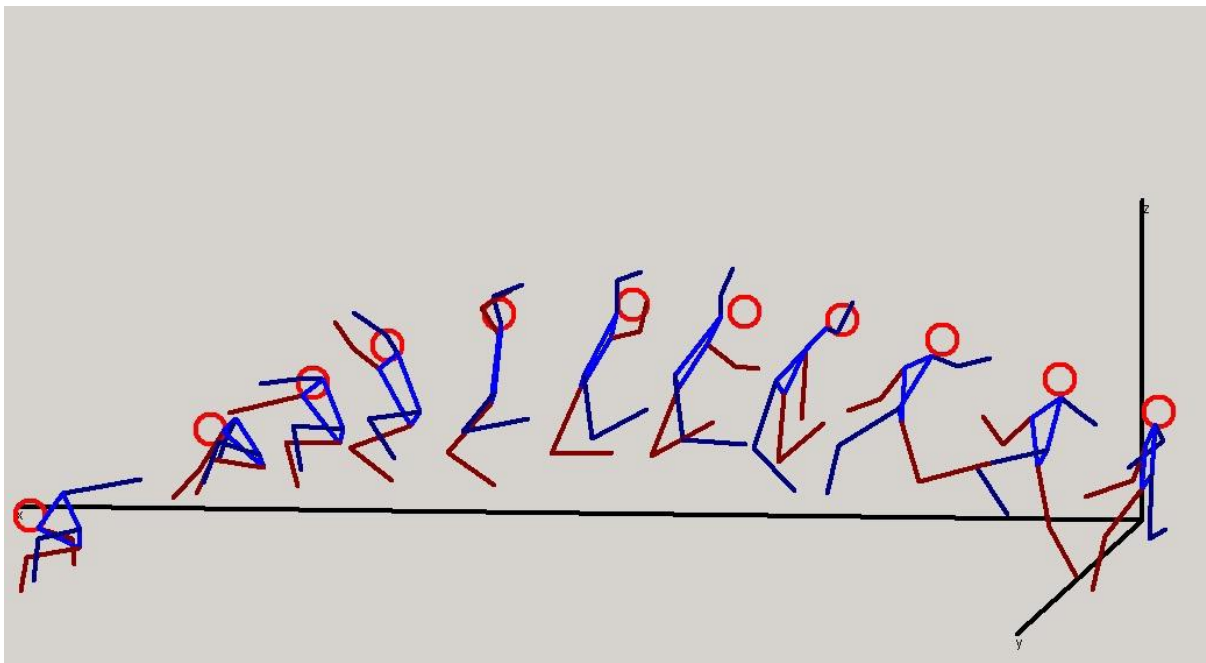
- Head
- left shoulder
- right shoulder
- left elbow
- right elbow
- left wrist
- right wrist
- left hip
- right hip
- left knee
- right knee
- left ankle-bone
- right ankle-bone

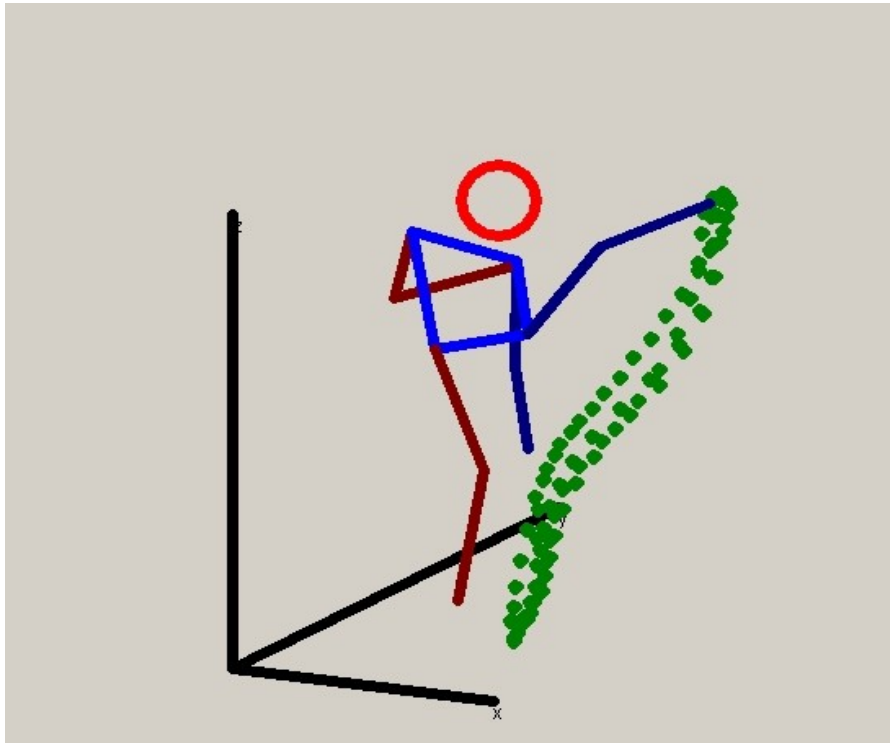


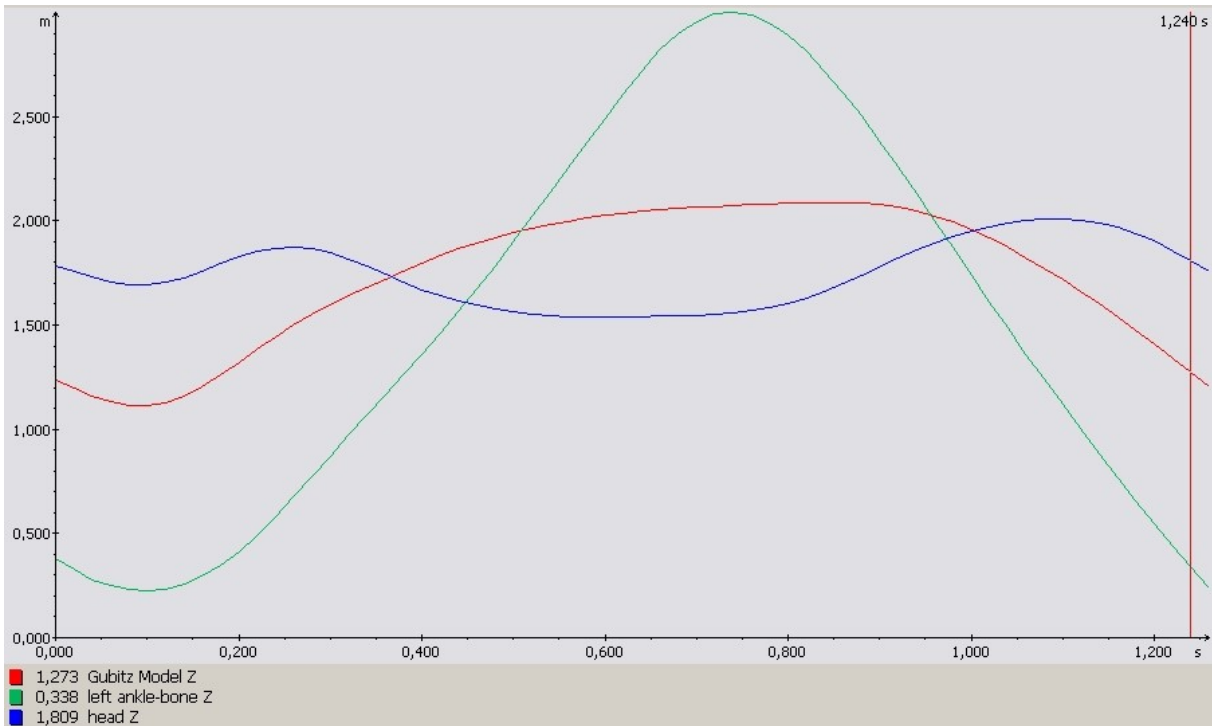
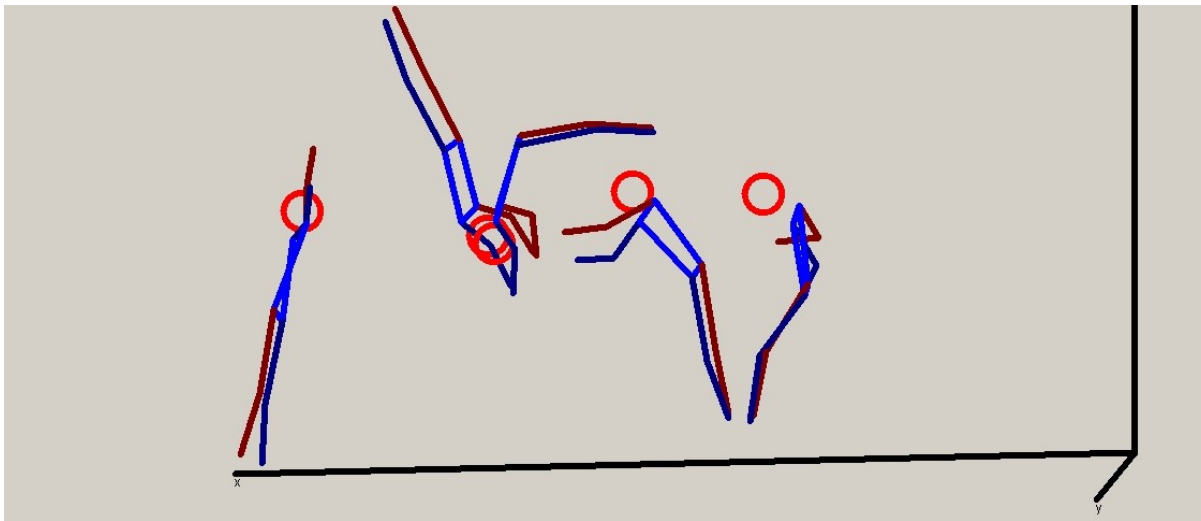






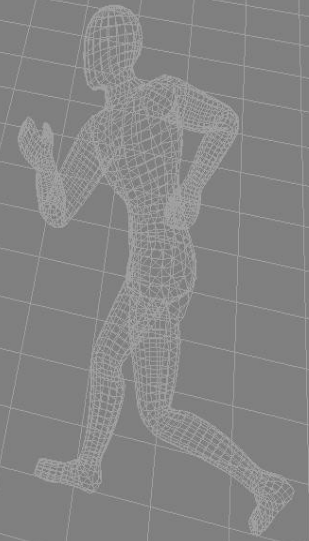
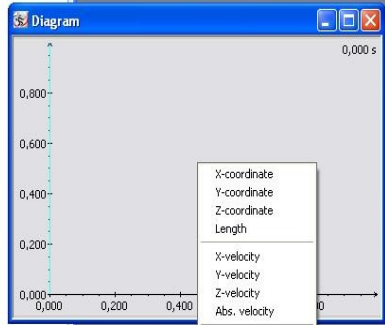
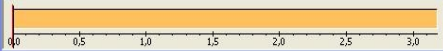






morenda

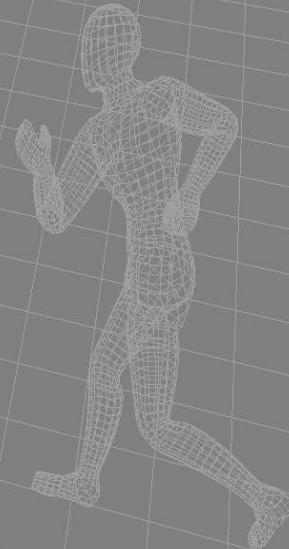
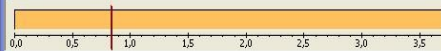
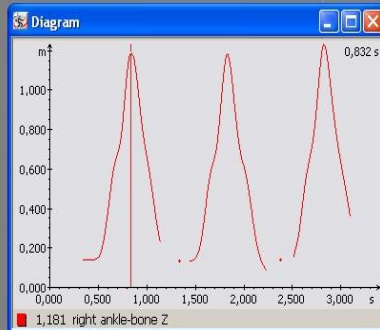
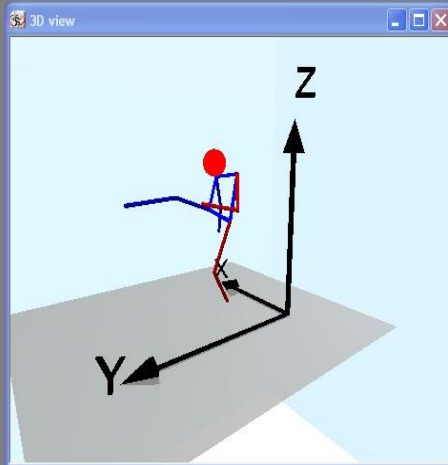
- Project
  - Specification
  - Calculation templates
  - Report templates
  - Phases
  - Cameras
    - 6-1
    - 6-2
  - 3D coordinates
  - User
    - d: left hip - right hip
  - Gubitz Model
    - Gubitz Model
    - ankle
    - ankle
    - knee
    - knee
    - hip
    - hip
    - shoulder
    - shoulder
    - elbow
    - elbow
    - hand
    - hand
    - head
  - Center of Gravity (Hanavan)



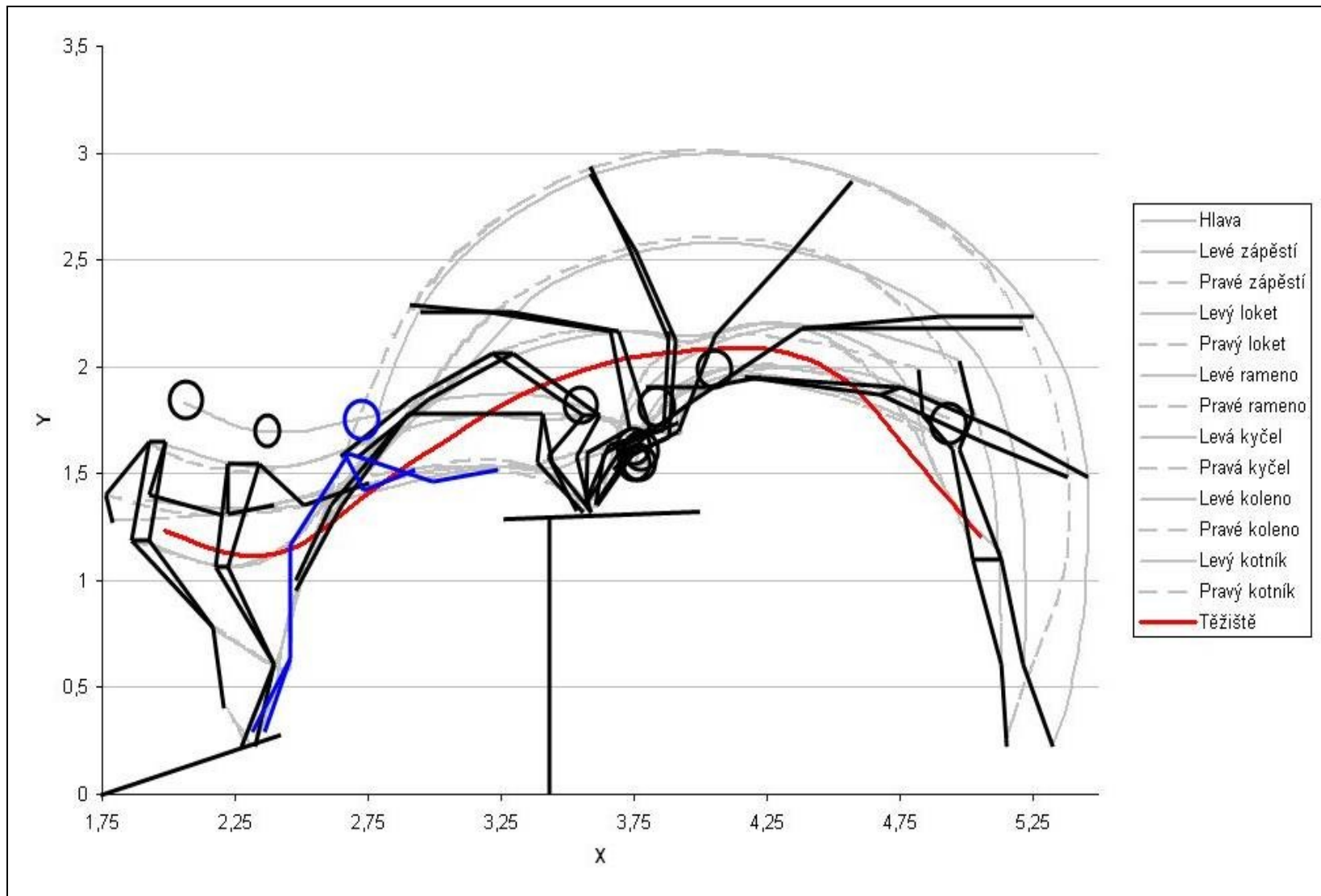


radim\_kalibrace

- Project
- Specification
- Calculation templates
- Report templates
- Phases
- Cameras
- 3D coordinates
  - head
  - left shoulder
  - right shoulder
  - left elbow
  - right elbow
  - left wrist
  - right wrist
  - left hip
  - right hip
  - left knee
  - right knee
  - left ankle-bone
  - right ankle-bone





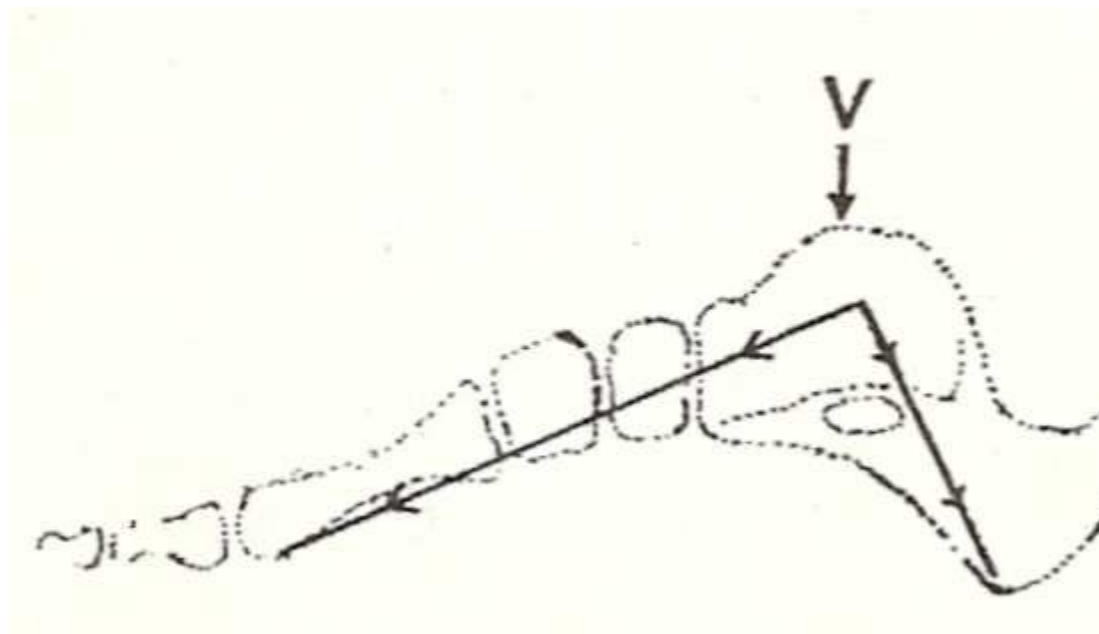




# ZÁVĚREČNÉ PRÁCE S VYUŽITÍM SIMI

- **Czebeová, V. (2012). Komparační analýza plaveckého způsobu znak metodou SIMI Motion - 3D**
- **Labounková, R. (2011). Biomechanická 3D analýza bikrosového startu pomocí SIMI Motion**
- **Masař, R. (2011). Kinematická analýza odrazu**
- **Dvořáček, R. (2011). Kinematická analýza trhu soupažného ve vzpírání**
- **Kopeček, D. (2010). Kinematická analýza technik v karate**
- **Králová, T. (2012). Biomechanická analýza hodů kladivem**
- **Jelečková, P. (2010). Biomechanická 3D analýza kopu yop chagi v taekwon-du**
- **Re, L. (2011). Capoeira - biomechanická analýza akrobatického prvku Raiz**
- **Markesová, J. (2012). Rozbor a 3D biomechanická analýza 7-m hodů v házené**
- **Novotný, M. (2008). Biomechanická 3D analýza - hod oštěpem**

# PEDOBAROGRAFIE – DIAGNOSTIKA PLANTÁRNÍHO TLAKU



# SYSTEM EMED



Technickými parametry této plošiny jsou:

rozměry:	(582x340x20) mm,
plocha pokrytá senzory:	(360x190) mm <sup>2</sup> ,
počet senzorů:	1377,
rozlišení:	2 senzory na cm <sup>2</sup> ,
snímkovací frekvence:	(25/30/50/60) Hz,
rozsah tlaku:	(10 – 990) kPa,
přesnost:	7%,
hysterze:	méně než 3%,
rozsah pracovní teploty:	(10 – 40)°C,
maximální celková síla:	67 kN,
délka přívodní šňůry:	<u>5 m.</u>



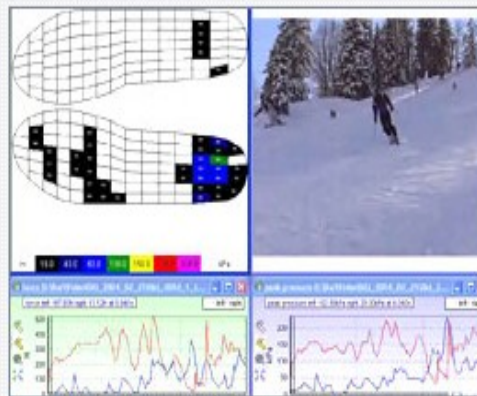
# SYSTEM PEDAR



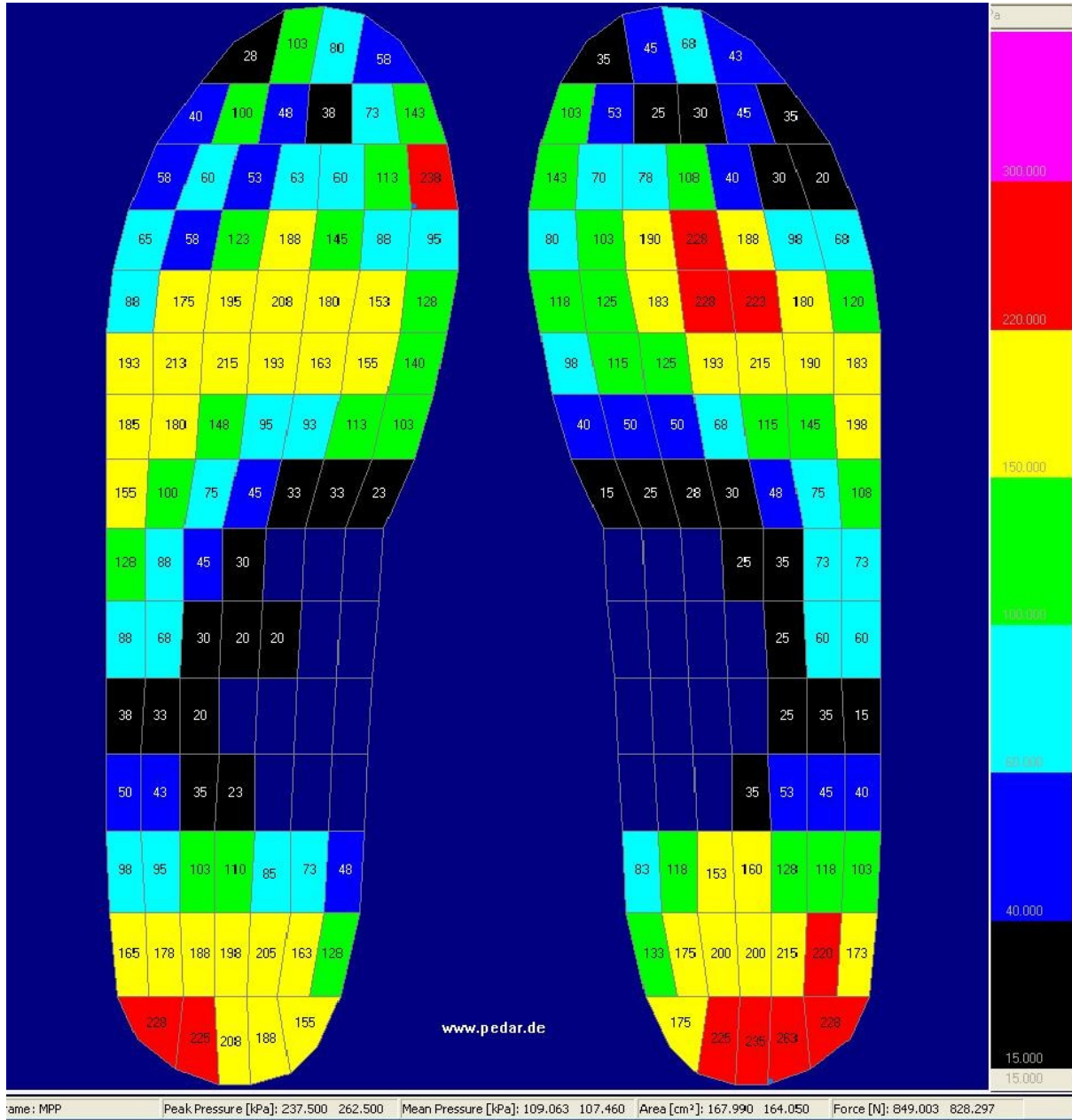
## Technical data for pedar-X system

Dimensions (mm)	150x100x40
weight (g)	400
number of sensors (max)	256(1024)
measurement frequency	20,000 sensors /second
storage type	32 MB internal flash
computer interface	fiber optic/ USB and Bluetooth TM
operating system	Windows
sync option	fiber optic/ TTL, in and out
power supply	NIMh battery
insole sizes	22 to 49 (european)



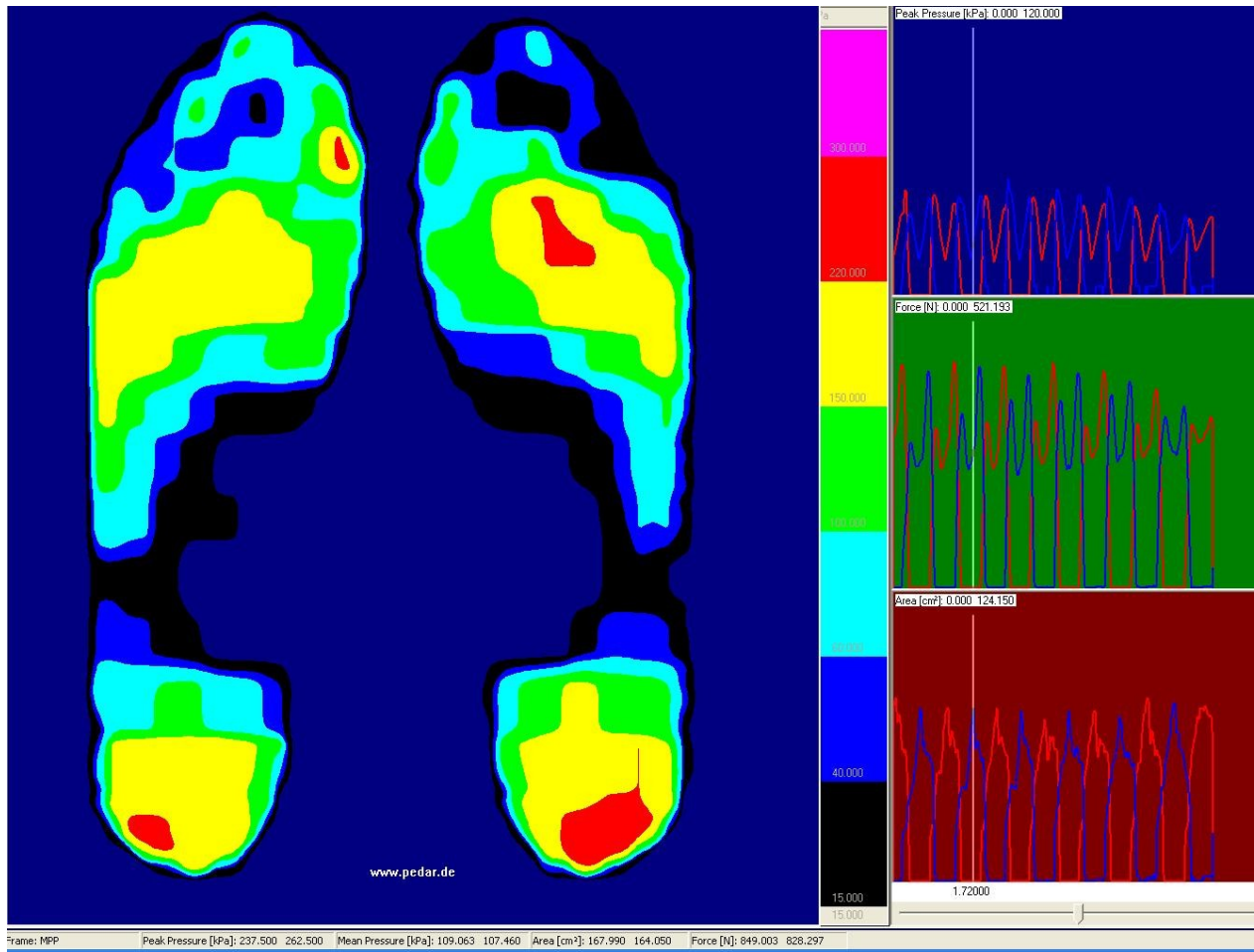


VIDEO ▶ skiing with pedar-X (AVI video: 1.2 MB)

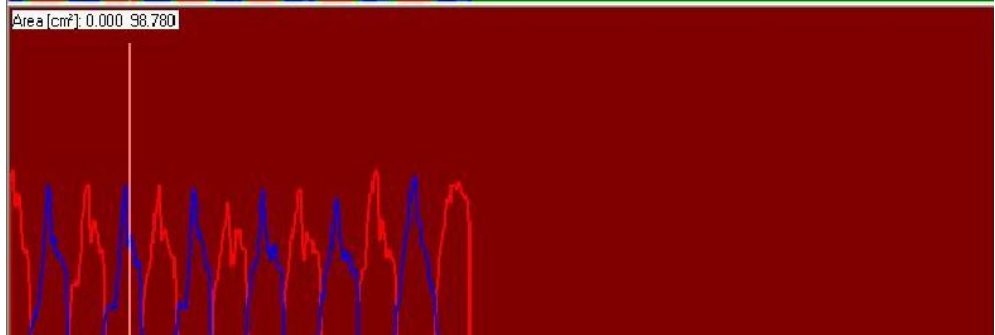
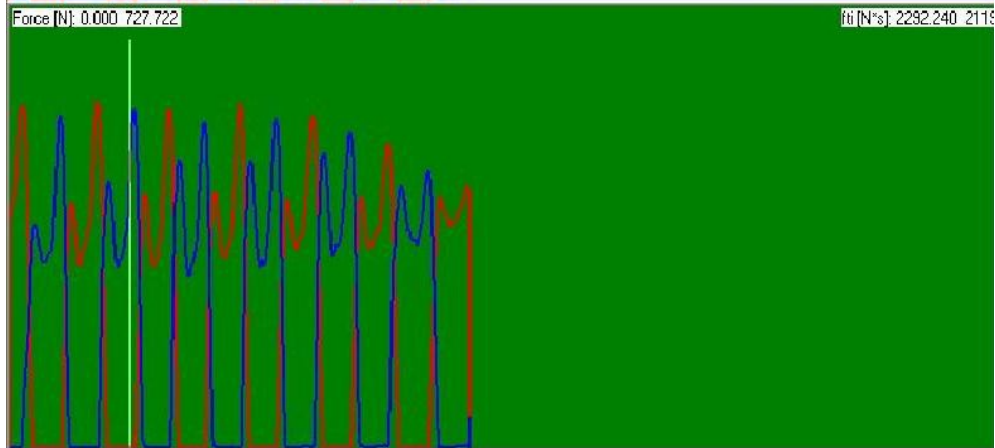
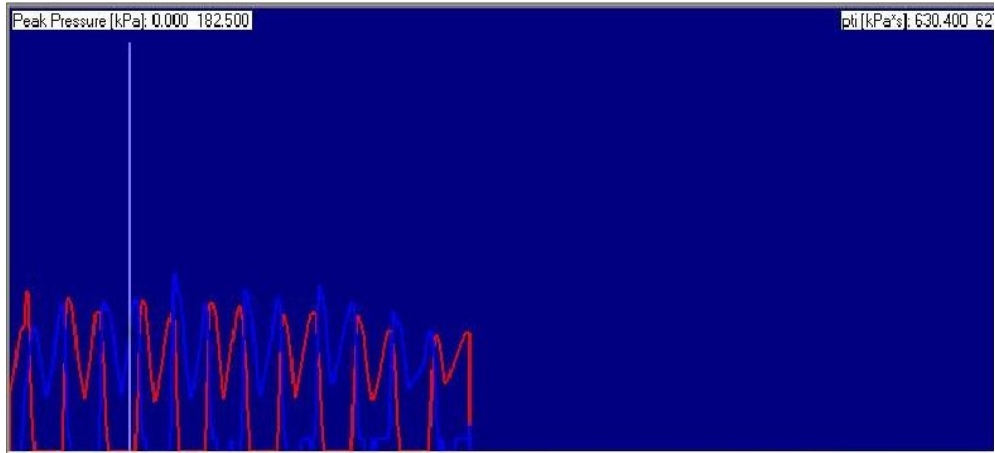


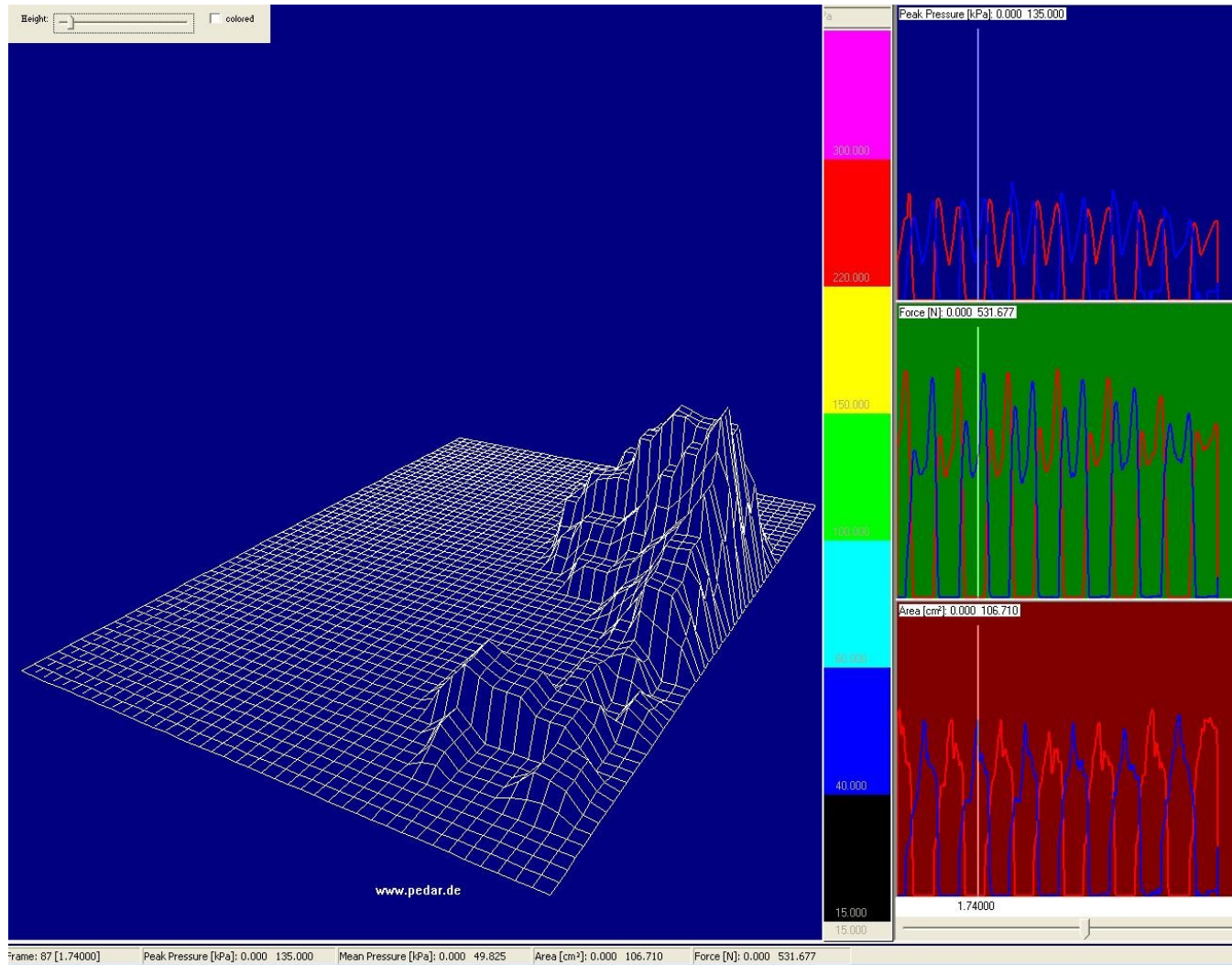
ame: MPP | Peak Pressure [kPa]: 237.500 262.500 | Mean Pressure [kPa]: 109.063 107.460 | Area [cm<sup>2</sup>]: 167.990 164.050 | Force [N]: 849.003 826.297

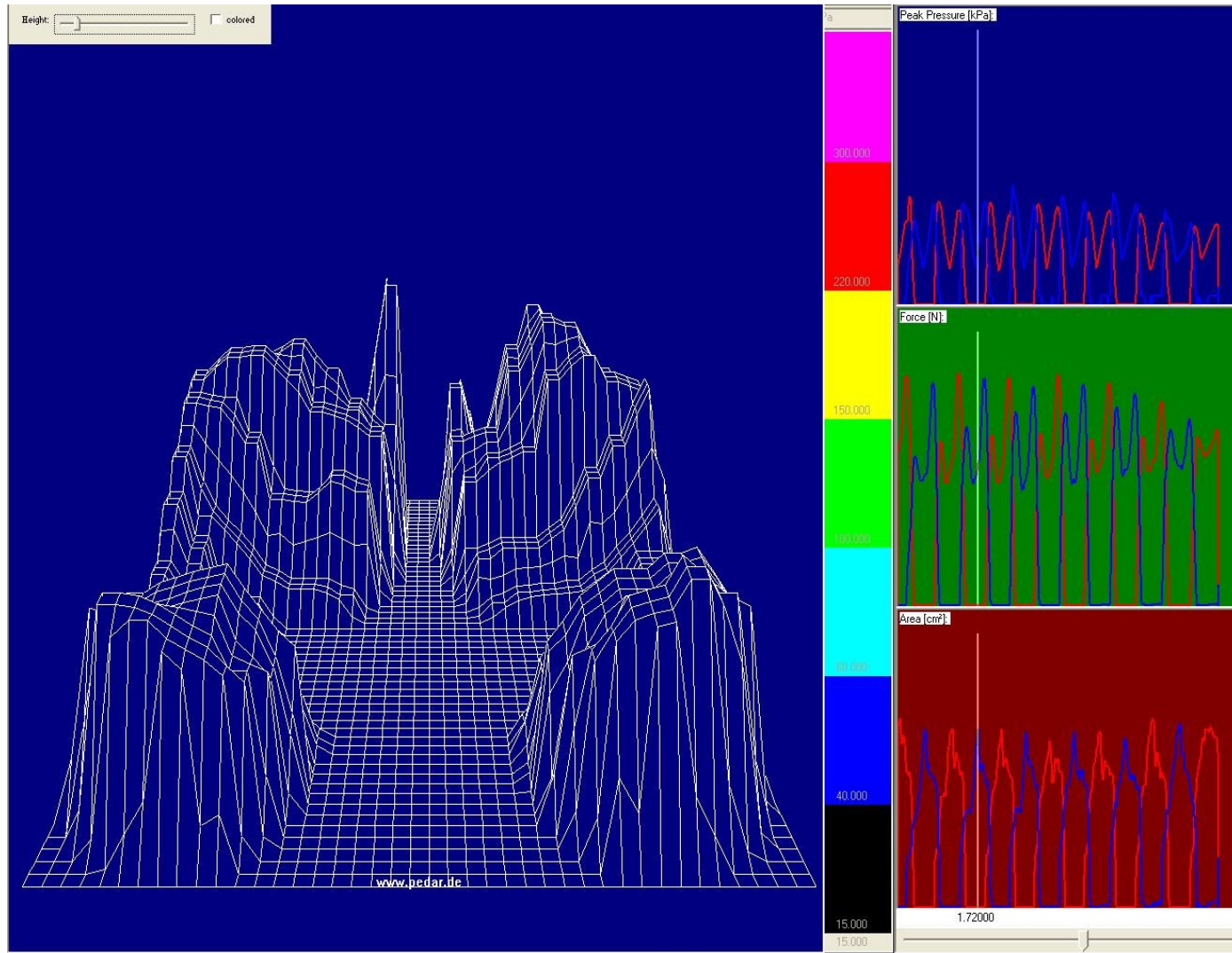


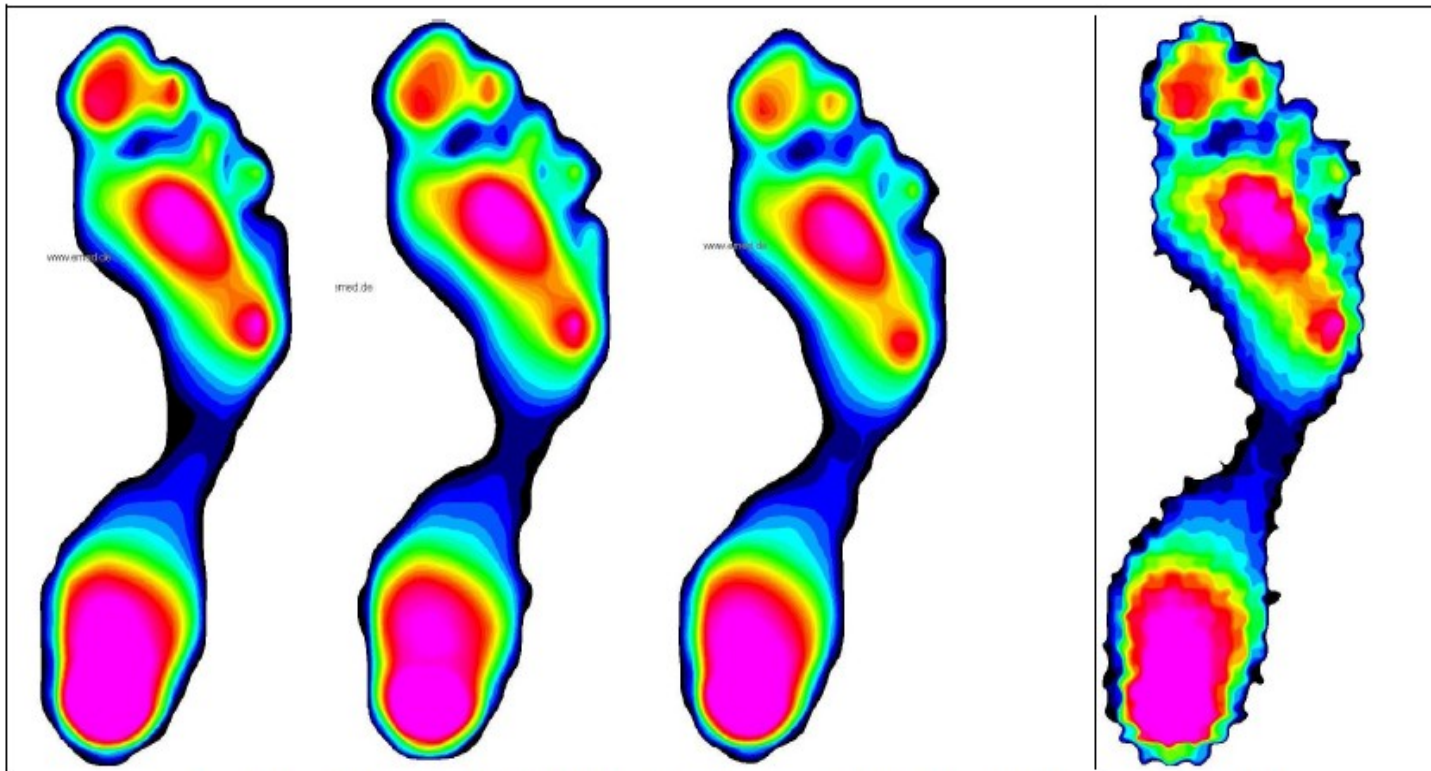












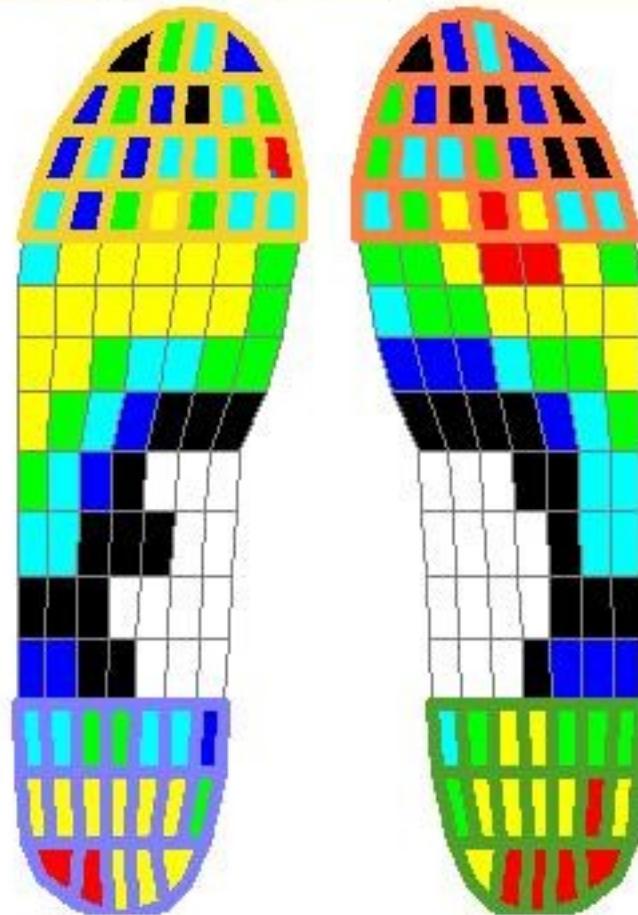
*Obr. 10: Tři naměřené tlakové obrazy a jejich průměr - proband 1*



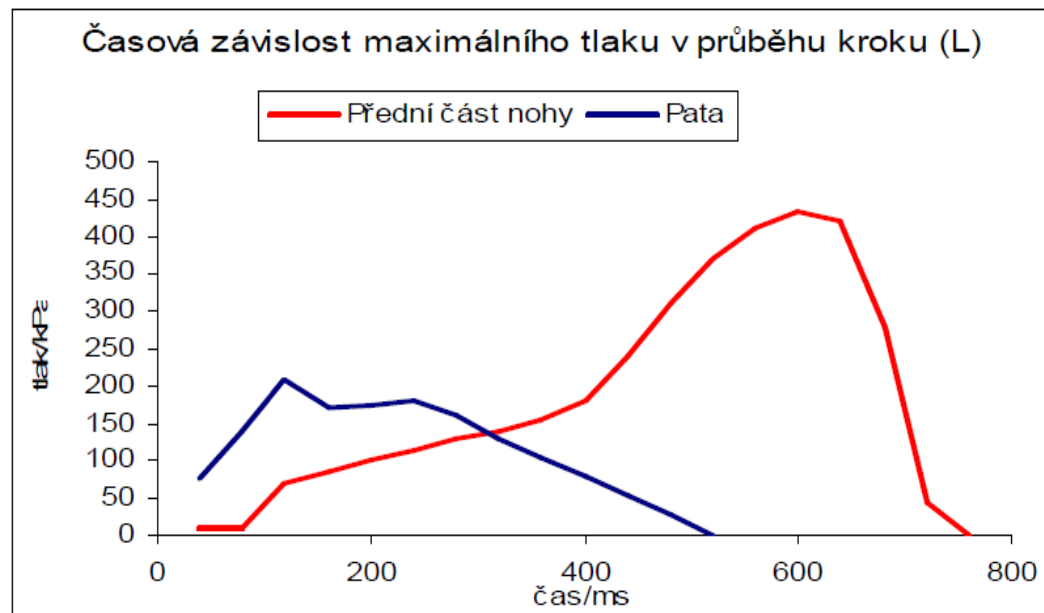
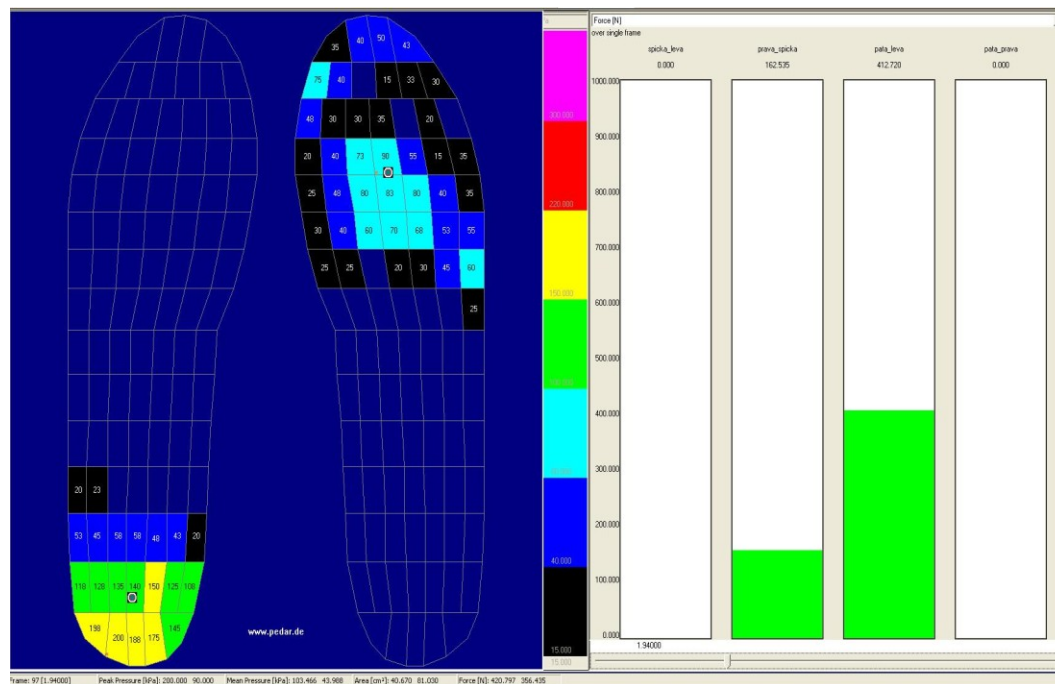
## Open/define masks



- spicka\_leva
- prava\_spicka
- pata\_leva
- pata\_prava







Obr. 18: Graf závislosti maximálních hodnot tlaku na čase – levá noha

1	file name: chu3	date/time 01.04.10 11.33							
2	insole types left: Y-1193l-1194r + right: Y-1193l-1194r								
3	total times [sec] time per fram scanning rate [Hz]: 50								
4	pressure values in kPa								
5									
6	mask definition:								
7	spicka_leva: 76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,								
8	prava_spicka: 76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,								
9	pata_leva: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,								
10	pata_prava: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,								
11									
12	spicka_leva				prava_spicka				
13									
14	time[secs]	force[N]	max pressure	mean pressure	+-% of mean	force[N]	max pressure	mean pressure	+-% of mean
15	0.02000	14.483	27.500	3.163	211.85	0.000	0.000	0.000	0.00
16	0.04000	27.073	32.500	5.914	139.21	0.000	0.000	0.000	0.00
17	0.06000	40.565	42.500	8.861	115.99	0.000	0.000	0.000	0.00
18	0.08000	59.757	55.000	13.053	91.54	0.000	0.000	0.000	0.00
19	0.10000	81.298	70.000	17.758	80.28	0.000	0.000	0.000	0.00
20	0.12000	116.202	85.000	25.383	65.78	0.000	0.000	0.000	0.00
21	0.14000	152.890	102.500	33.397	59.96	0.000	0.000	0.000	0.00
22	0.16000	197.355	122.500	43.109	58.76	0.000	0.000	0.000	0.00
23	0.18000	238.360	137.500	52.066	56.09	0.000	0.000	0.000	0.00
24	0.20000	277.487	150.000	60.613	55.30	0.000	0.000	0.000	0.00
25	0.22000	315.122	182.500	68.834	57.45	0.000	0.000	0.000	0.00
26	0.24000	335.920	217.500	73.377	59.66	0.000	0.000	0.000	0.00
27	0.26000	326.378	237.500	71.293	64.65	0.000	0.000	0.000	0.00
28	0.28000	277.103	235.000	60.529	75.90	0.000	0.000	0.000	0.00
29	0.30000	197.740	185.000	43.194	94.39	0.000	0.000	0.000	0.00
30	0.32000	123.558	102.500	26.989	98.50	0.000	0.000	0.000	0.00
31	0.34000	57.510	52.500	12.562	124.43	0.000	0.000	0.000	0.00
32	0.36000	3.342	17.500	0.730	468.84	0.000	0.000	0.000	0.00
33	0.38000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
34	0.40000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
35	0.42000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
36	0.44000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
37	0.46000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
38	0.48000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
39	0.50000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
40	0.52000	0.000	0.000	0.000	0.00	2.910	15.000	0.636	461.28
41	0.54000	0.000	0.000	0.000	0.00	3.880	20.000	0.848	461.28
42	0.56000	0.000	0.000	0.000	0.00	15.500	25.000	3.386	204.82
43	0.58000	0.000	0.000	0.000	0.00	26.650	35.000	5.821	159.10
44	0.60000	0.000	0.000	0.000	0.00	33.430	45.000	7.302	160.75
45	0.62000	0.000	0.000	0.000	0.00	47.910	60.000	10.465	146.52
46	0.64000	0.000	0.000	0.000	0.00	65.810	72.500	14.375	125.59
47	0.66000	0.000	0.000	0.000	0.00	95.565	92.500	20.875	102.84

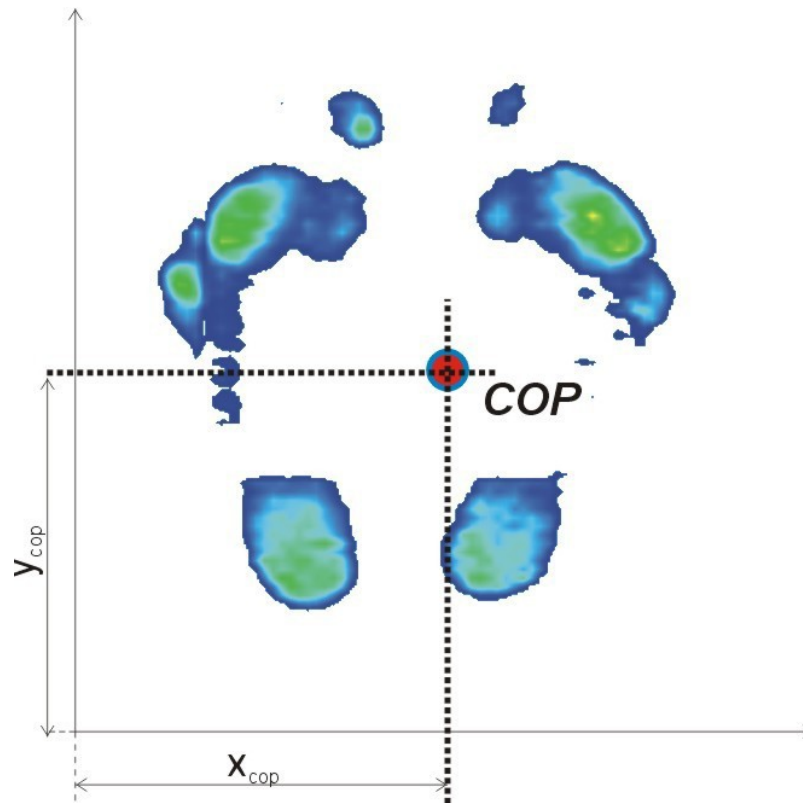


# ZÁVĚREČNÉ PRÁCE S VYUŽITÍM EMED A PEDAR

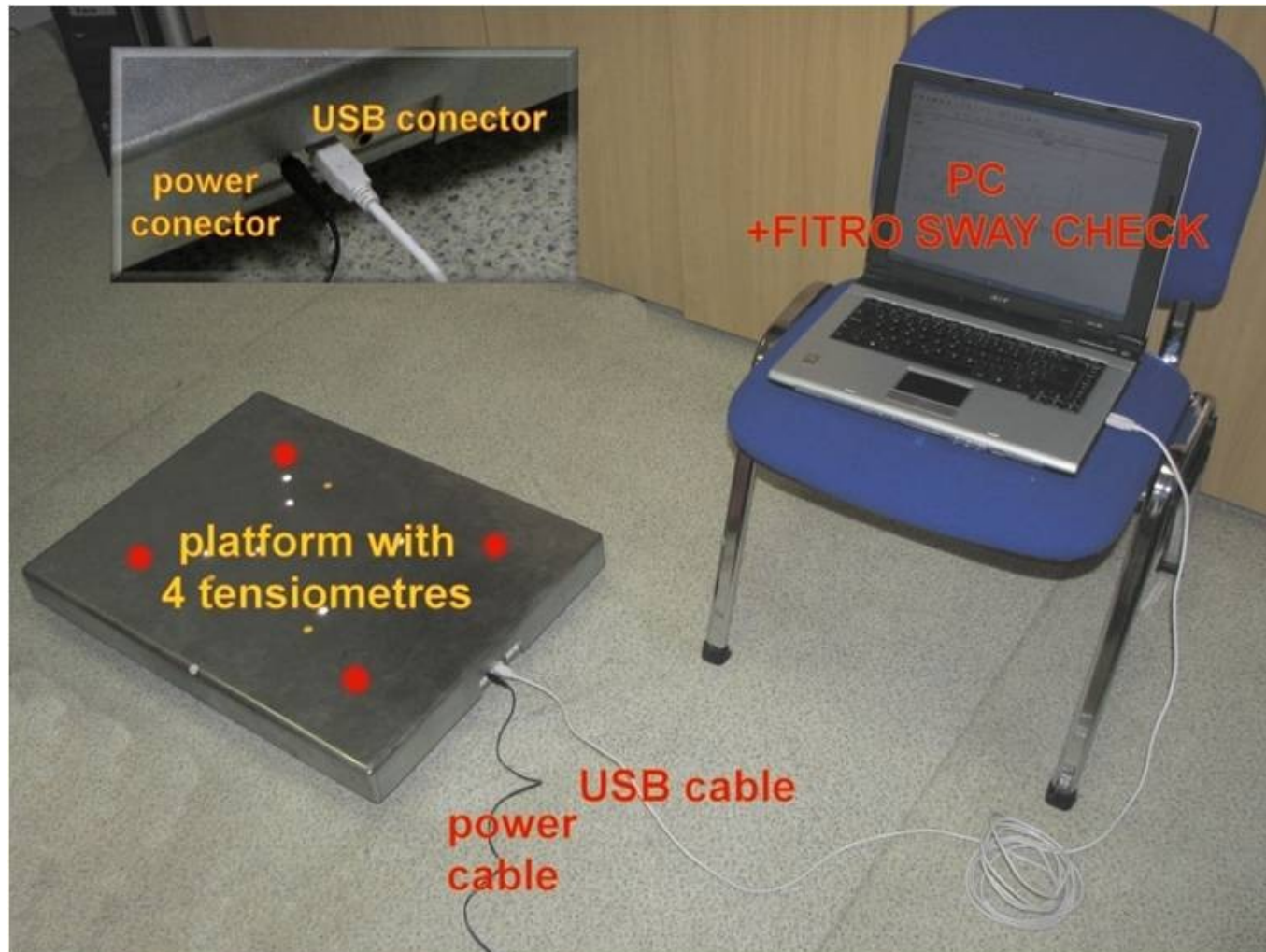
- Petr, J. (2010). Diagnostika stavu nožní klenby a chodidla prostřednictvím systému emed
- Soukup, J. (2013). Využití měřicího systému Pedar X pro zjištění účinnosti rovnovážných cvičení v biatlonu
- Masař, R. (2011). Kinematická analýza odrazu
- Linkesch, M. (2010). Analýza vlivu vložek Superfeet na rozložení tlaku nohy ve sportovní obuvi
- Šenkýř, J. (2011). Diagnostika stavu nožní klenby u judistů
- Kolářová, K. (2013). Vliv těhotenství a nošení dítěte na zatížení chodidla matky
- Koplík, M. (2009). Metodika měření rozložení tlaku chodidla prostřednictvím systému emed
- Kovář, J. (2011). Hodnocení úrovně pohybové aktivity a stavu nožní klenby žáků 6. až 8.tříd vybrané základní školy
- Sobotka, M. (2010). Vliv změn hmotnosti na rozložení plantárního tlaku v důsledku těhotenství
- Klodner, D. (2013). Teoretická analýza chůze

# Stabilometrie

- COP – centre of pressure = centrum tlaku = působišťe výsledné kontaktní síly

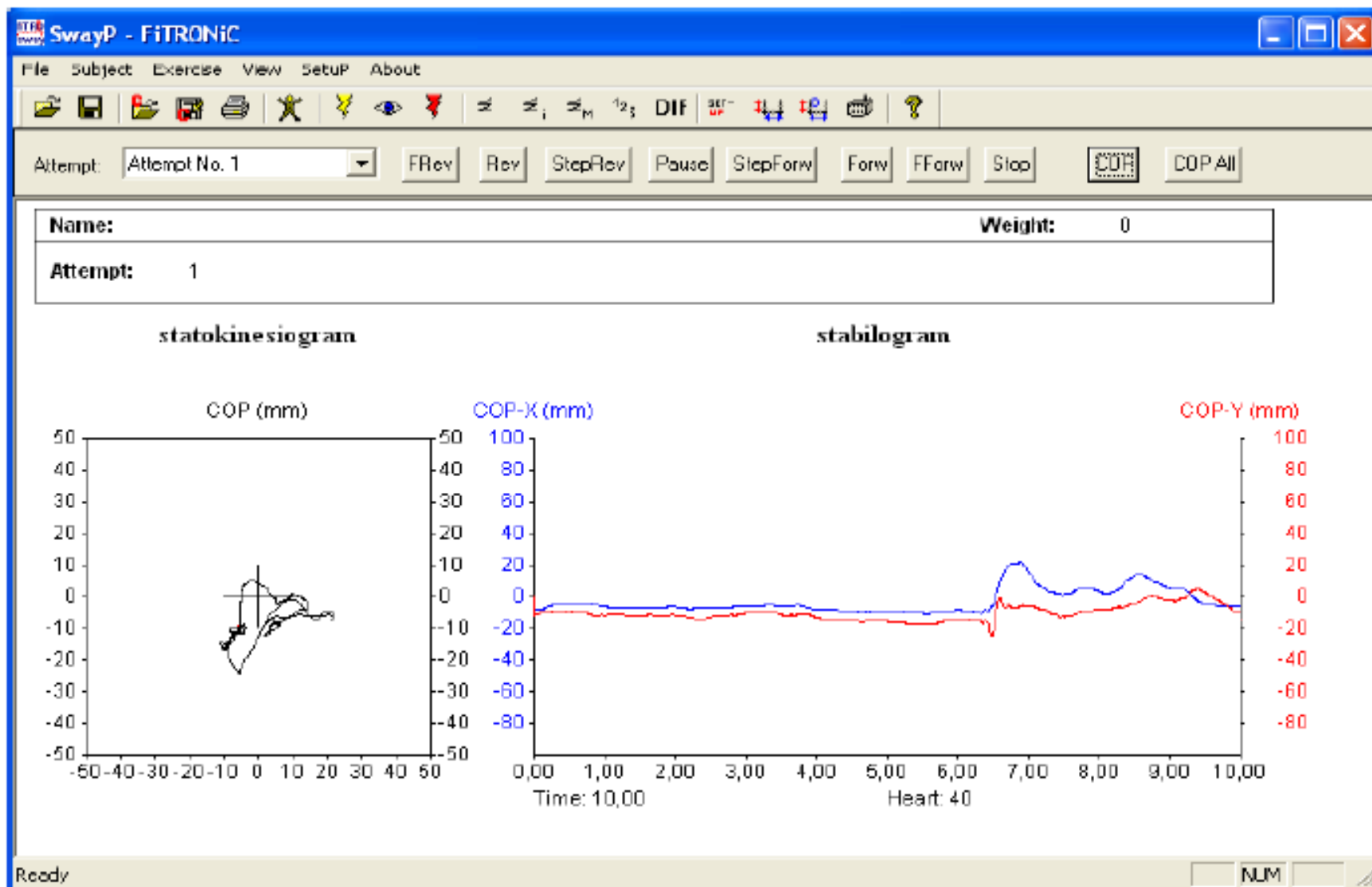


# Kistler





# Kistler



Obr. č. 12 Průběh statokinesiogramu a stabilogramu při měření střeleckého nastoje s výstřelem

# Kistler

Tab. č. 1: *Příklad záznamu stabilometrického měření – digital 2*

Interval	X-mean (mm)	X-SD (mm)	Y-mean (mm)	Y-SD (mm)	Length X (mm)	Length Y (mm)	DX/DY	Length (mm)	Speed-mean (mm/s)	HR-mean
0 - 1	14,1	0,6	-25,2	0,4	4,8	2,0	2,4	6,1	6,1	40,0
1 - 2	14,5	1,0	-24,8	0,4	7,6	3,9	2,0	9,9	9,9	40,0
2 - 3	16,0	0,6	-25,9	0,5	4,5	5,3	0,9	8,9	8,9	40,0
3 - 4	14,6	1,1	-25,6	0,4	5,6	2,5	2,2	7,4	7,4	40,0
4 - 5	14,5	0,4	-25,4	0,4	3,8	2,5	1,5	5,8	5,8	40,0
5 - 6	14,2	0,4	-25,2	0,5	4,7	2,8	1,7	6,8	6,8	40,0
6 - 7	12,2	0,7	-25,3	0,5	3,7	3,1	1,2	6,1	6,1	40,0
7 - 8	9,0	1,4	-24,6	0,5	6,2	3,4	1,8	8,2	8,2	40,0
8 - 9	8,3	1,5	-24,3	0,6	6,0	3,7	1,6	8,6	8,6	40,0
9 - 10	4,9	1,6	-24,0	0,6	8,5	2,9	2,9	10,3	10,3	40,0



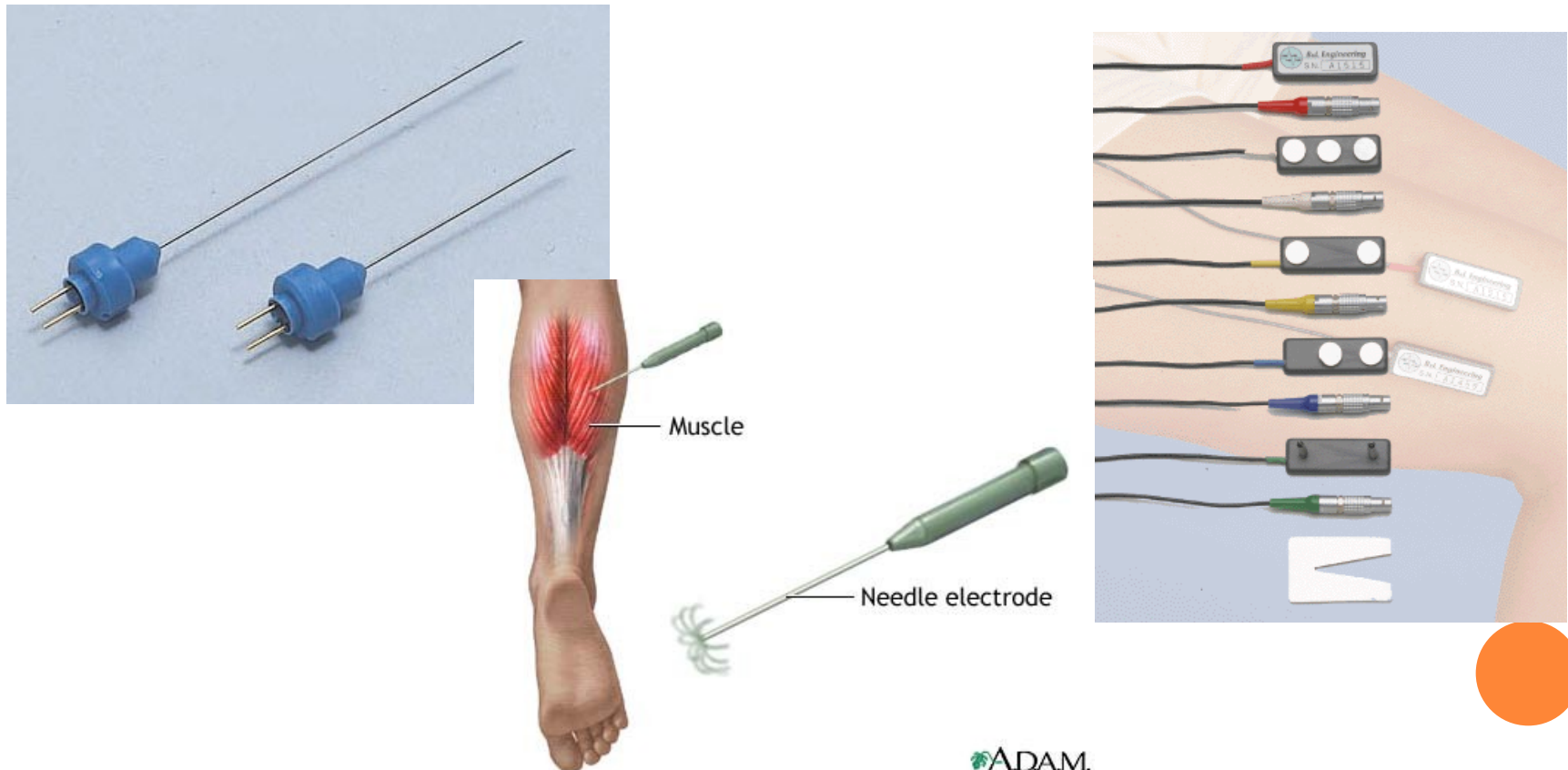
# ZÁVĚREČNÉ PRÁCE S VYUŽITÍM DESKY KISTLER (STABILOMETRIE)

- **Včela, Z. (2010). Vliv rovnováhy na přesnost střelby**
- **Kalichová, M. (2008). Vliv laterality dolních končetin na provedení základních skoků klasického tance**
- **Kučerová, P. (2009). Diagnostika statických a dynamických rovnováhových schopností ve sportovní gymnastice**
- **Pavlík, P. (2010). Vliv statické rovnováhy na úspěšnost střelby policistů**
- **Honková, K. (2011). Zjišťování koordinačních schopností v tanečním sportu**
- **Hedbávný, P. (2011). Vliv úrovně rovnováhových schopností na provedení vybraných gymnastických pohybových struktur**
- **Svobodová, L. (2013). Vliv intervenčního pohybového programu na vybrané motorické schopnosti z hlediska prevence pádů u osob v období sénia**



# EMG - elektromyografie

- Akční potenciál vzniká, přestoupí-li depolarizační proud (vzruch) potenciál na úrovni prahu a vyvolá otevření kanálů  $\text{Na}^+$ , které vede ke zvýšení "pozitivity" uvnitř buňky a k postupnému rozvoji AP.



- U povrchové EMG prochází AP přes přilehlé svalové tkáně, hlavně tuk a kůži, na jejímž povrchu jsou detekovány. EMG signál je výsledkem sledu akčních potenciálů motorických jednotek, které jsou detekovány povrchovou elektrodou v blízkosti kontrahovaných svalových vláken.
- EMG signál získaný pomocí povrchových elektrod však ve srovnání s jehlovými elektrodami umožňuje globálnější posouzení EA svalu díky větší ploše, ze které je záznam získáván. Rovněž je snadněji použitelný při různých pohybových aktivitách.





- Výboje a frekvence výbojů jednotlivých AP motorických jednotek jsou na sobě nezávislé. Synchronizaci vykazuje pouze 10-20 % AP, u malých svalů, kde se oblast jedné motorické jednotky rozprostírá přes celý sval, je synchronizováno 20 – 50% výbojů.
- Frekvence jedné motorické jednotky není vysoká – 6-25 AP za vteřinu (v závislosti na intenzitě kontrakce a druhu svalu).
- Výsledný EMG záznam není tedy prostou sumací jednotlivých elementárních napětí, ale platí pro něj zákony interference jednotlivých výbojů.
- Povrchový EMG záznam nás informuje o průběhu rozdílů napětí na elektrodách umístěných na povrchu kůže a neposkytuje žádnou bližší informaci o EA jednotlivých přilehlých motorických jednotek.

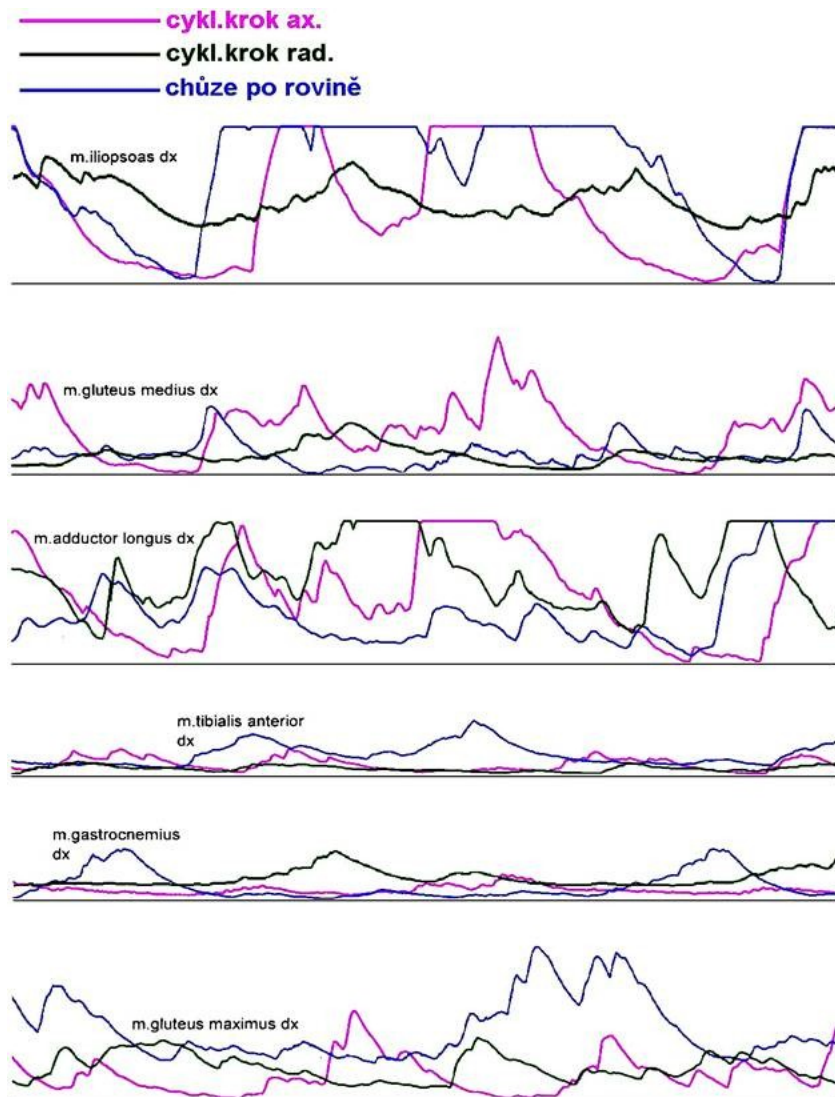


- Při zvětšování síly kontrakce se zvyšuje frekvence stahů jednotlivých MJ – časové odstupňování
- CNS může řídit stupeň kontrakce svalu (skupiny svalů) při pohybu také pomocí počtu vzrušených MJ - prostorové odstupňování
- Roste-li síla kontrakce do určité hranice se zvyšuje frekvence výbojů pracujících MJ. Po dosažení maxima (asi za 0,1 s) vstupuje do činnosti další MJ (recruitment), která se chová obdobně. Takto se nabírají jednotlivé MJ jedna po druhé.



## V biomechanice dominují tři aplikace při používání povrchového EMG:

- 1) Ukazatel zahájení svalové aktivace
- 2) Udává informace o silových přírůstcích vyvolaných jednotlivými svaly nebo skupinou svalů
- 3) Ukazatel únavových procesů nastávajících uvnitř svalu



# ZÁVĚREČNÉ PRÁCE S VYUŽITÍM EMG

- **Horáková, J. (2010). Analýza bikrosového startu pomocí elektromyografie**
- **Šimeček, R. (2010). Hodnocení efektivity rozvoje silových schopností bikera s využitím elektromyografie**
- **Šlapáková, D. (2010). Změny elektromyografické aktivity vyvolané masáží**
- **Hlaváčová, S. (2011). Kineziologická a kinematická analýza tenisového podání pomocí EMG a SIMI**



Qualisys Mocap movie

<http://www.youtube.com/watch?v=ZWsPDWJAo0k&feature=related>

Pressure insole system

<http://www.youtube.com/watch?v=2VS3aAyeDTw>

Force Plates in Sport & Exercise - CoP & Free Moment

[http://www.youtube.com/watch?v=30bEa\\_mJqGY&feature=relmfu](http://www.youtube.com/watch?v=30bEa_mJqGY&feature=relmfu)

Use of surface EMG in Sport Performance

<http://www.youtube.com/watch?v=u49aR1D8M40>

