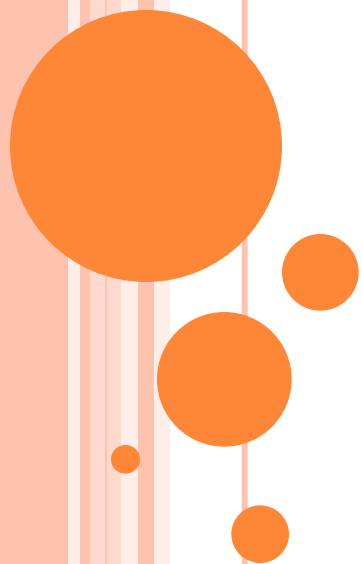


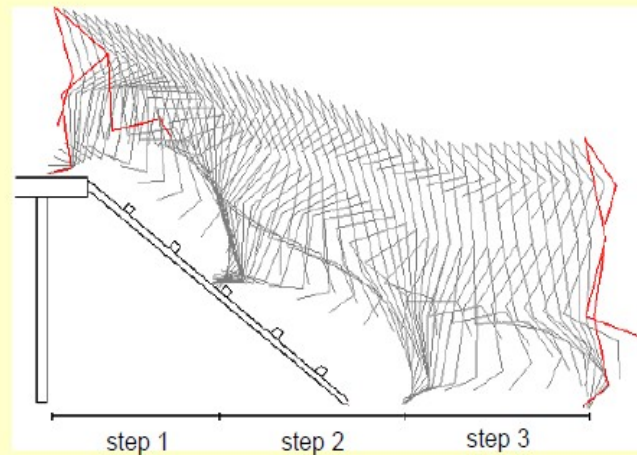
MĚŘENÍ V BIOMECHANICE



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	φ	radián	rad
úhlová rychlost	ω	radián za sekundu	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$
úhlové zrychlení	ε	radián za sekundu na druhou	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$

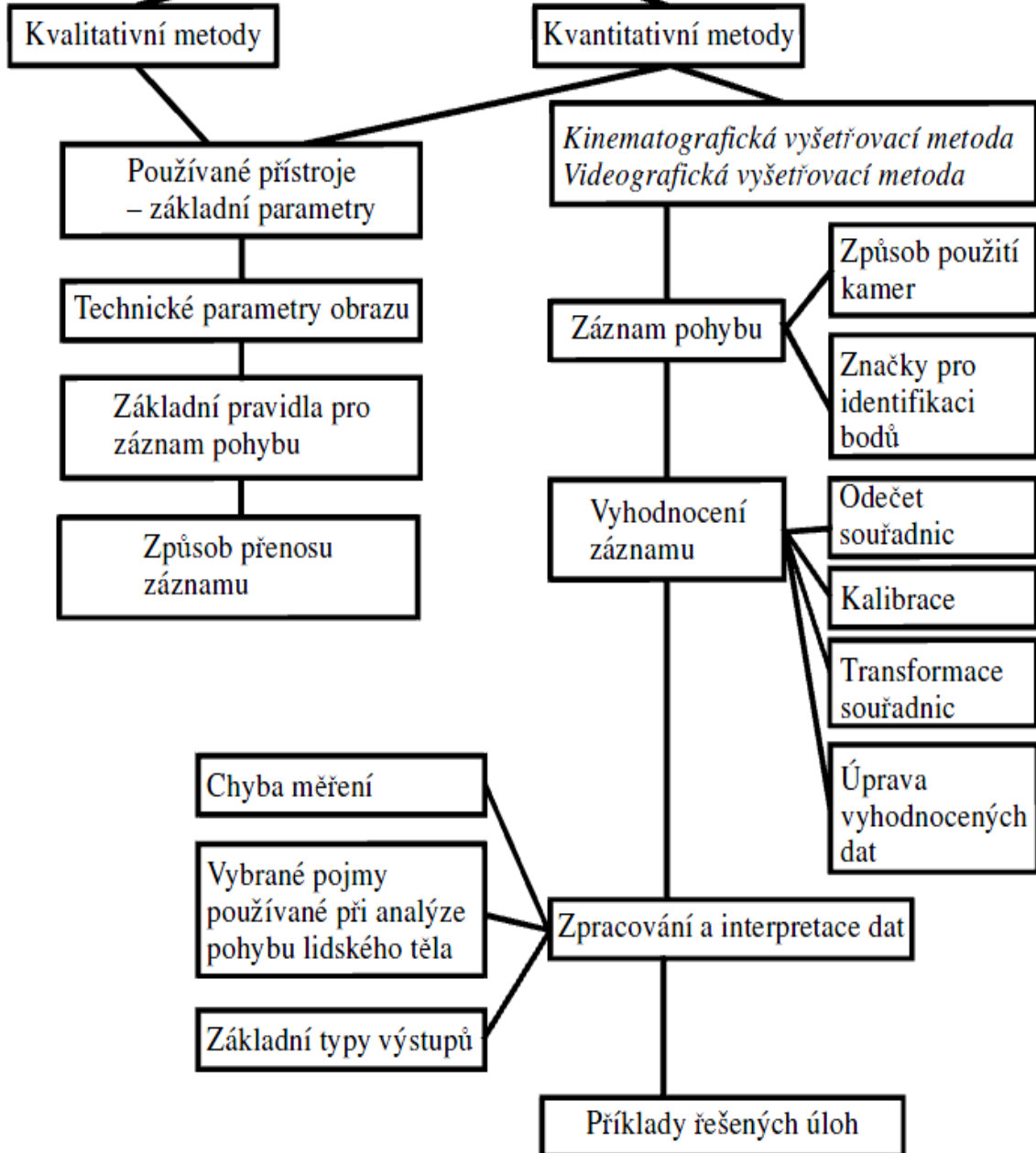


KINEMATOGRAFICKÁ METODA

- **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

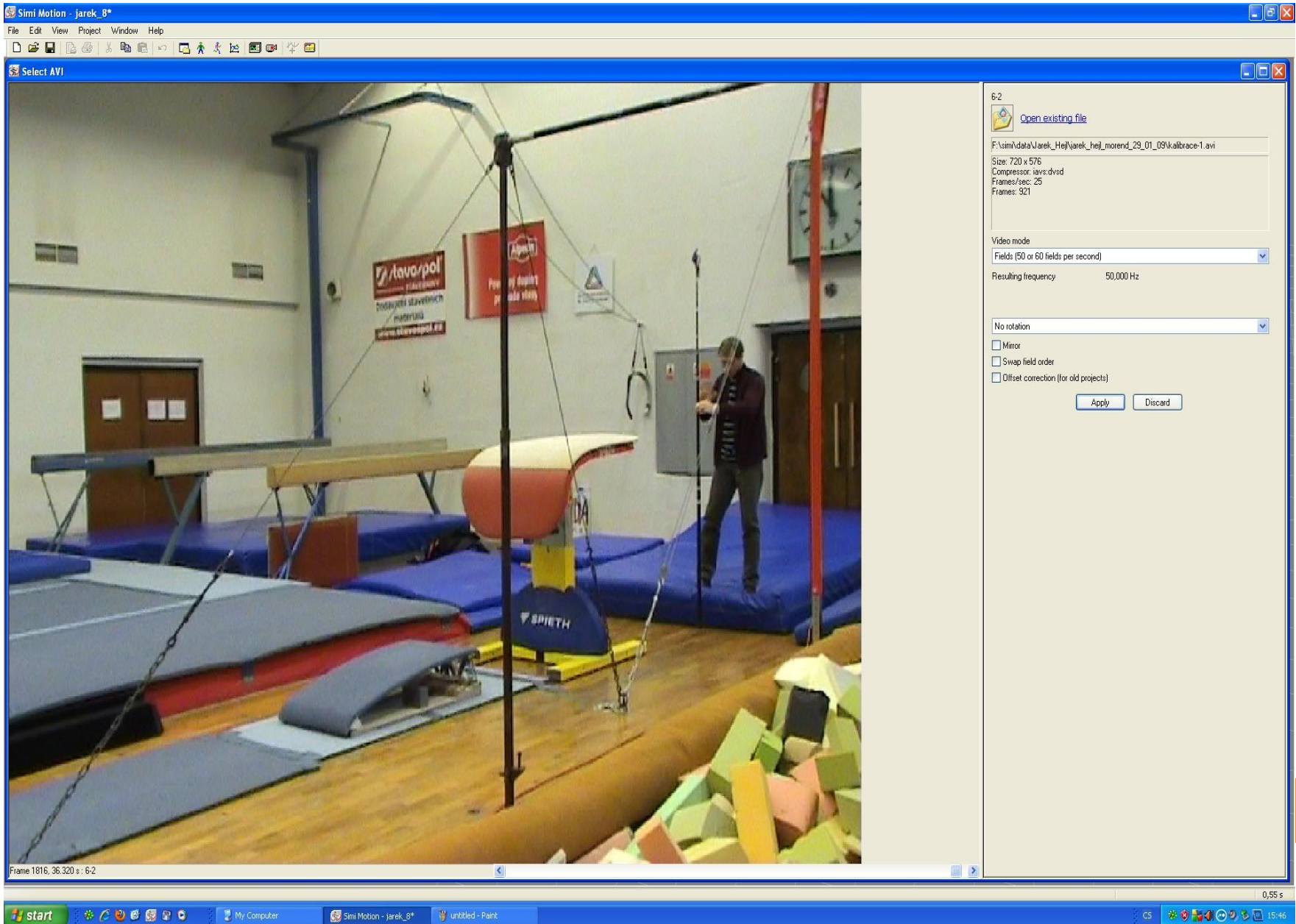


KINEMATOGRAFICKÁ METODA – SIMI MOTION 7 – KALIBRACE PROSTORU

Simi Motion - jarek_8*

File Edit View Project Window Help

Select AVI



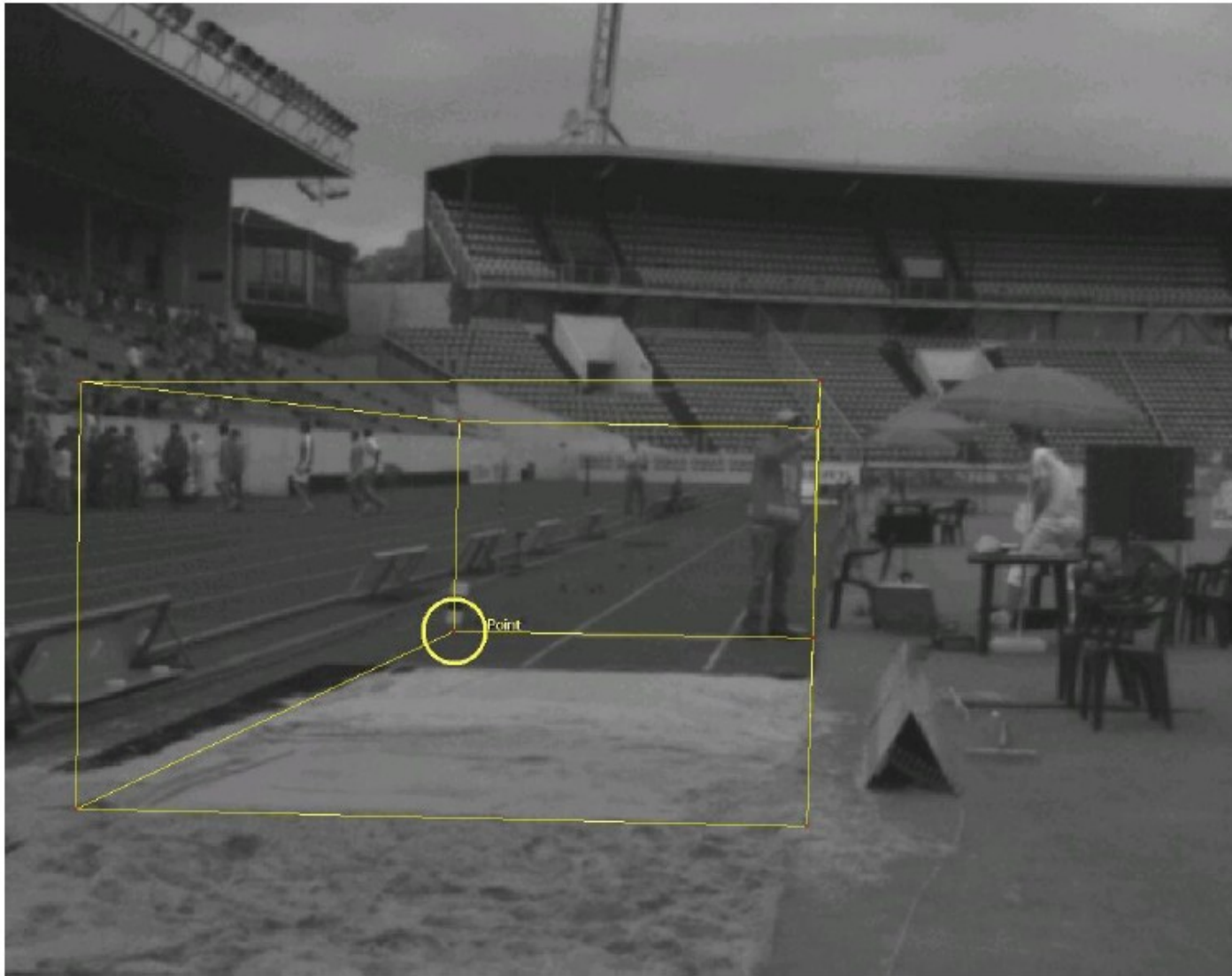
The screenshot displays the Simi Motion 7 software interface. The main window shows a video frame of a person in a gymnasium setting, standing on a blue mat. The person is holding a vertical pole. In the background, there is a wooden floor, a blue mat, and a red and white inflatable object. A sign on the wall reads "Avorpol" and "www.avorpol.eu". The software interface includes a menu bar (File, Edit, View, Project, Window, Help) and a toolbar with various icons. A settings panel on the right side of the window is open, showing the following options:

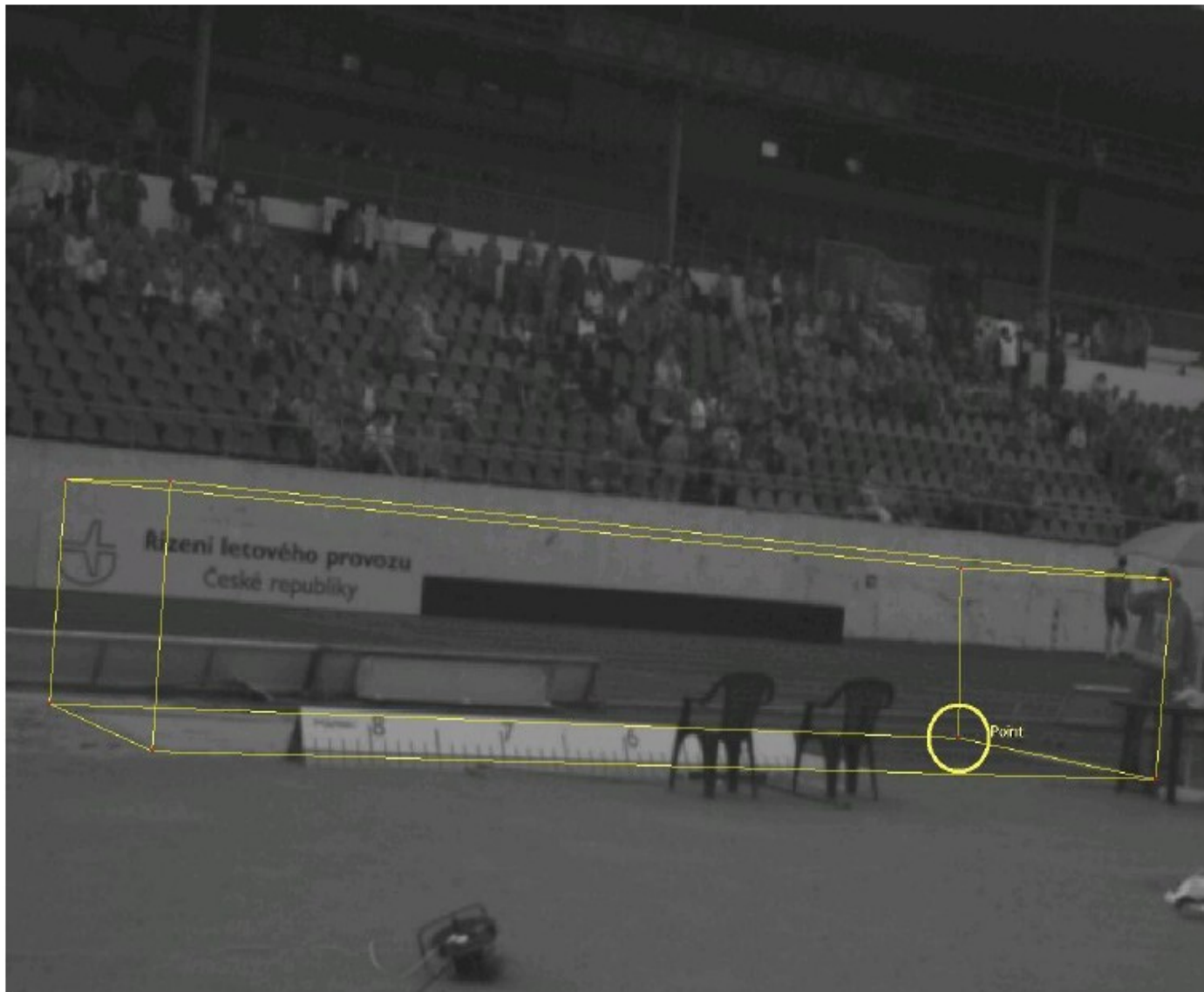
- 6:2
- Open existing file
- F:\simi\data\jarek_hej\jarek_hej_morend_29_01_09\kalibrace-1.avi
- Size: 720 x 576
- Compressor: iavs:dvsd
- Frames/sec: 25
- Frames: 321
- Video mode: Fields (50 or 60 fields per second)
- Resulting frequency: 50,000 Hz
- No rotation
- Mirror
- Swap field order
- Offset correction (for old projects)
- Apply Discard

Frame 1816, 36.320 s : 6:2

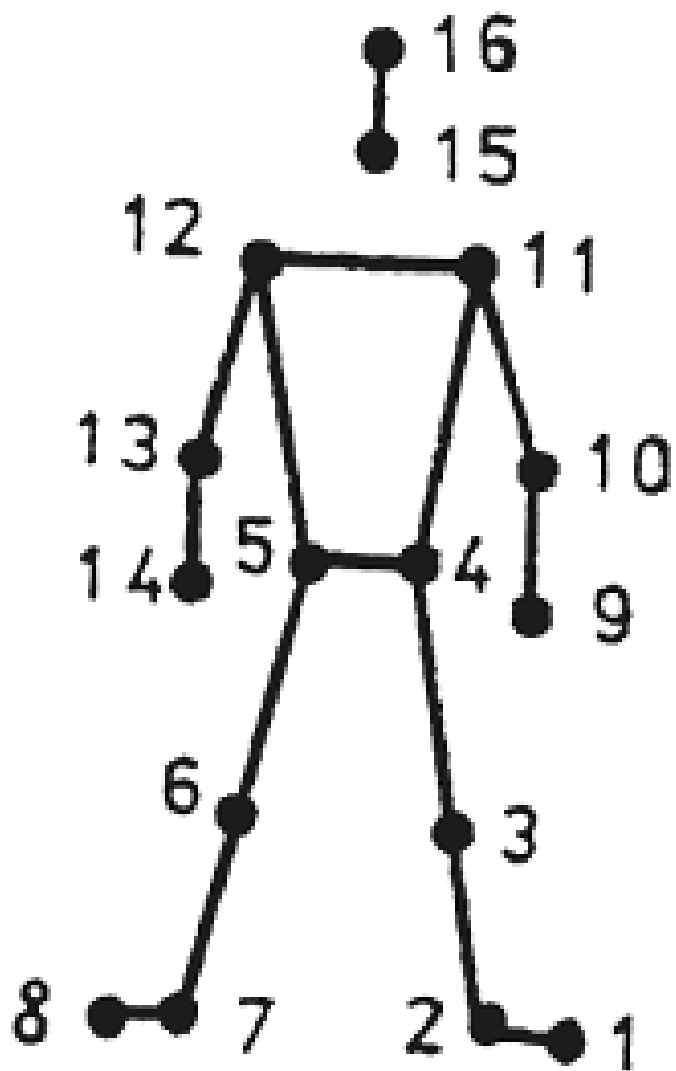
0,55 s

start My Computer Simi Motion - jarek_8* untitled - Paint CS 15:46



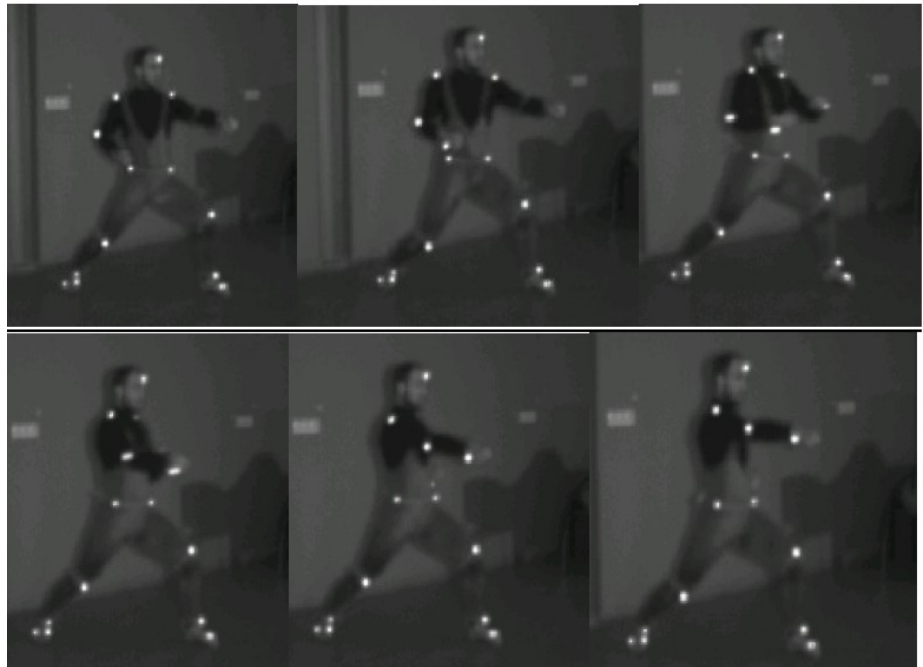






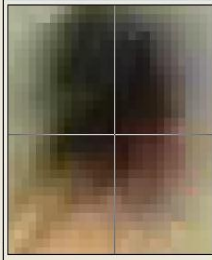
Obr. 34: Body pro digitalizaci
(Kryštofovič, 1996)

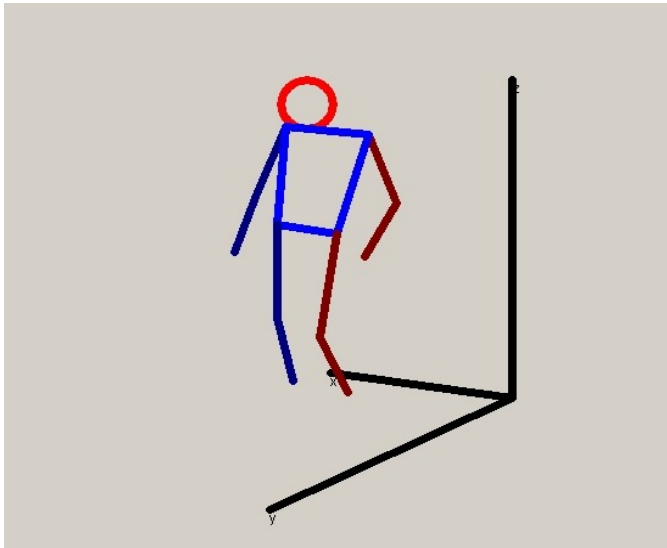
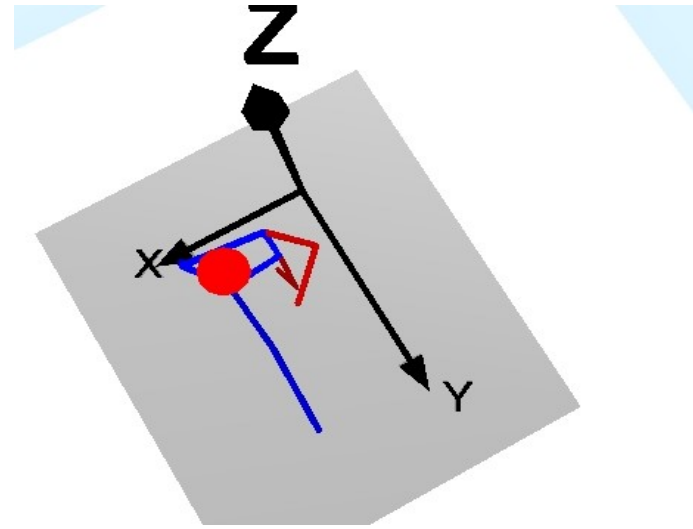
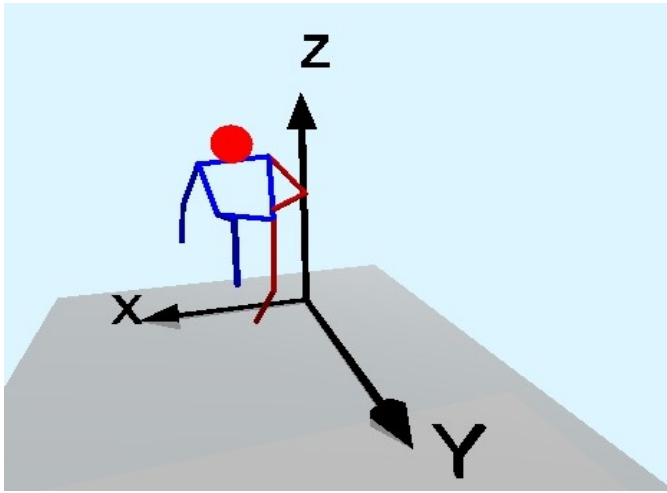


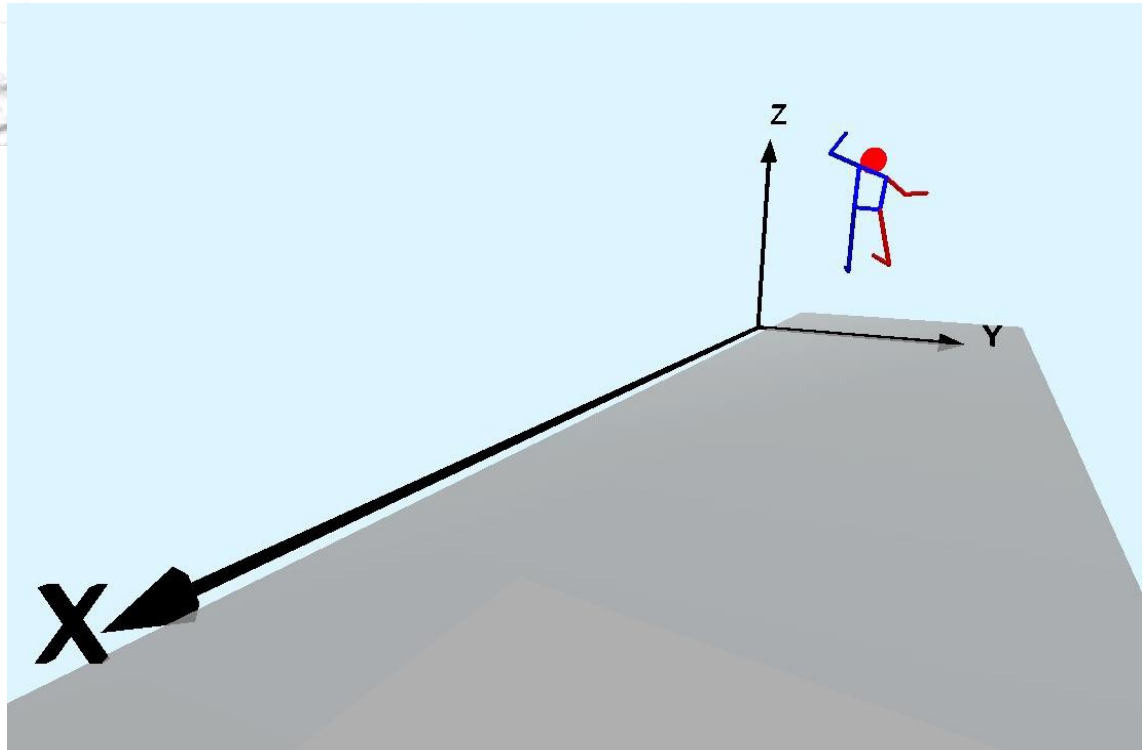
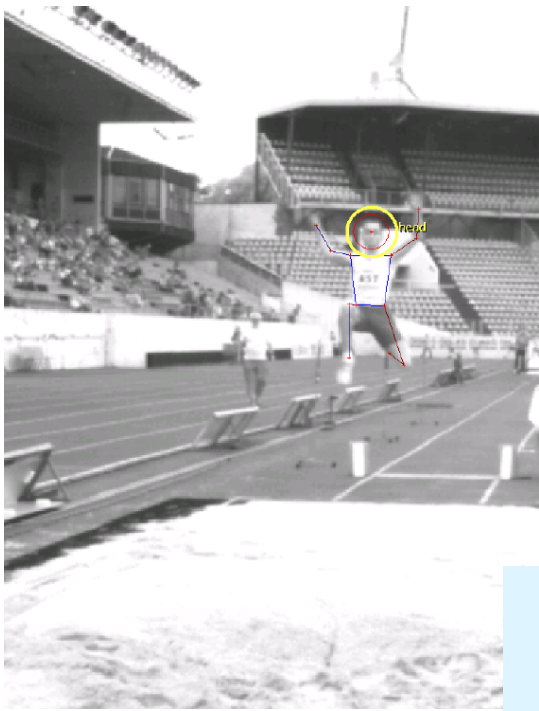


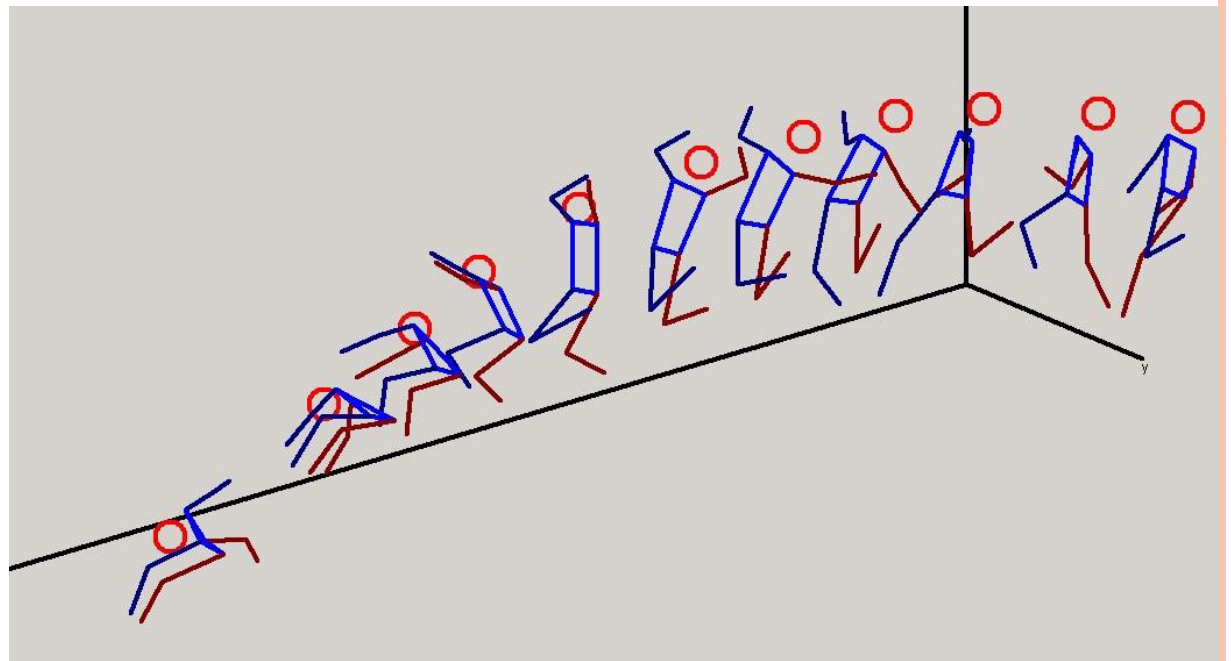
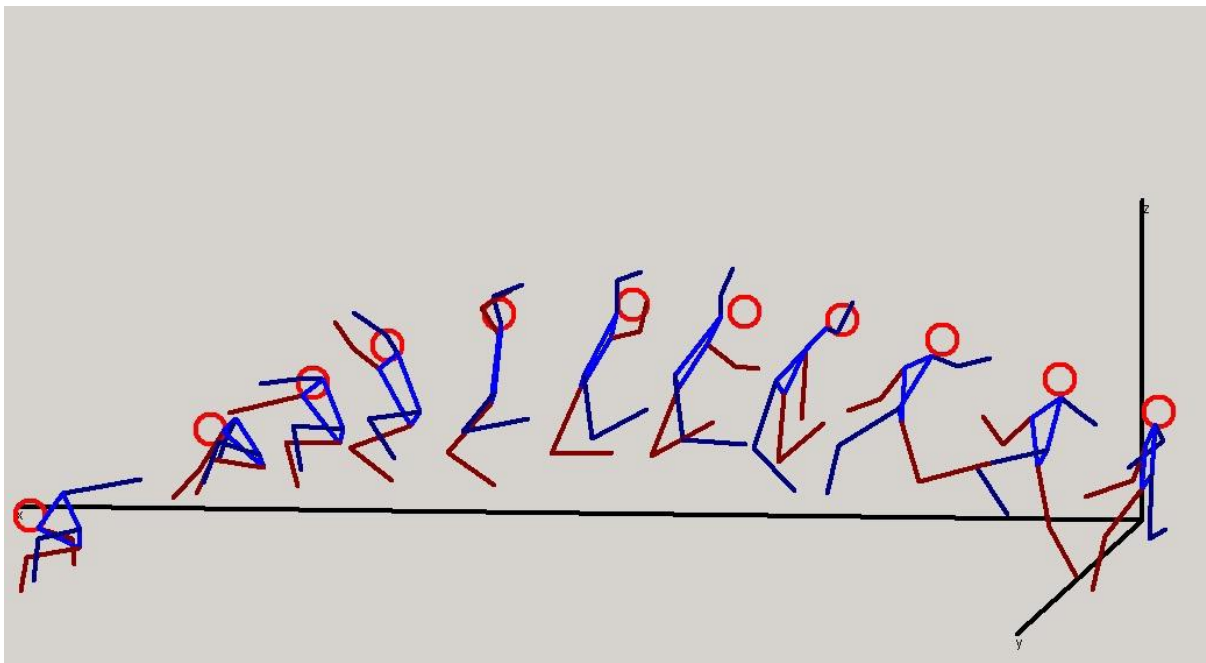


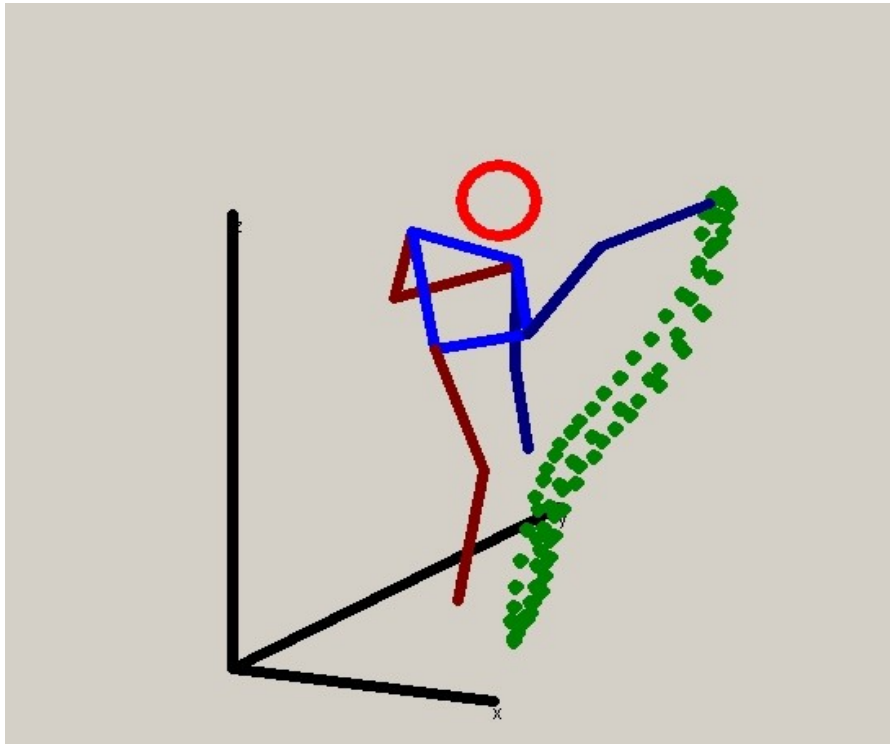
- Head
- left shoulder
- right shoulder
- left elbow
- right elbow
- left wrist
- right wrist
- left hip
- right hip
- left knee
- right knee
- left ankle-bone
- right ankle-bone

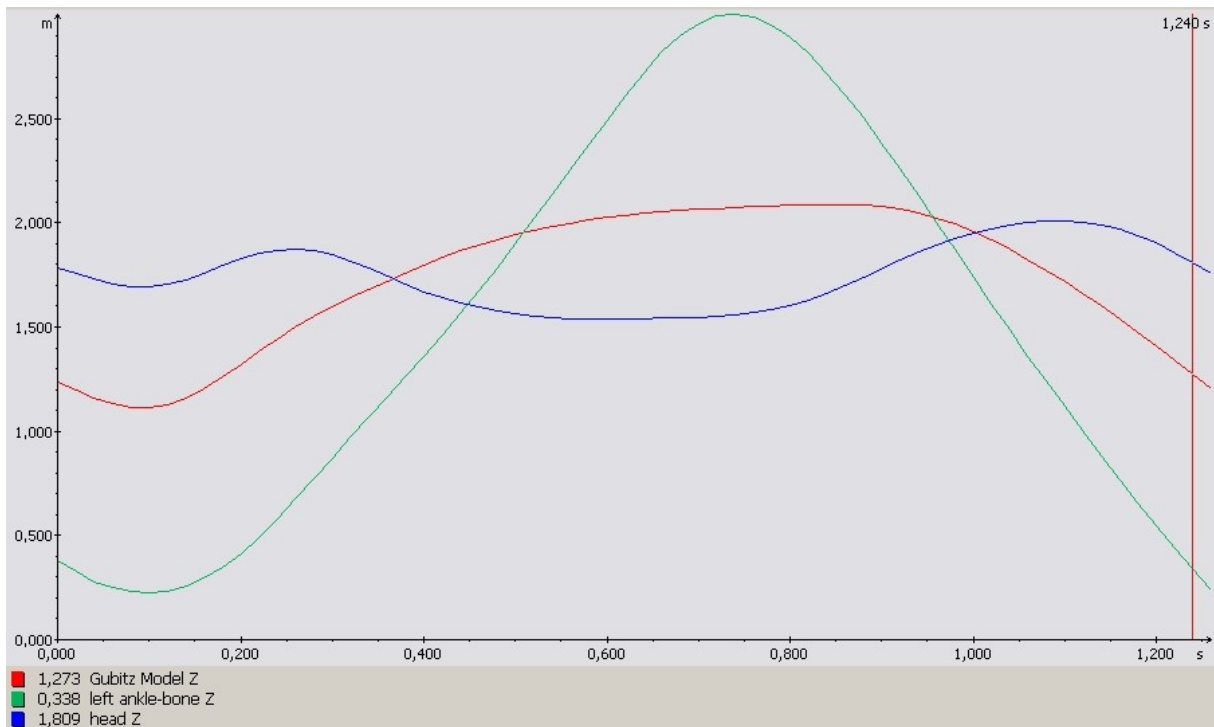
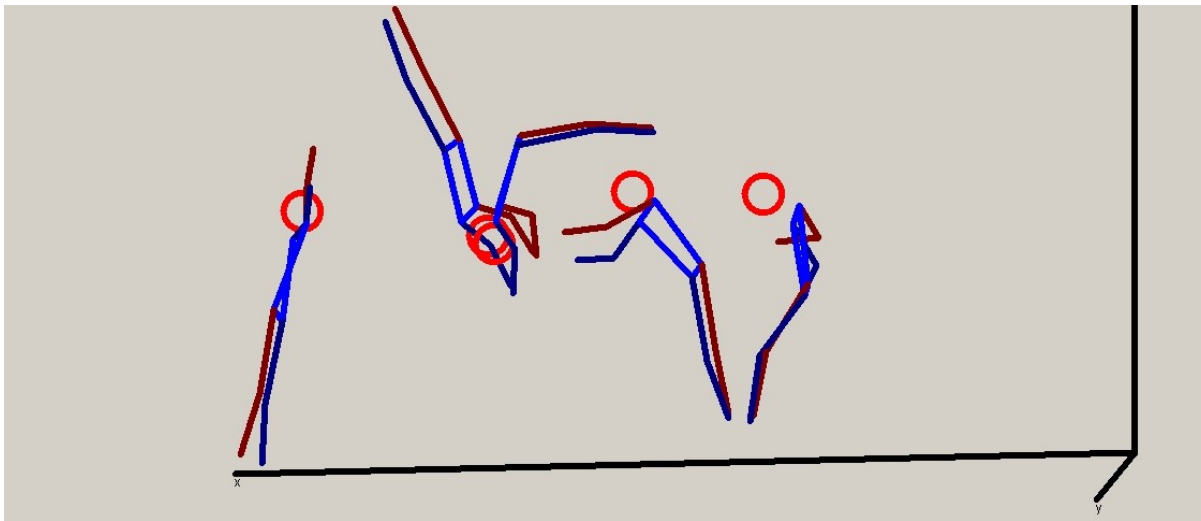








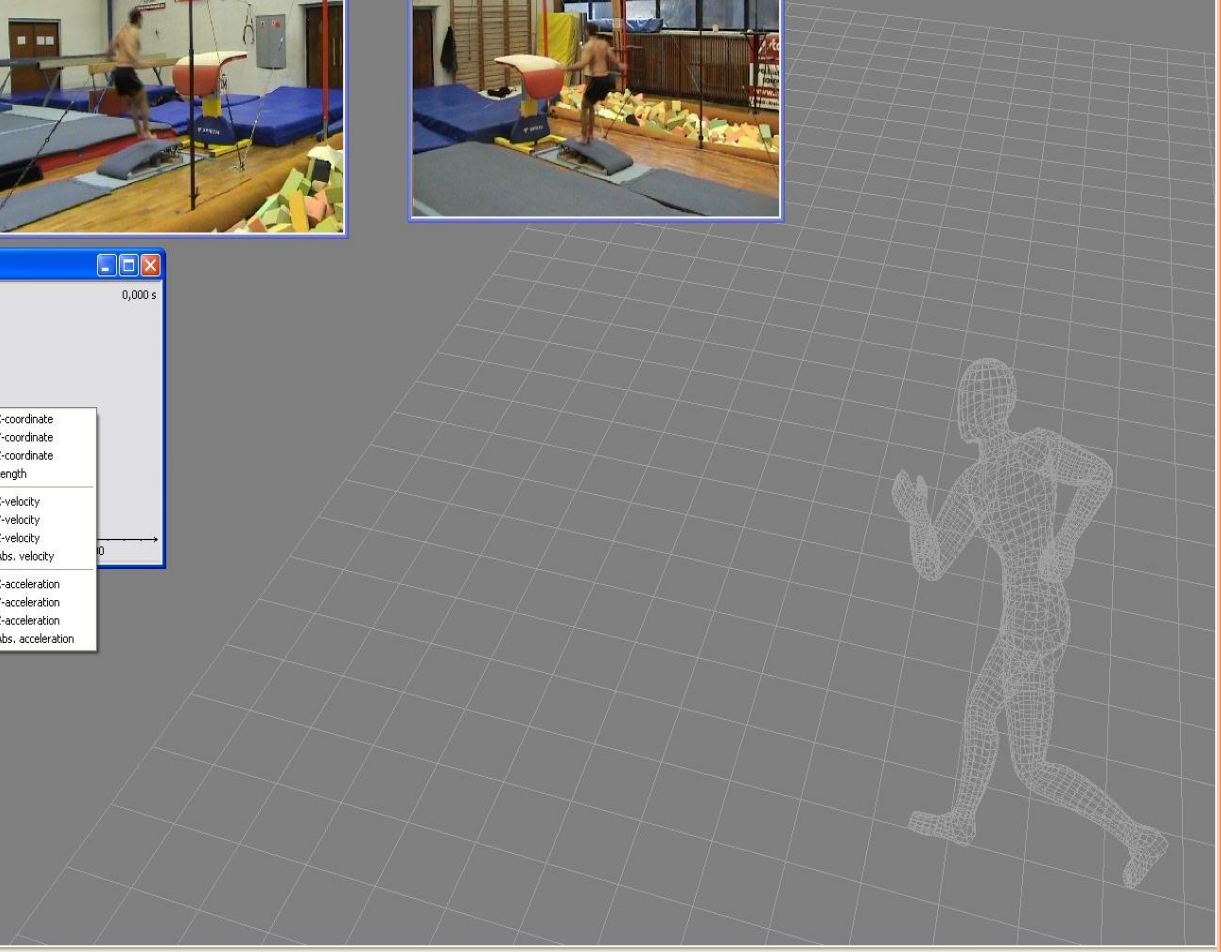
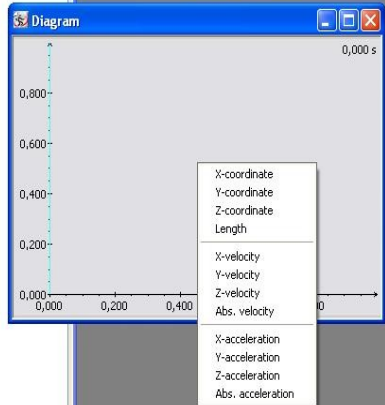






morenda

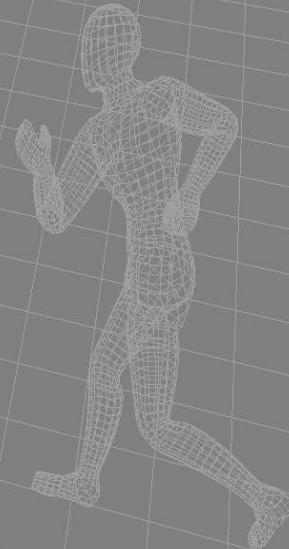
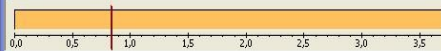
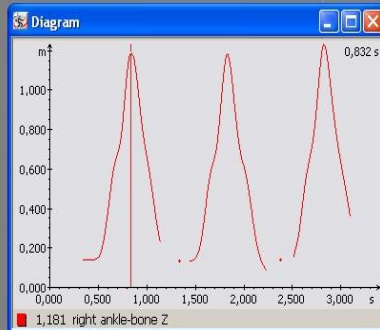
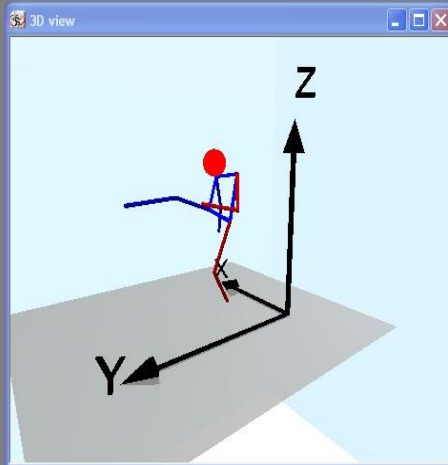
- Project
 - Specification
 - Calculation templates
 - Report templates
 - Phases
 - Cameras
 - 6-1
 - 6-2
 - 3D coordinates
 - User
 - d: left hip - right hip
 - Gubitz Model
 - Gubitz Model
 - ankle
 - ankle
 - knee
 - knee
 - hip
 - hip
 - shoulder
 - shoulder
 - elbow
 - elbow
 - hand
 - hand
 -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

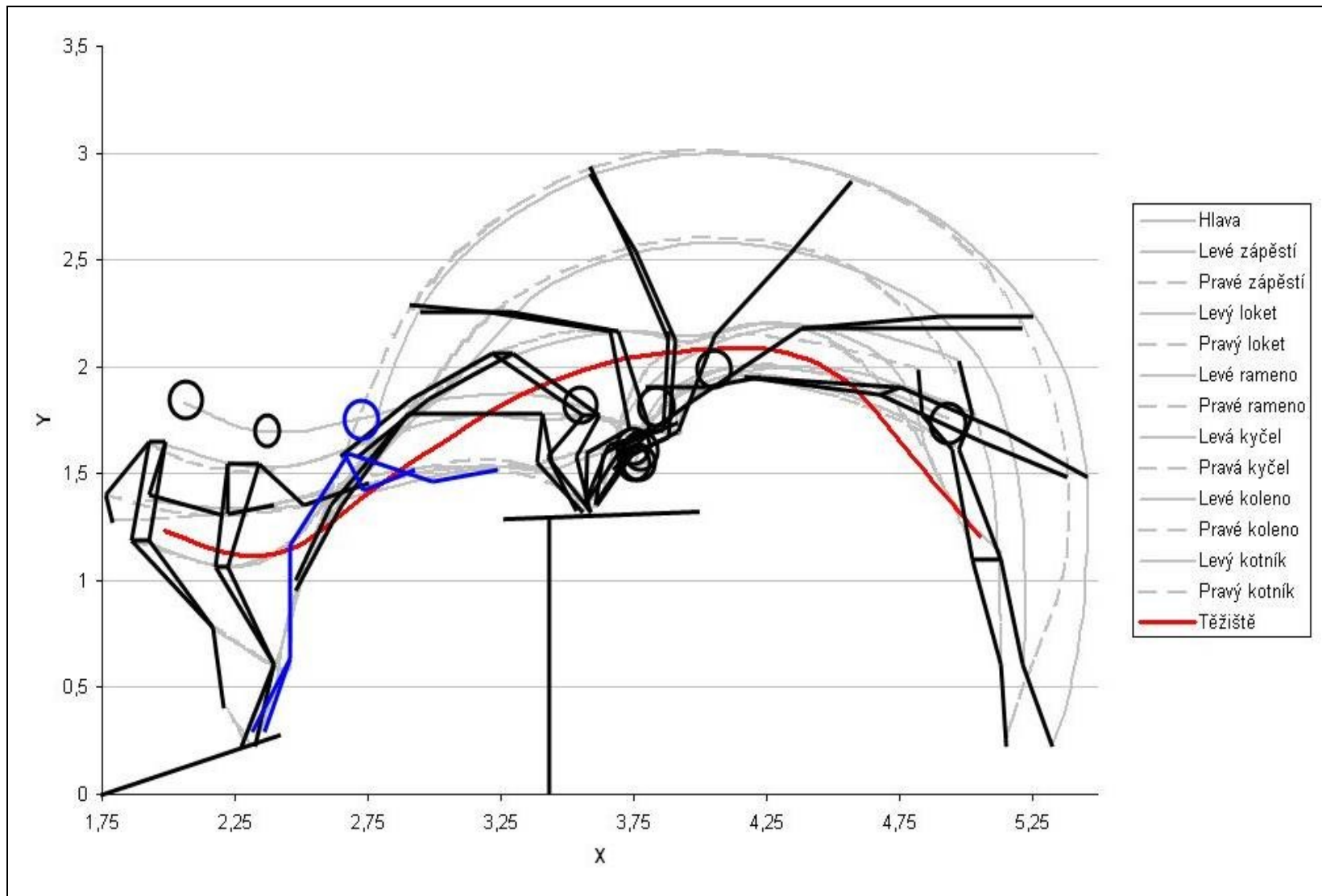




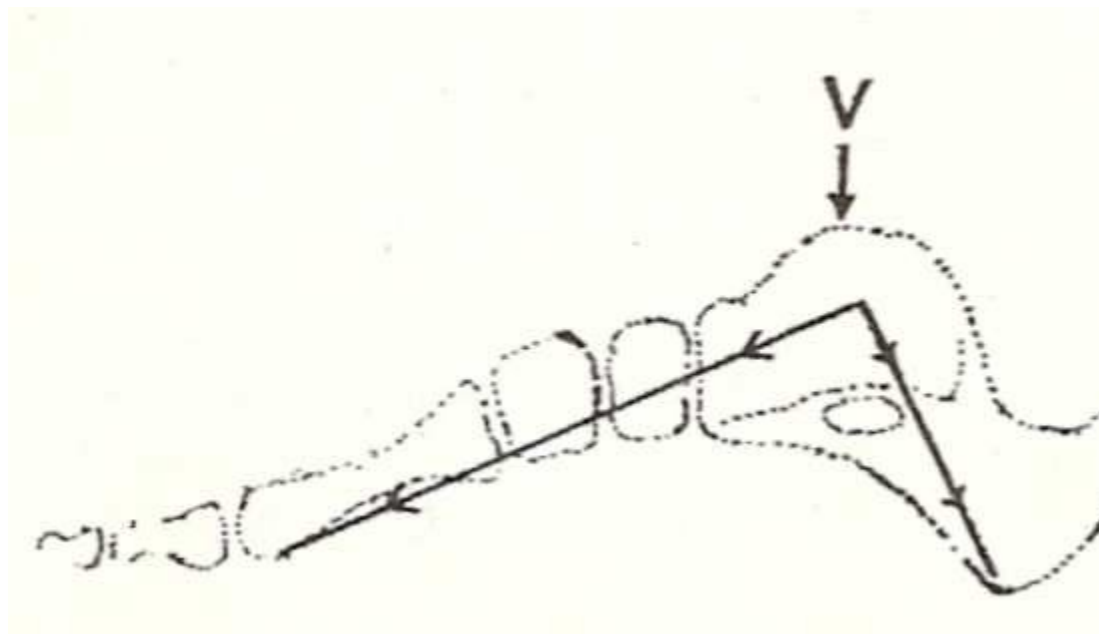
radim_kalibrace

- 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





PEDOBAROGRAFIE – DIAGNOSTIKA PLANTÁRNÍHO TLAKU



SYSTEM EMED



Technickými parametry této plošiny jsou:

rozměry:	(582x340x20) mm,
plocha pokrytá senzory:	(360x190) mm ² ,
počet senzorů:	1377,
rozlišení:	2 senzory na cm ² ,
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:	5 m.

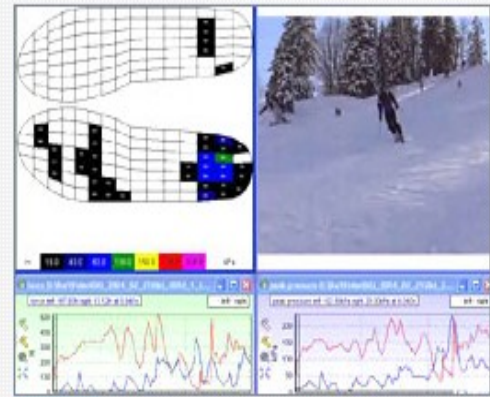


SYSTEM PEDAR



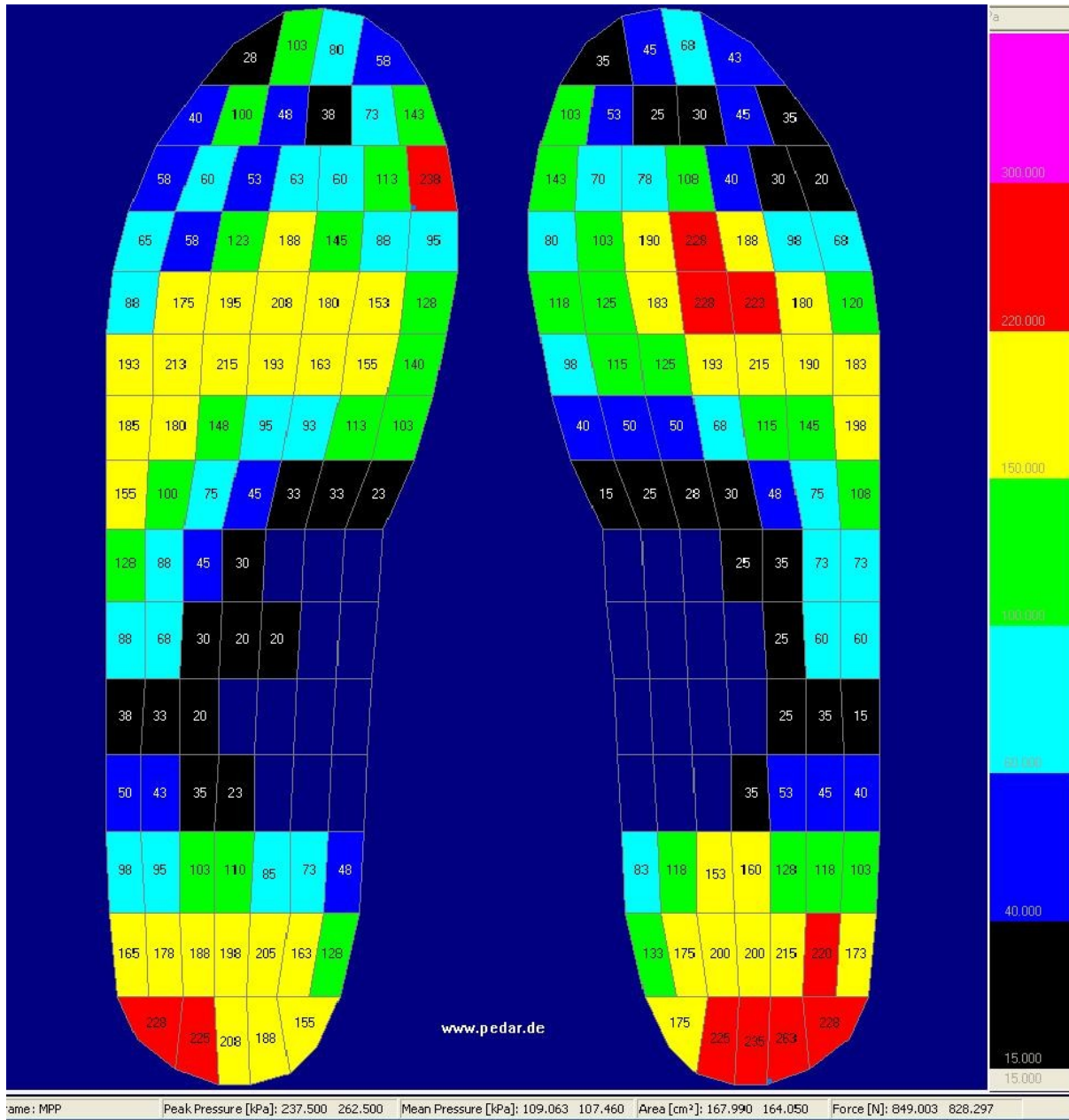
Technical data for pedar-X system

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)



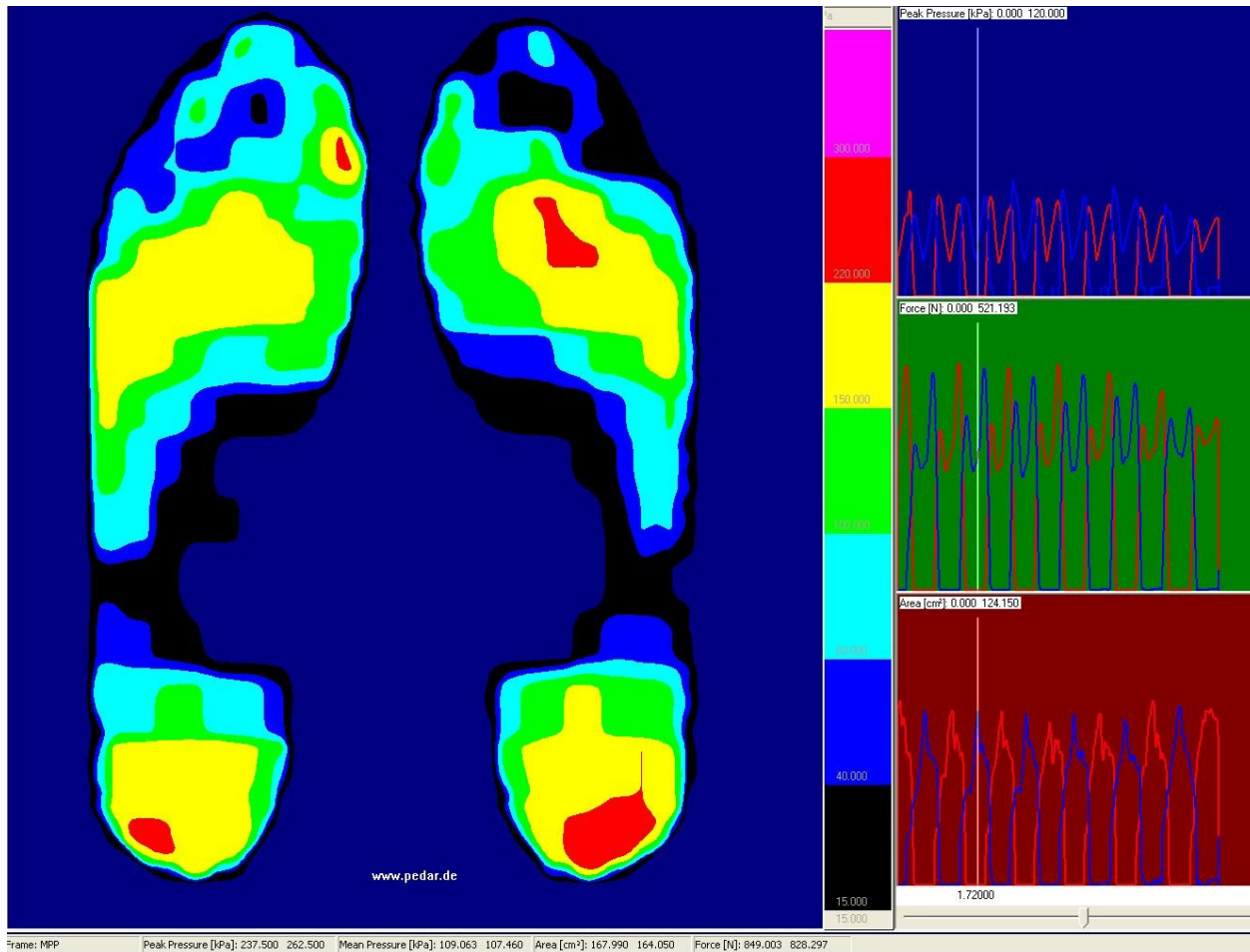
VIDEO ▶ skiing with pedar-X (AVI video: 1.2 MB)

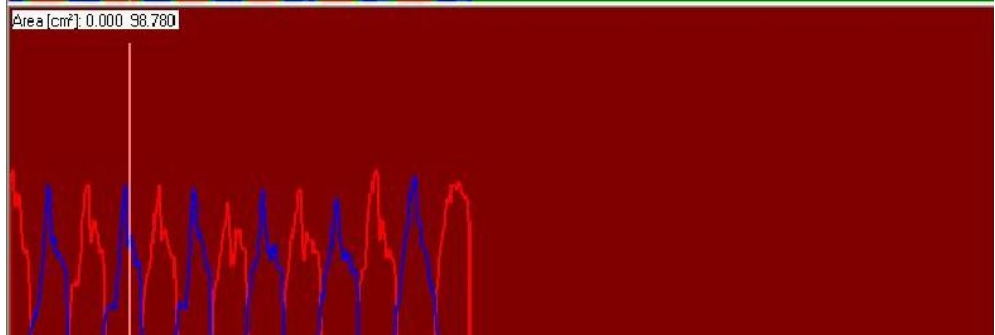
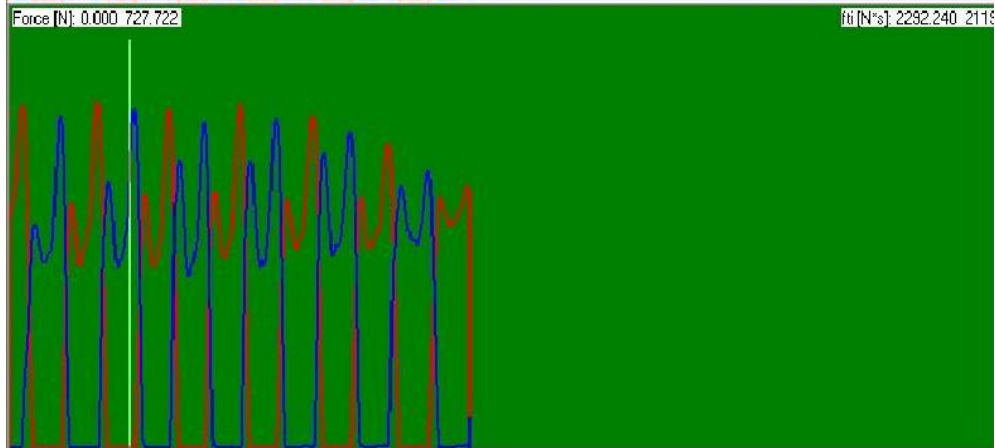
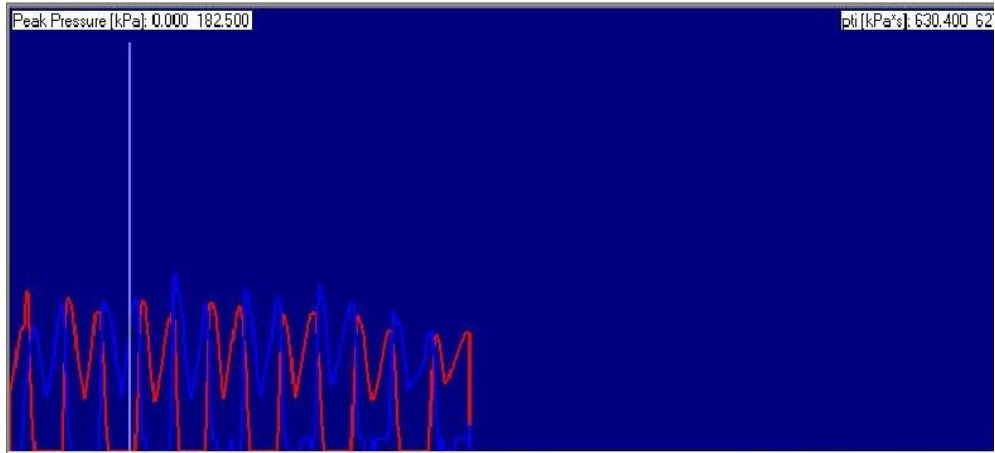


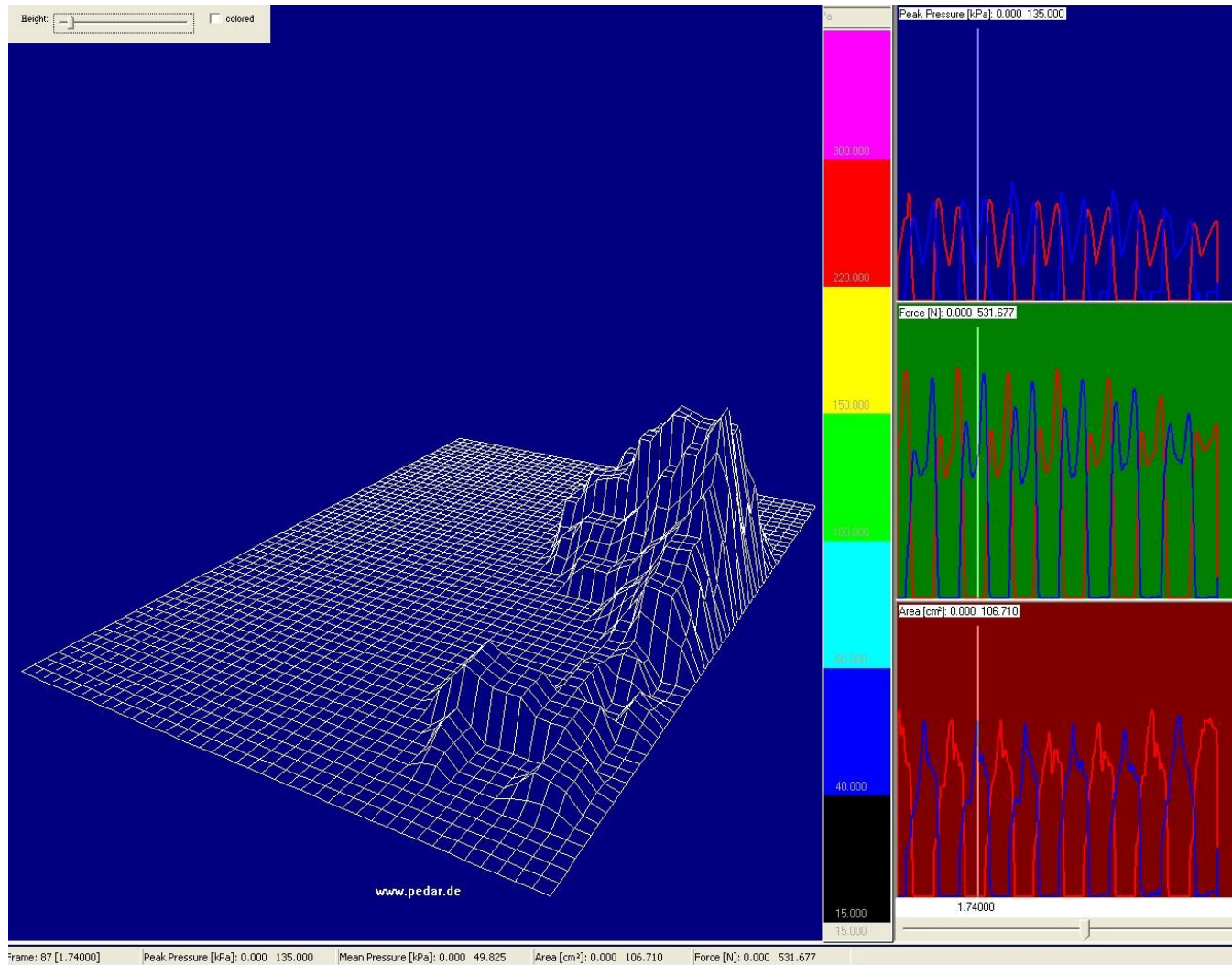


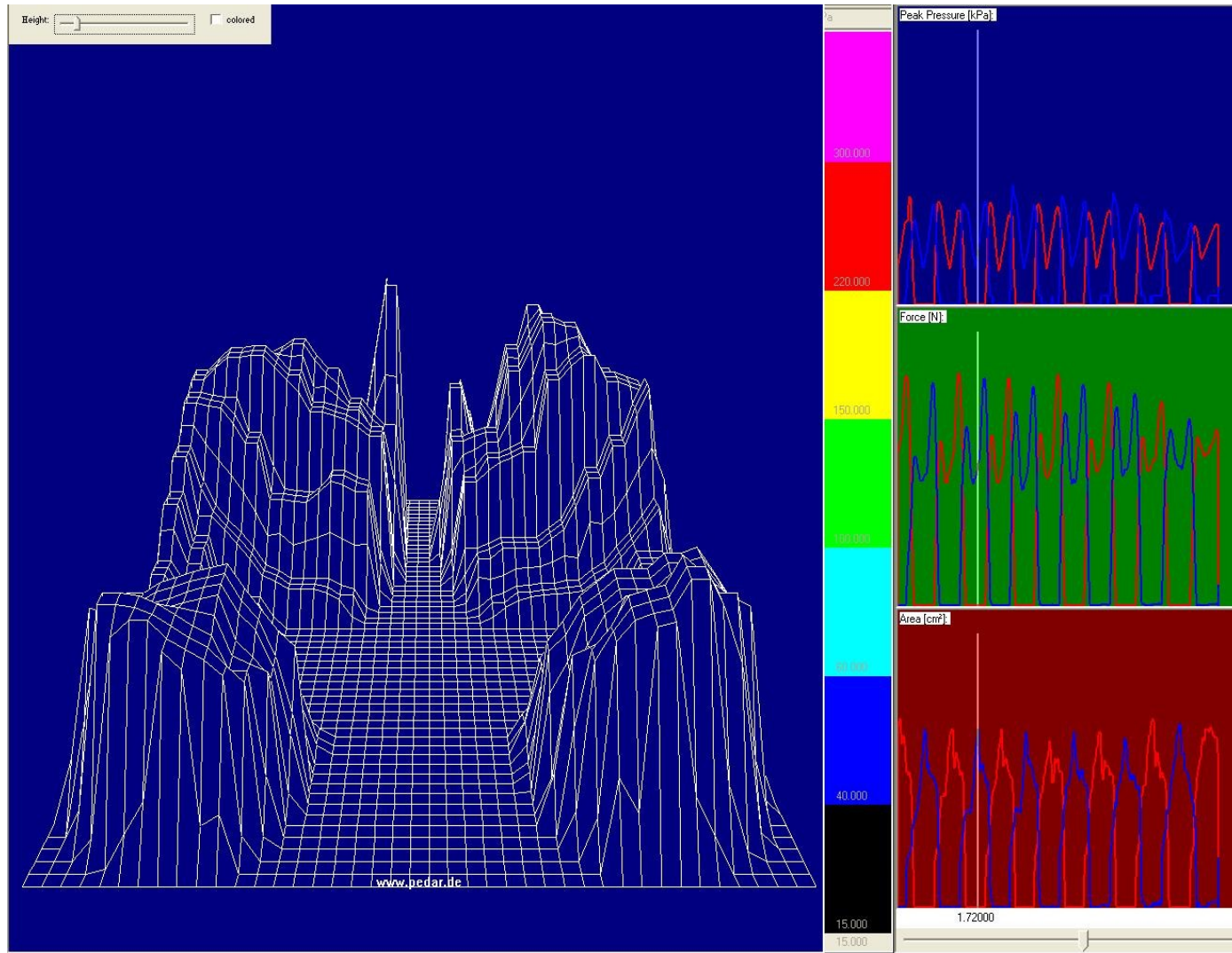
name: MPP | Peak Pressure [kPa]: 237.500 262.500 | Mean Pressure [kPa]: 109.063 107.460 | Area [cm²]: 167.990 164.050 | Force [N]: 849.003 826.297

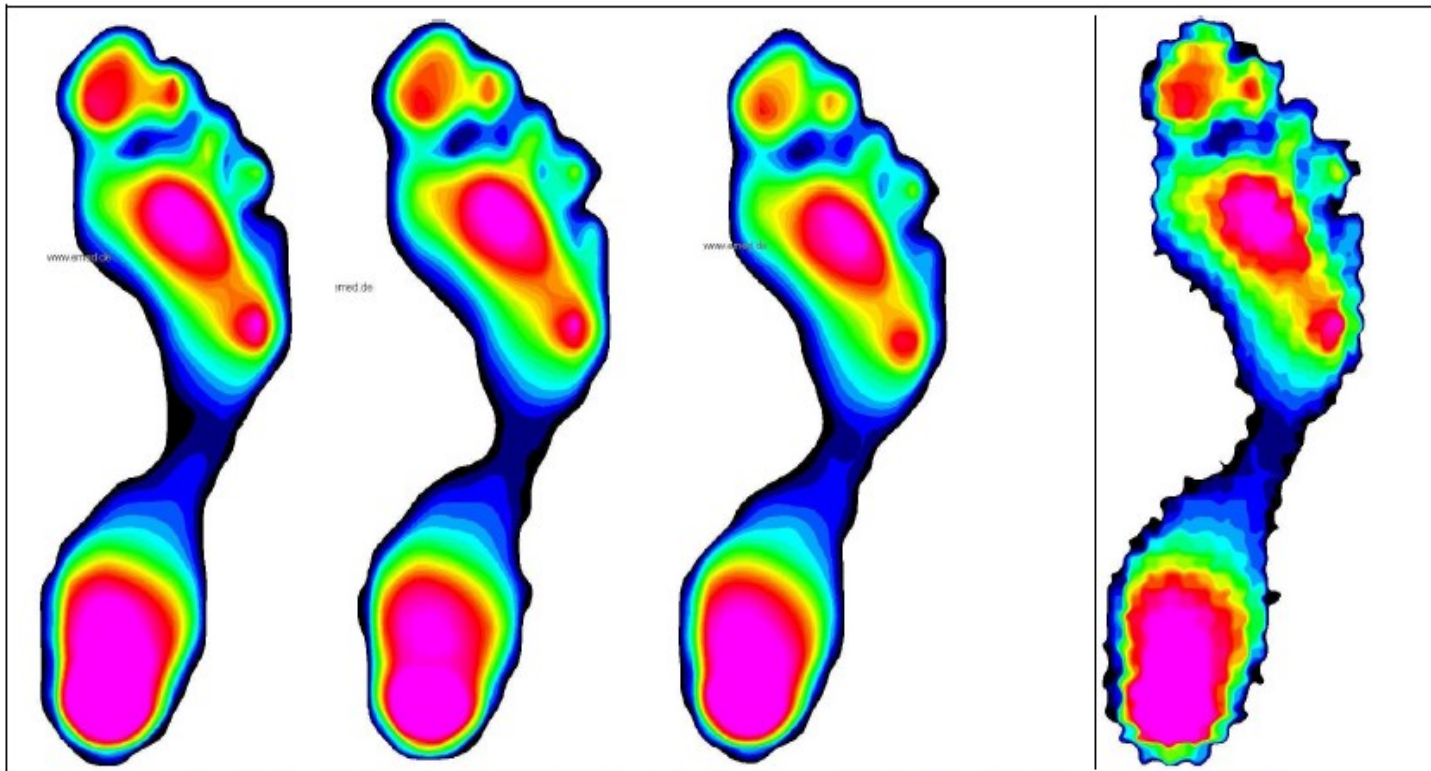












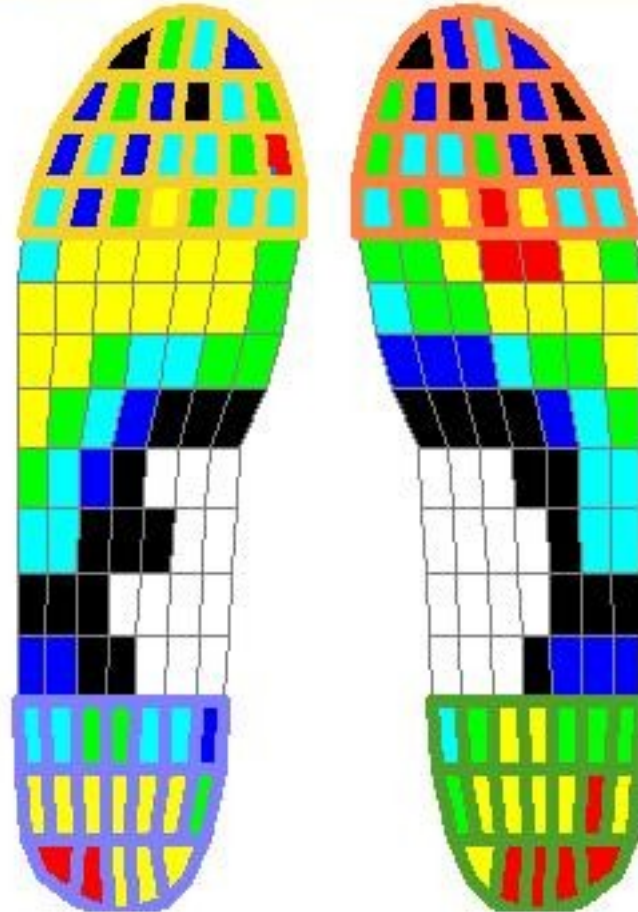
Obr. 10: Tři naměřené tlakové obrazy a jejich průměr - proband 1

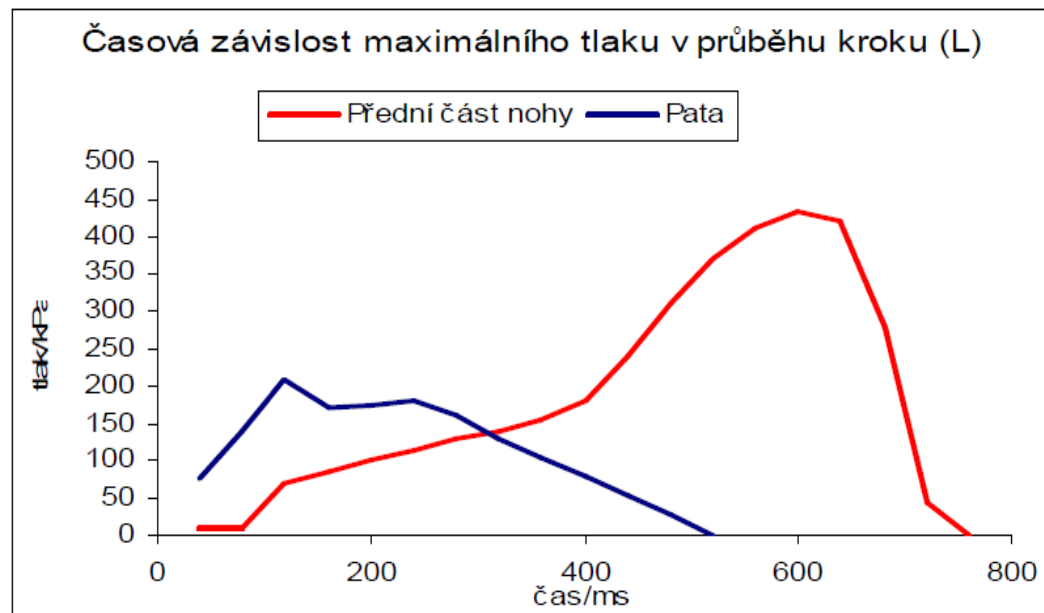
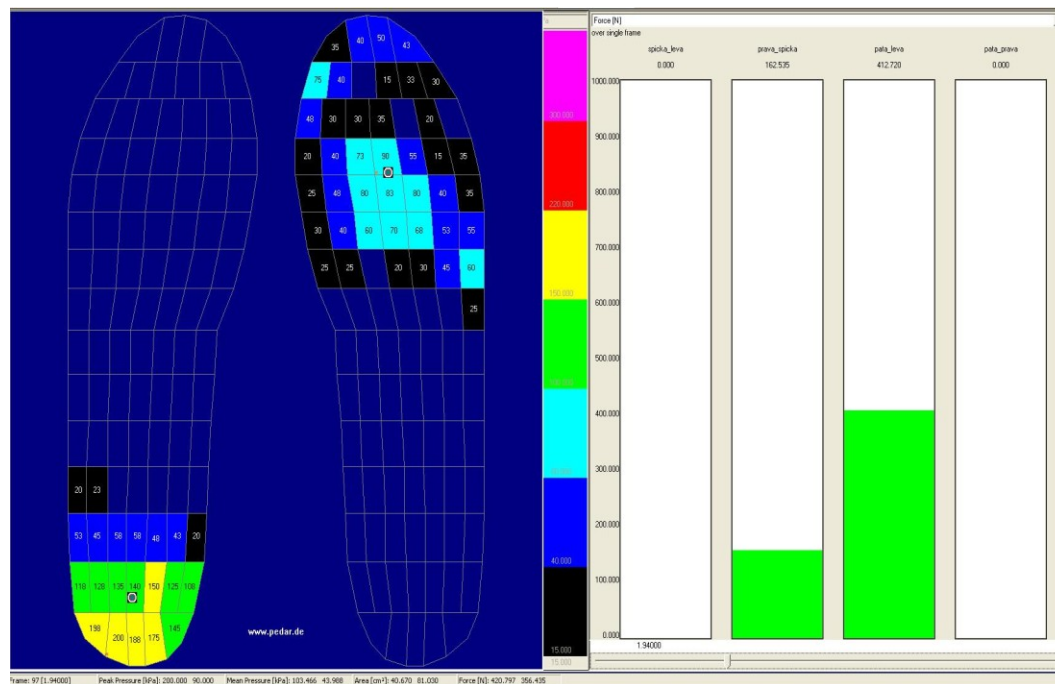


Open/define masks



- spicka_leva
- prava_spicka
- pata_leva
- pata_prava





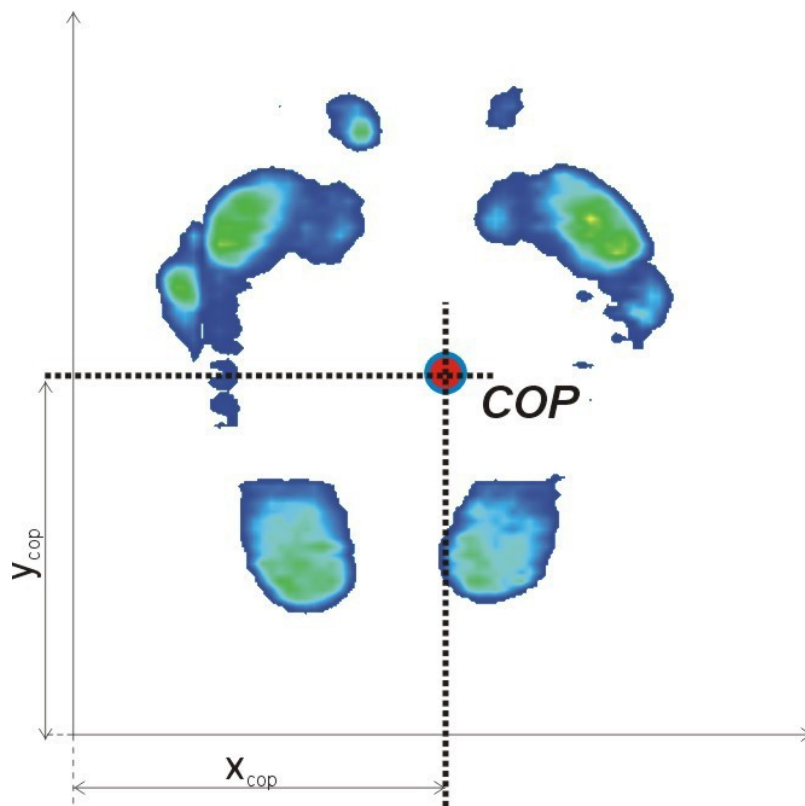
Obr. 18: Graf závislosti maximálních hodnot tlaku na čase – levá noha

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

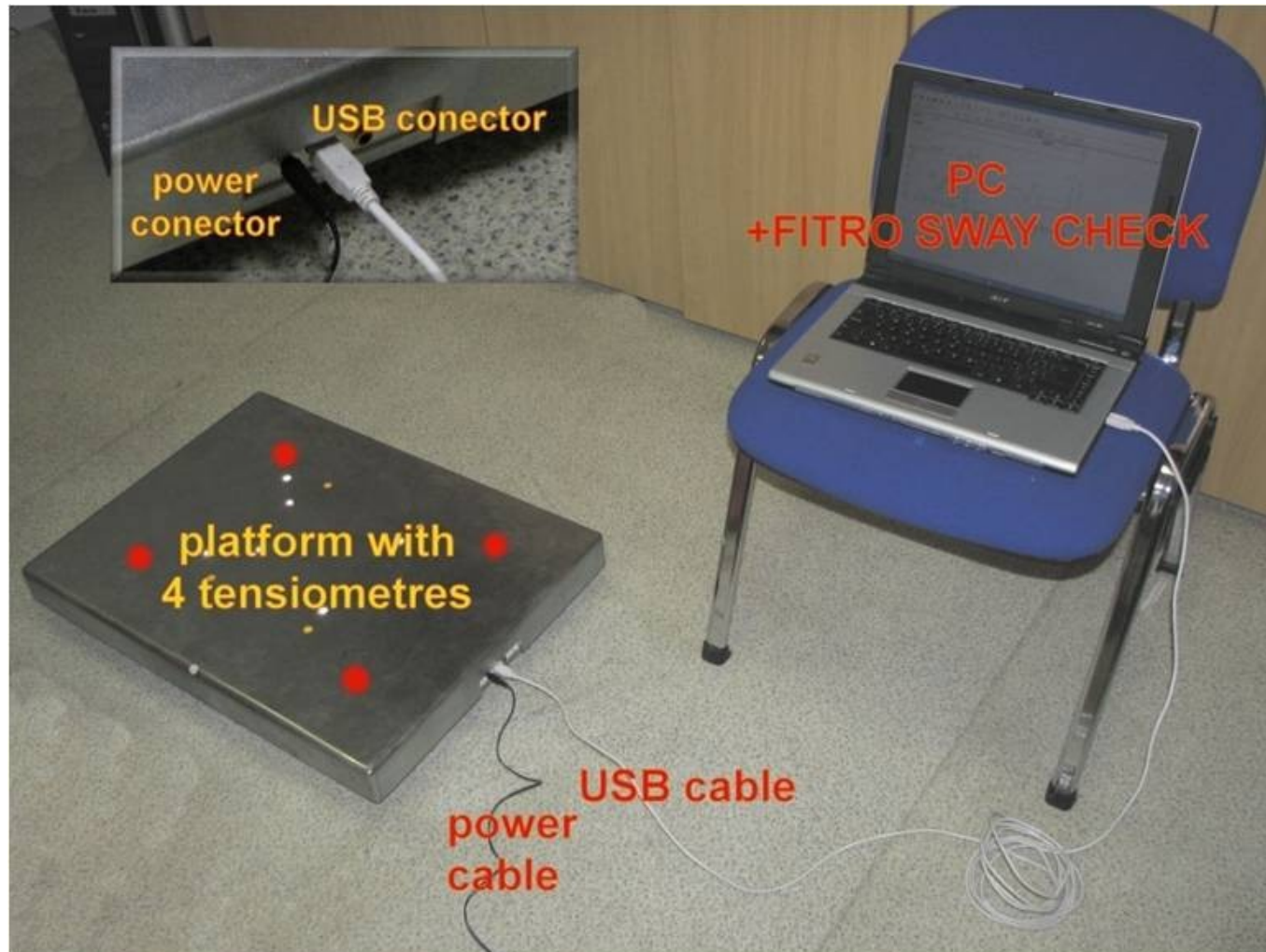


Stabilometrie

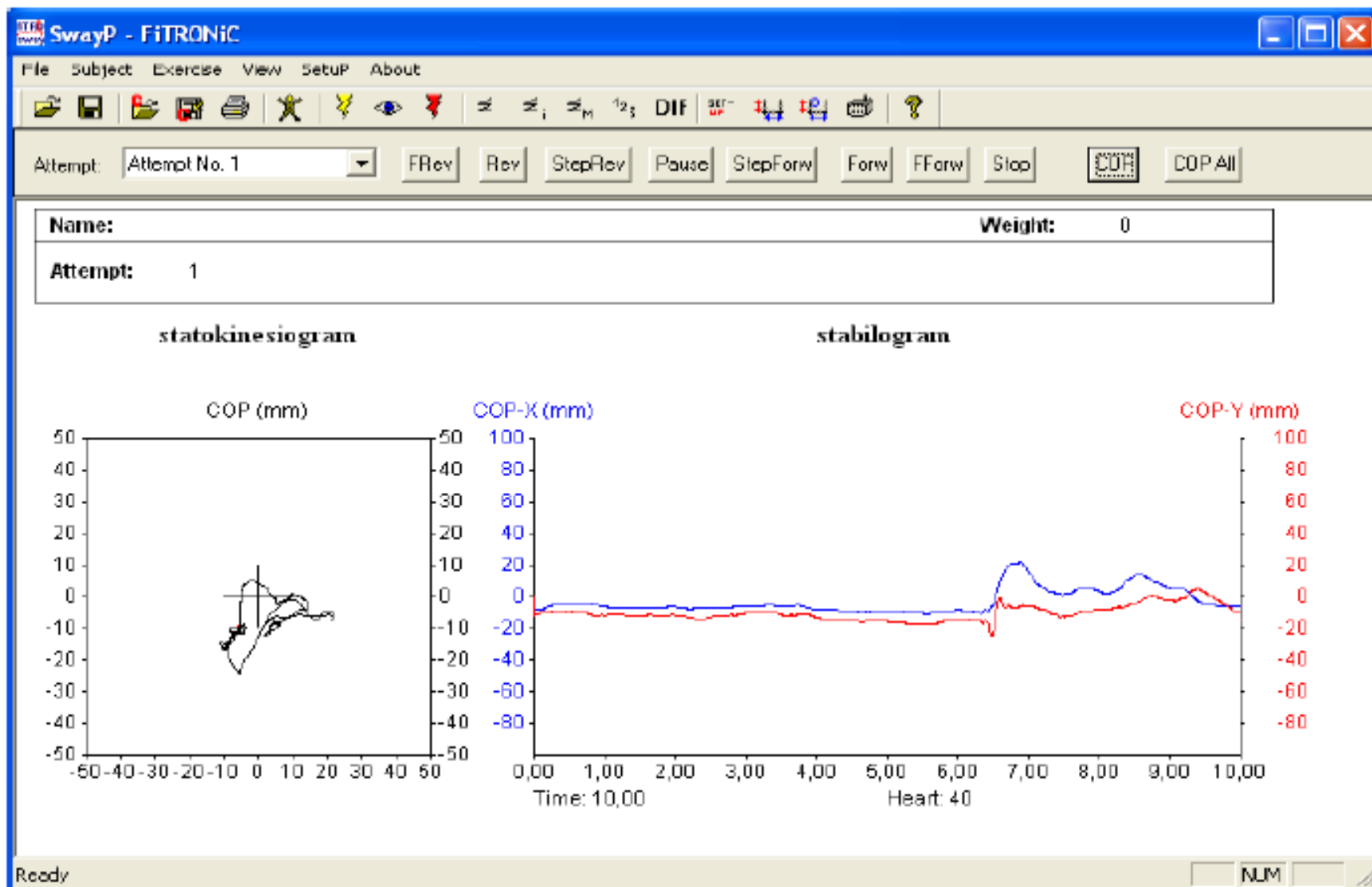
- COP – centre of pressure = centrum tlaku = působišťe výsledné kontaktní síly



Kistler



Kistler



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

Kistler

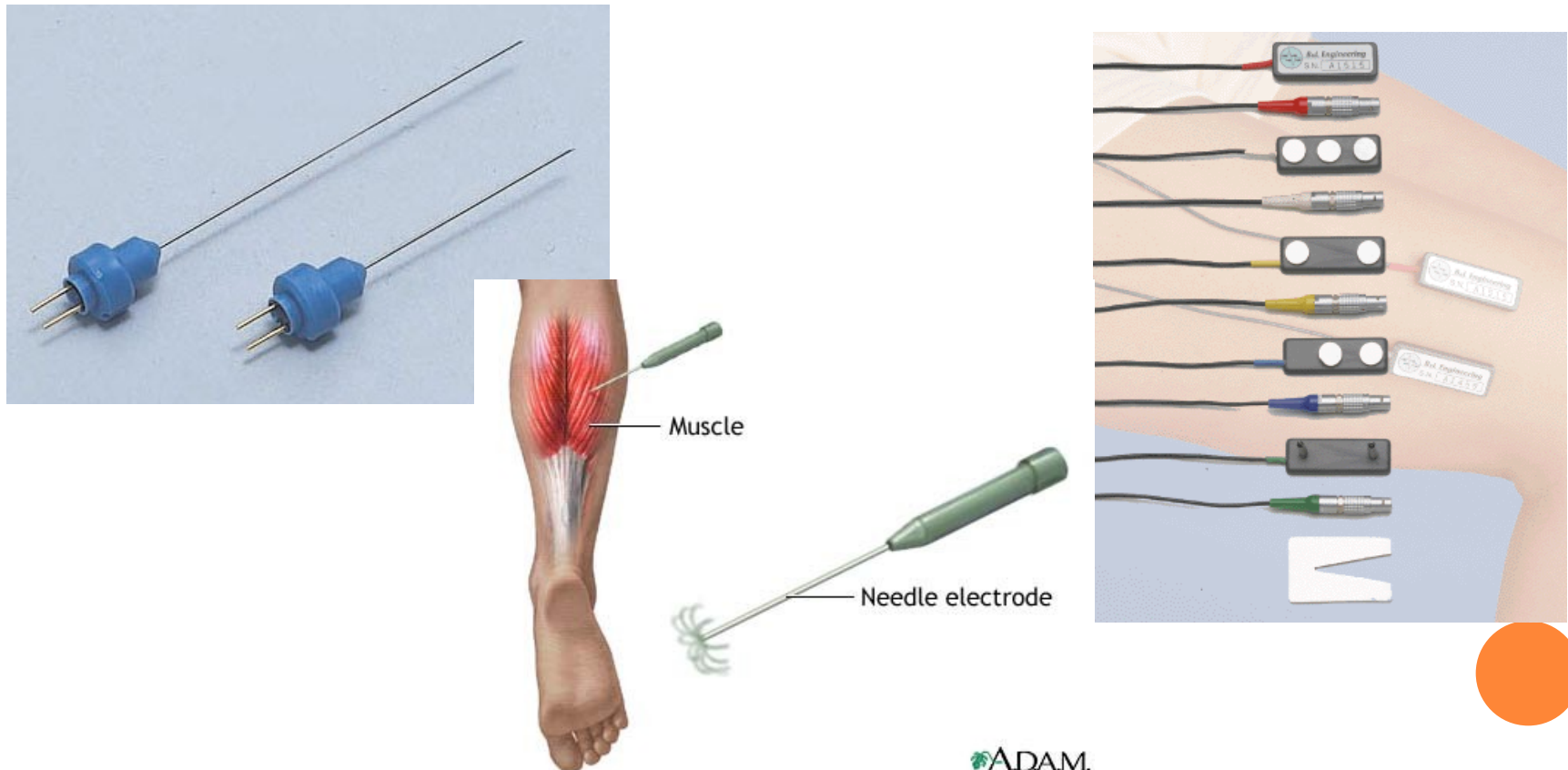
Tab. č. 1: *Příklad záznamu stabilometrického měření – digital 2*

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



EMG - elektromyografie

- Akční potenciál vzniká, přestoupí-li depolarizační proud (vzruch) potenciál na úrovni prahu a vyvolá otevření kanálů 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.

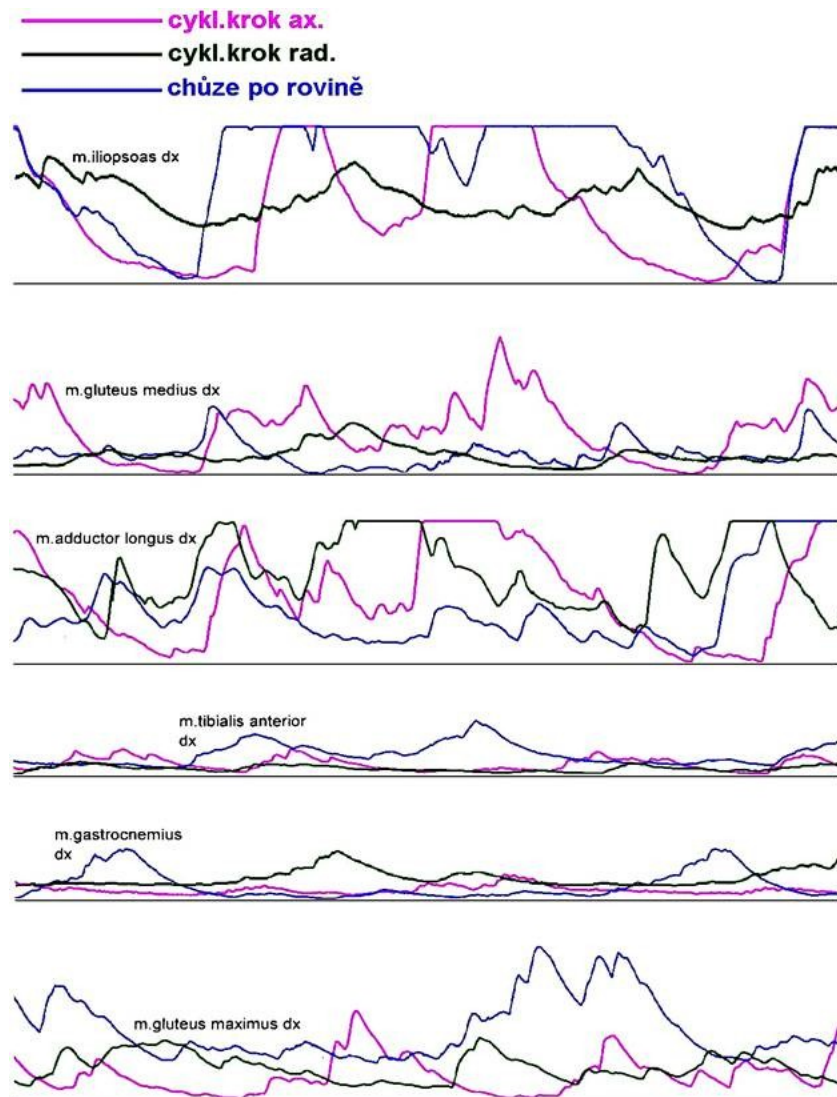


- Při zvětšování síly kontrakce se zvyšuje frekvence stahů jednotlivých MJ – časové odstupňování
- CNS může řídit stupeň kontrakce svalu (skupiny svalů) při pohybu také pomocí počtu vzrušených MJ - prostorové odstupňování
- Roste-li síla kontrakce do určité hranice se zvyšuje frekvence výbojů pracujících 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



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

Use of surface EMG in Sport Performance

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

