



České vysoké učení technické
v Praze
Fakulta biomedicínského inženýrství



Úloha KA03/č. 2:

Měření pohybu pomocí kamery

Metodický pokyn pro vyučující se vzorovým protokolem

Ing. Patrik Kutílek, Ph.D., Ing. Adam Žižka
(kutilek@fbmi.cvut.cz, zizka@fbmi.cvut.cz)

Poděkování:

Tato experimentální úloha vznikla za podpory Evropského sociálního fondu v rámci realizace projektu „Modernizace výukových postupů a zvýšení praktických dovedností a návyků studentů oboru Biomedicínský technik“, CZ.1.07/2.2.00/15.0415.

Období realizace projektu 11. 10. 2010 – 28. 2. 2013.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Měření pohybu pomocí kamery

Zadání úlohy

- 1) Určete maximální flexi/extenzi částí horní končetiny (lokte a ramene) popř. dolní končetiny pomocí kamerového systému
- 2) Určete úhlové rychlosti a zrychlení vybraného segmentu těla, a popř. těla jako celku, kamerovým systémem.

Změřte úhel (jeho změnu), úhlovou rychlost a úhlové zrychlení v kloubu, tj. mezi segmenty spojenými vyšetřovaným kloubem, (např. v koleni) při pohybu.

K záznamu a změření pohybu kloubu použijte program CMA Coach 6 a připojenou videokameru.

Naměřená data zpracujte v programu MS Excel.

Porovnejte změnu úhlu, úhlové rychlosti a úhlového zrychlení.

Měření a výsledky uveďte do protokolu.

Pomůcky

PC s nainstalovanými programy CMA Coach 6 a MS Excel

Videokamera JVC GS-TD1BE, případně webkamera s rychlostí snímkování 25 snímků/sec.

Referenční měřítko

Proband

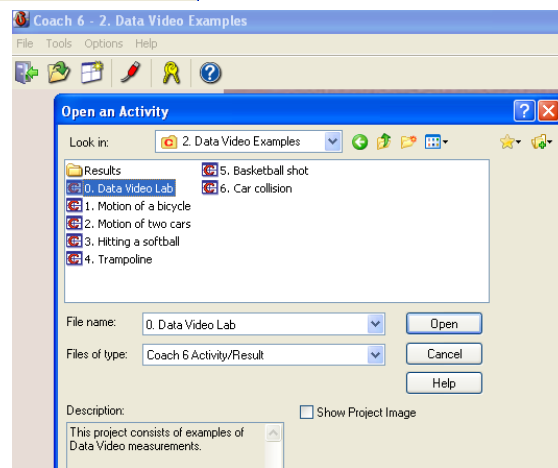
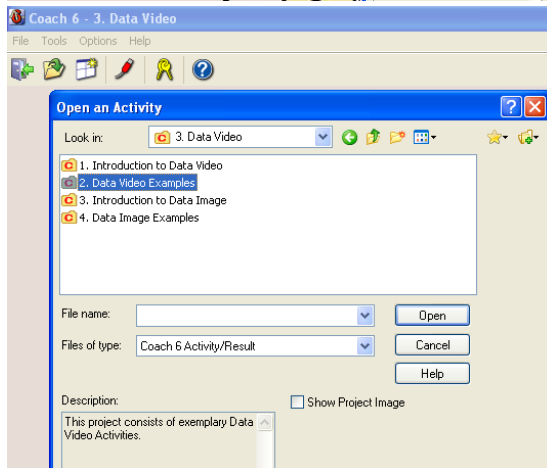
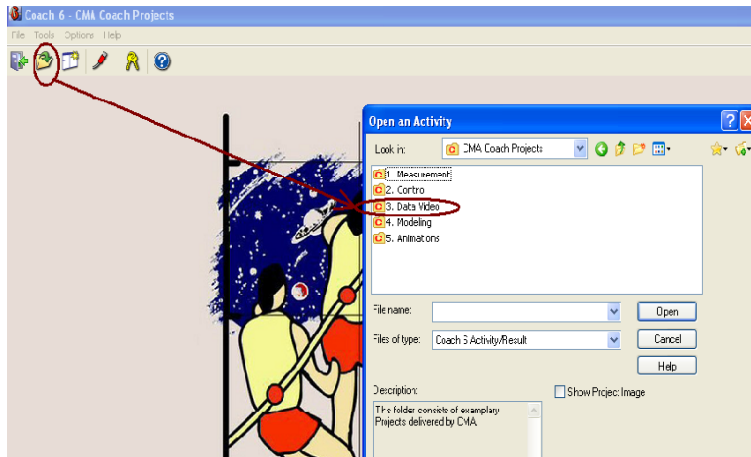
Reflexní značky

Postup vypracování úlohy

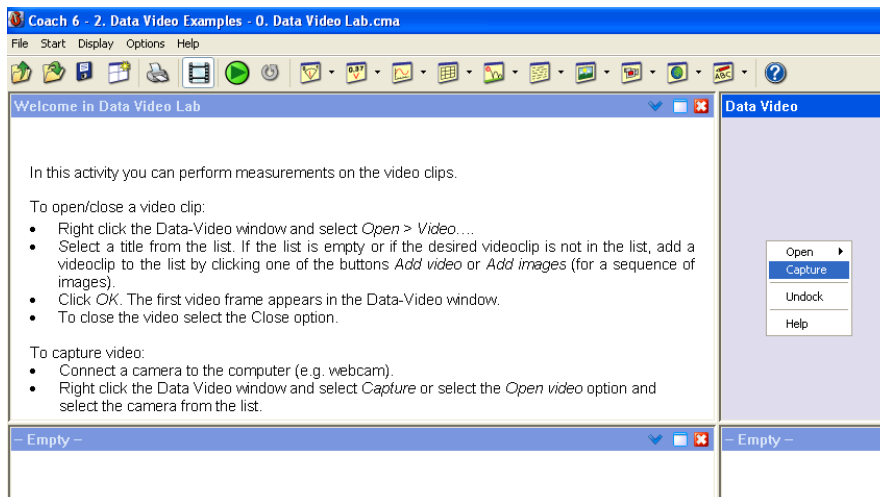
Studenti umístí viditelně značky na probanda (též studenta). Umístění značek je provedeno v „nulovém postavení“ [A, s.14] a značky jsou umístěny na konce (klouby) segmentů, jejichž úhel se vyšetřuje.

Pohyb je zaznamenáván videokamerou JVC GS-TD1BE, či alternativně webkamerou (snímá 25 snímků za sekundu), v sagitální rovině probanda a všechny značky se musí vejít do záběru.

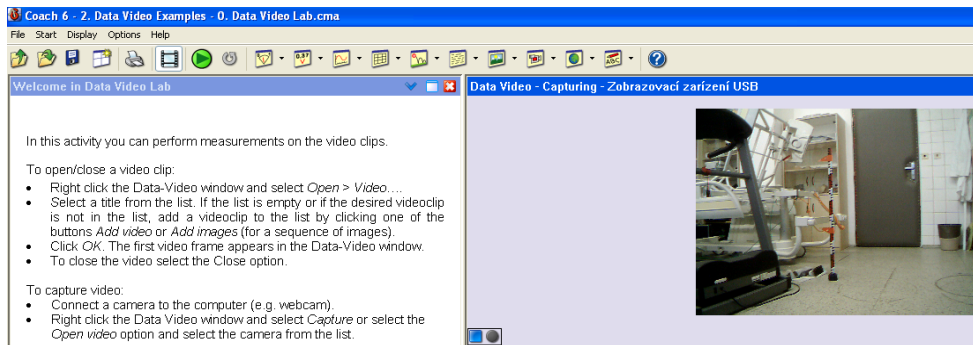
Posloupnost spuštění programu CMA Coach 6 pro záznam a vyhodnocení pohybu web-kamerou (úhel kolene při chůzi) je na následujících obrázcích:



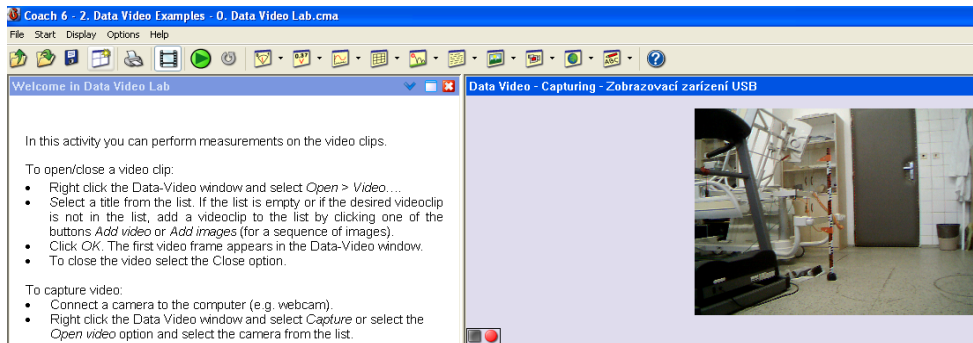
Spuštění nahrávání videa (nabídka vyvolána pravým tlačítkem myši).



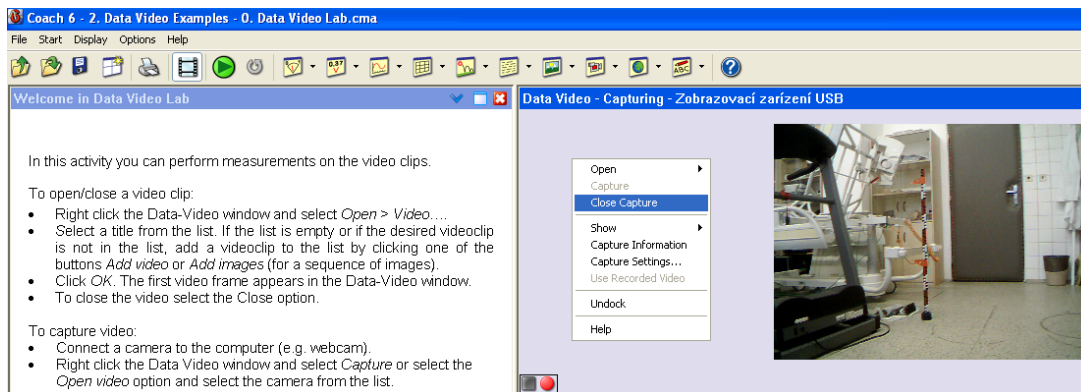
Nahrávání videa.



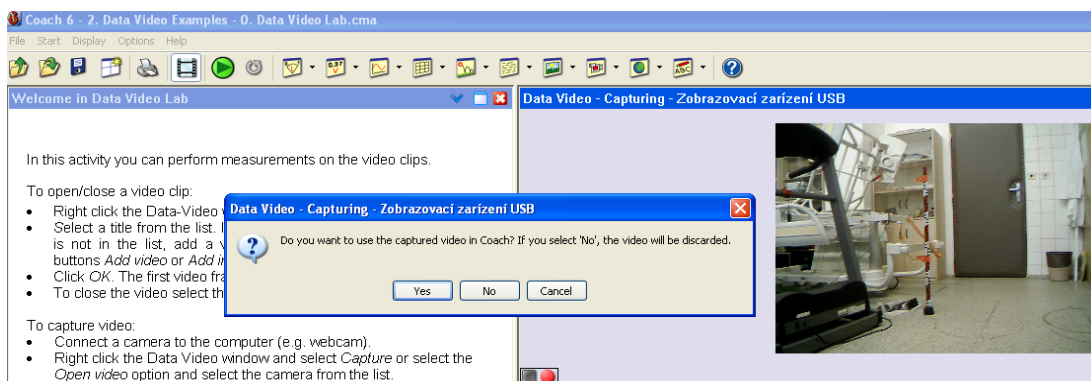
Ukončení nahrávání videa.



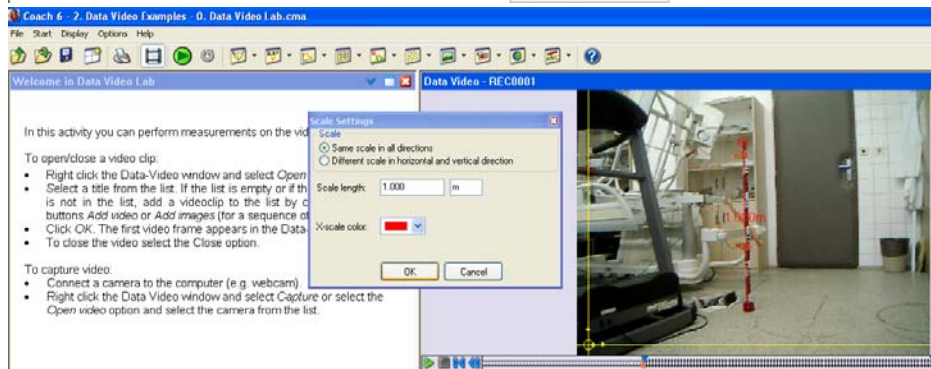
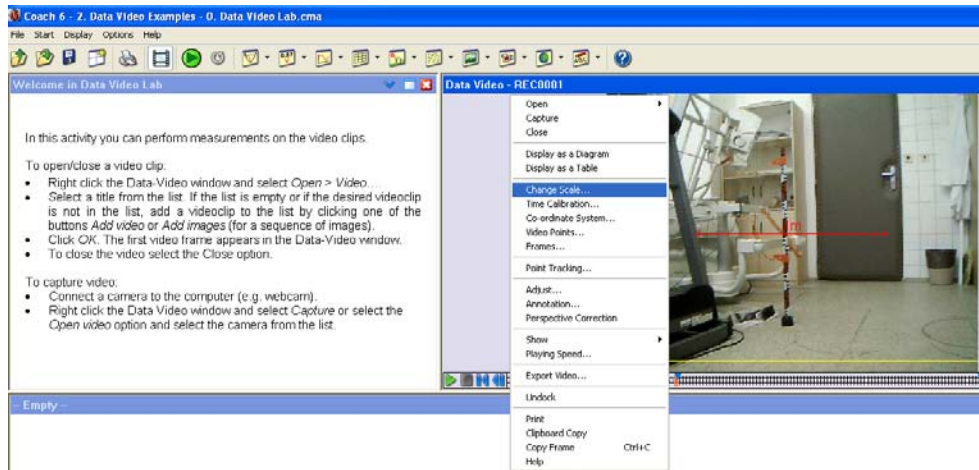
Ukončení snímání videa (nabídka vyvolána pravým tlačítkem myši).



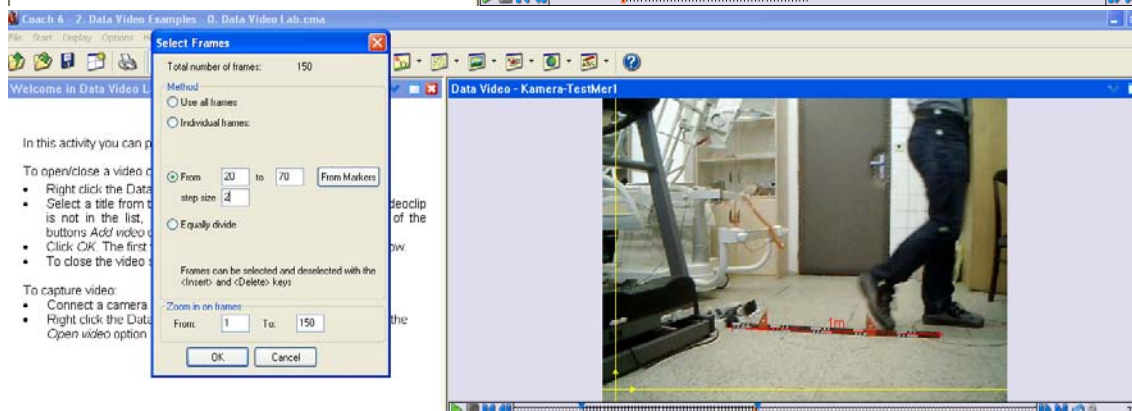
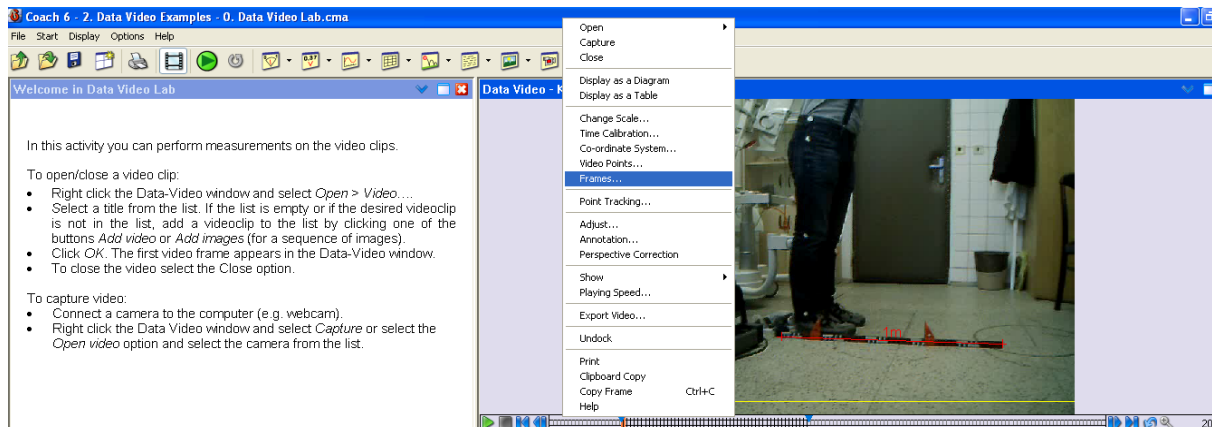
Otevření nahraného videa pro zpracování v programu (CMA Coach 6).



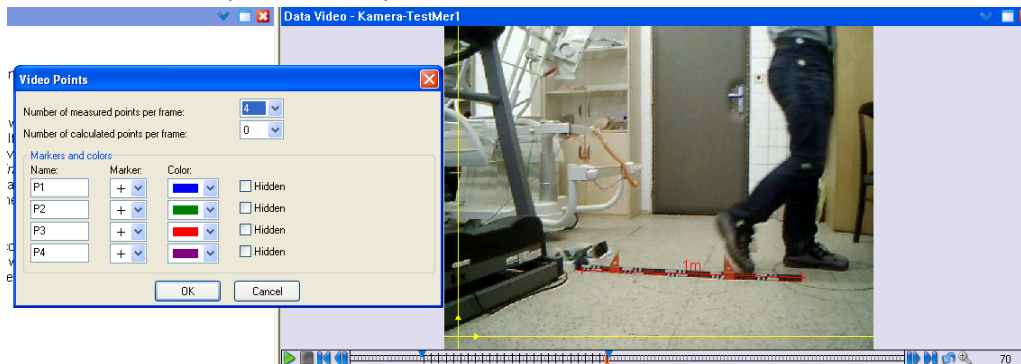
Nastavení měřítka pro vyhodnocení v nahraném videu (nabídka vyvolána pravým tlačítkem myši).



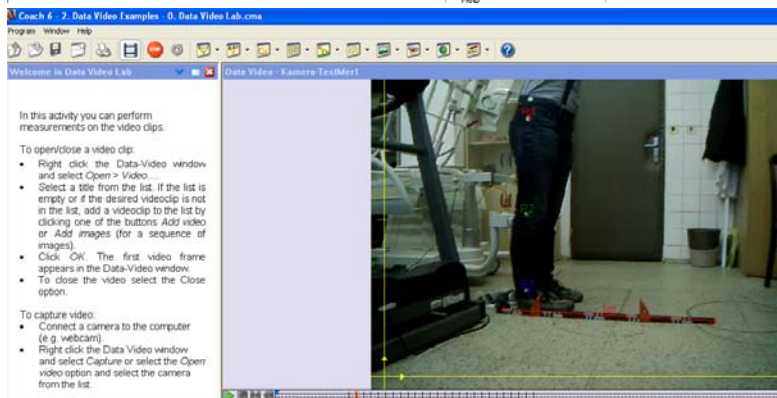
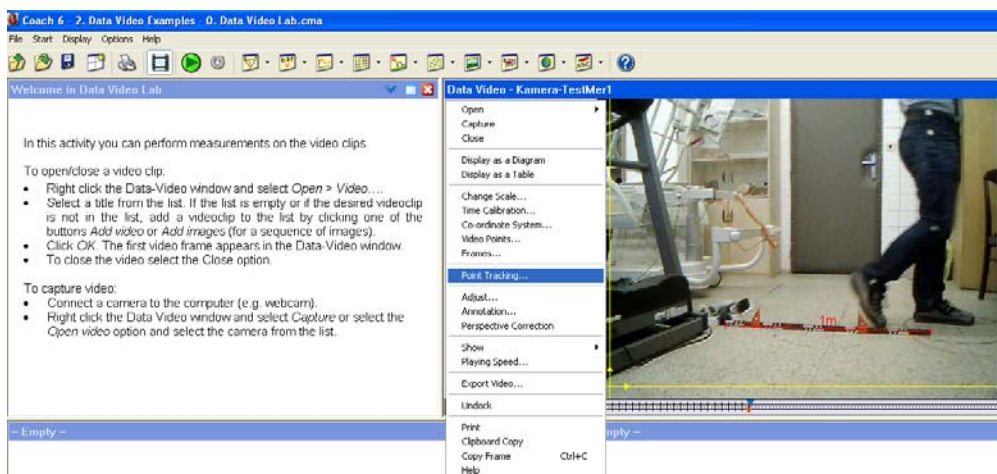
Posloupnost nastavení vyhodnocovaných snímků z nahraného videa (nabídka vyvolána pravým tlačítkem myši) - jejich počet by se měl pohybovat kolem 30 (z časových důvodů, aby studenti v rámci cvičení stihli záznam vyhodnotit).



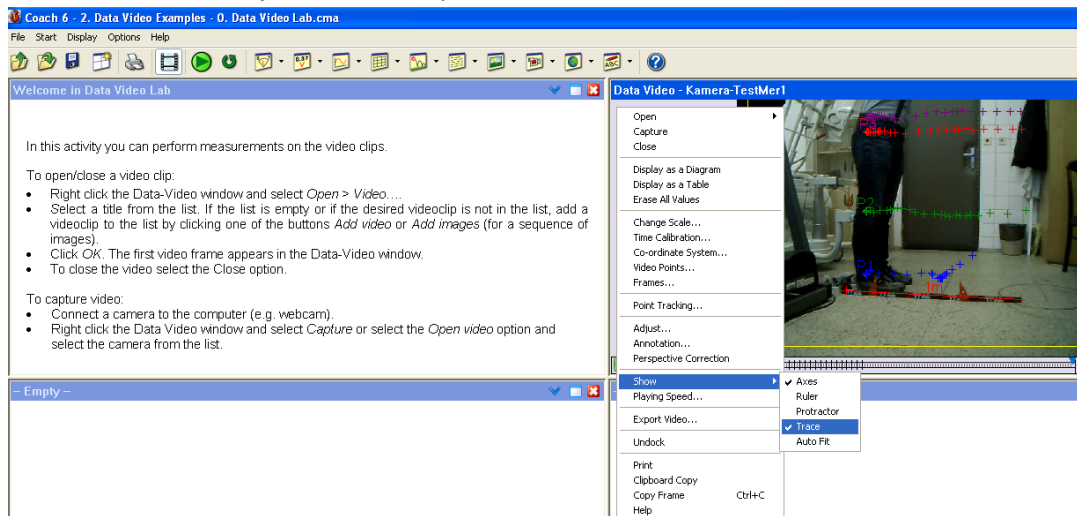
Nastavení počtu měřených bodů v nahraném videu.



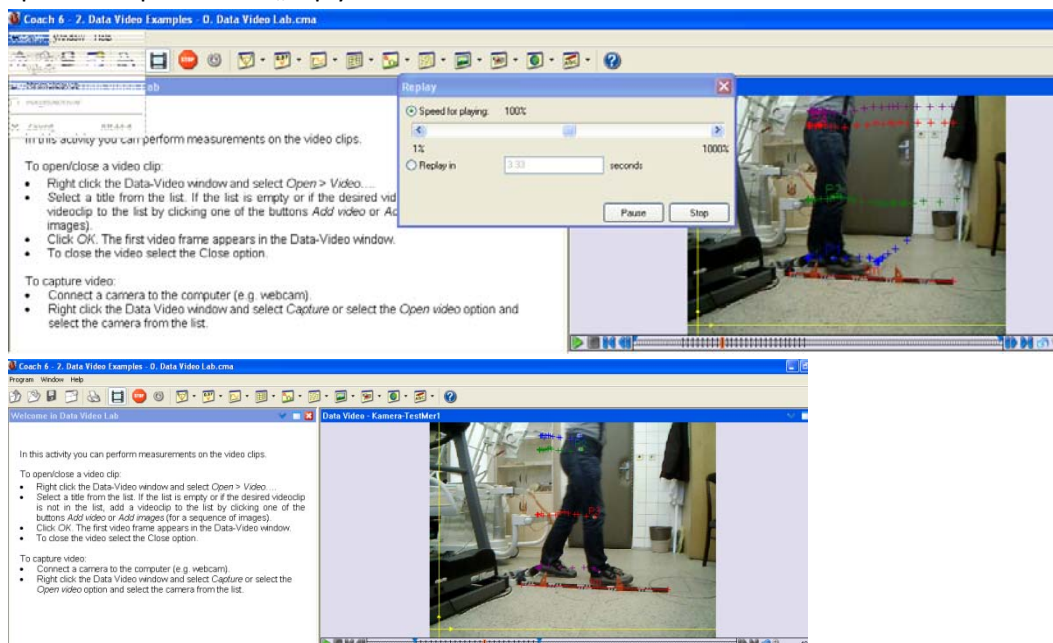
Umístění měřených bodů v jednotlivých snímcích nahraného videa - pokud se z nastavení v prvním snímku nenamapují i do snímků ostatních je nezbytné umístit ručně značky do všech vyhodnocovaných snímků videa (ve stále stejném pořadí!).



Zobrazení trajektorie měřených bodů v nahraném videu.



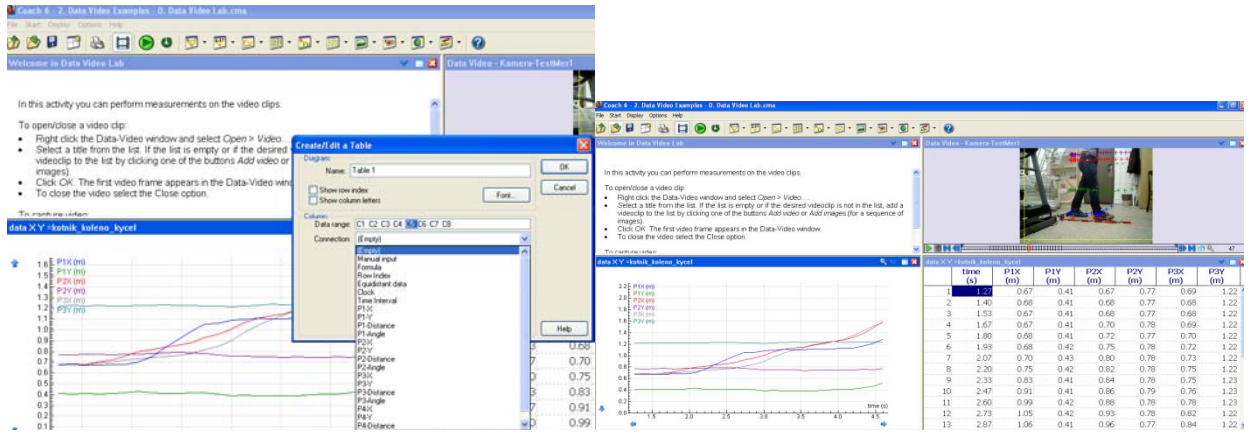
Posloupnost úkolů spuštění nahraného videa se zobrazenou trajektorií měřených bodů - spouštěno přes funkci „reply“.



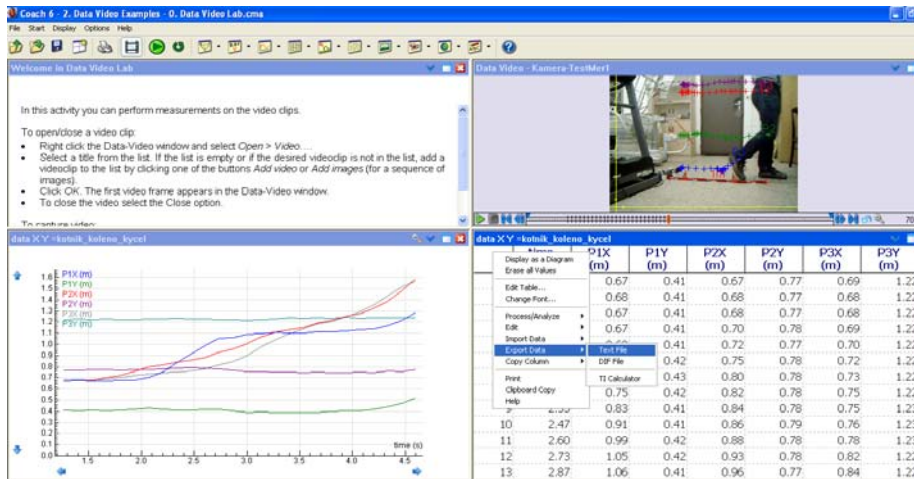
Zobrazení tabulky a grafů (nutno napřed kliknout do pole, kde bude daná tabulka (či grafy) zobrazena).



Zobrazení grafů posic naměřených hodnot bodů



Zobrazení tabulky posic naměřených hodnot bodů



Export dat do textového souboru

```

0. Data Video Lab - Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení nápověda
"t" "p1x" "p1y" "p2x" "p2y" "p3x" "p3y"
"s" "m" "m" "m" "m" "m" "m"
1, 2.666666666666667 0, 67197895905767983 0, 41235072487630353 0, 67197895905767983 0, 769721353102433
1, 4 0, 68114230849937546 0, 40624182524850644 0, 67808785868547692 0, 76666690328853471 0, 6841967
1, 533333333333333 0, 67197895905767983 0, 40929627506240499 0, 67808785868547692 0, 772775802916331
1, 666666666666667 0, 67197895905767983 0, 40624182524850644 0, 69946900738276673 0, 775830252730230
1, 8 0, 68114230849937546 0, 40929627506240499 0, 717795706266158 0, 76666690328853471 0, 6994690
1, 933333333333333 0, 68114230849937546 0, 41845962450410062 0, 75444910403294054 0, 775830252730230
2, 066666666666667 0, 69946900738276673 0, 430677437596948 0, 79721140142752016 0, 775830252730230
2, 2 0, 75139465421904199 0, 41845962450410062 0, 81533810031091143 0, 78193815235802744 0, 7452837
2, 333333333333333 0, 8338647991943027 0, 41235072487630353 0, 83691924900820124 0, 784993602171925
2, 466666666666667 0, 91328049435566486 0, 40929627506240499 0, 85524594789159251 0, 791102501799723
2, 6 0, 98964173970312848 0, 41540517469020208 0, 87965154640278087 0, 78499360217192598 0, 7788647
2, 733333333333333 1, 05378518379499791 0, 41540517469020208 0, 92549829361125904 0, 778864702544128
2, 866666666666667 1, 05683963560889646 0, 40624182524850644 0, 95604279175024448 0, 766666903288534
3, 1 0, 08738413374788191 0, 38791512636511517 1, 0049139887726212 0, 75750355384683908 0, 9010626
3, 133333333333333 1, 09654748318957754 0, 39096957617901372 1, 06600298505059209 0, 757503553846839
3, 266666666666667 1, 10876528244317172 0, 3848606765121663 1, 10876528244317172 0, 751394654219041
3, 4 1, 09960193300347608 0, 3848606765121663 1, 13014643114246153 0, 75139465421904199 1, 0934930
3, 533333333333333 1, 10265638281737463 0, 3848606765121663 1, 15152757983975134 0, 742231304777346
3, 666666666666667 1, 11487418207296881 0, 38791512636511517 1, 19123542742043242 0, 748340204405143
3, 8 1, 11181973225907026 0, 3907847580681081 1, 21567102593162078 0, 7452857545912449 1, 2034532
3, 933333333333333 1, 1209830817007659 0, 40624182524850644 1, 24926997388450477 0, 745285754591244
4, 066666666666667 1, 13320088095626008 0, 40624182524850644 1, 27370557239569313 0, 748340204405143
4, 2 1, 1362533077025862 0, 41540517469020208 1, 319523196041713 0, 7452857545912449 1, 3500668
4, 333333333333333 1, 16679682890924407 0, 43984077320139043 1, 38672021550993928 0, 760558003660737
4, 466666666666667 1, 21567102593162078 0, 4673308215247734 1, 48446260954969271 0, 757503553846839
4, 6 1, 28592337165128731 0, 5192564683627526 1, 59136835304114178 0, 7727758029163318 1, 5669327
    
```

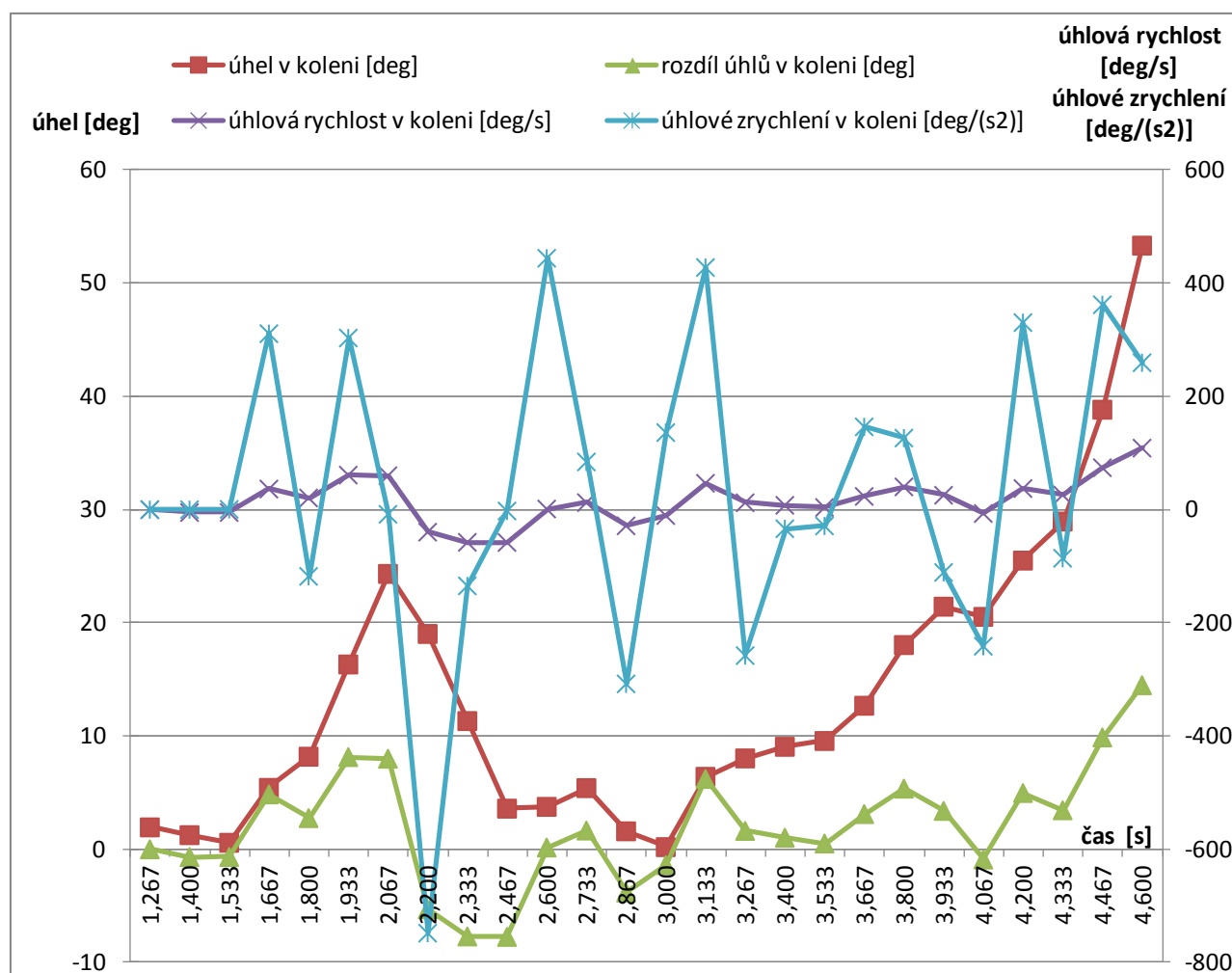

Import dat do programu „MS Excel“ – postačuje „přetažení“ (sloupce oddělení „tabelátorem“).

	A	B	C	D	E	F	G
1	time	P1X	P1Y	P2X	P2Y	P3X	P3Y
2	s	m	m	m	m	m	m
3	1,266667	0,671979	0,412351	0,671979	0,769721	0,687251	1,22178
4	1,4	0,681142	0,406242	0,678088	0,766667	0,684197	1,224834
5	1,533333	0,671979	0,409296	0,678088	0,772776	0,681142	1,22178
6	1,666667	0,671979	0,406242	0,699469	0,77583	0,690306	1,224834
7	1,8	0,681142	0,409296	0,717796	0,766667	0,699469	1,218725
8	1,933333	0,681142	0,41846	0,754449	0,77583	0,717796	1,218725
9	2,066667	0,699469	0,430677	0,797211	0,77583	0,730014	1,224834
10	2,2	0,751395	0,41846	0,815538	0,781939	0,745286	1,224834
11	2,333333	0,833865	0,412351	0,836919	0,784994	0,751395	1,230943
12	2,466667	0,91328	0,409296	0,855246	0,791103	0,760558	1,227889
13	2,6	0,989642	0,415405	0,879682	0,784994	0,778885	1,227889
14	2,733333	1,053785	0,415405	0,925498	0,778885	0,815538	1,218725
15	2,866667	1,05684	0,406242	0,956043	0,766667	0,843028	1,218725
16	3	1,087384	0,387915	1,004914	0,757504	0,901063	1,215671
17	3,133333	1,096547	0,39097	1,066003	0,757504	0,974369	1,22178
18	3,266667	1,108765	0,384861	1,108765	0,751395	1,041567	1,227889
19	3,4	1,099602	0,384861	1,130146	0,751395	1,093493	1,240107
20	3,533333	1,102656	0,384861	1,151528	0,742231	1,136255	1,233998
21	3,666667	1,114874	0,387915	1,191235	0,74834	1,185127	1,237052
22	3,8	1,11182	0,397078	1,215671	0,745286	1,203453	1,233998
23	3,933333	1,120983	0,406242	1,24927	0,745286	1,243161	1,243161
24	4,066667	1,133201	0,406242	1,273706	0,74834	1,288978	1,233998

Výpočet úhlu v koleni dle [1] kap. 2.2 vzorec č. 16 (úhel ve stupních dělený dekadicky), úhlové rychlosti dle [1] kap. 2.2 vzorec č. 18 a úhlového zrychlení dle [1] kap. 2.2 vzorec č. 19.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	time	P1X	P1Y	P2X	P2Y	P3X	P3Y	Vx	Vy	Ux	Uy	úhel v kol	rozdíl úh	úhlová r	úhlové zr		
2	s	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	deg	deg	deg/s	deg/(s2)		
3	1,267	0,67198	0,41235	0,67198	0,76972	0,68725	1,22178	0	0,35737	0,01527	0,45206	1,9349	-----	-----	-----		
4	1,400	0,68114	0,40624	0,67809	0,76667	0,6842	1,22483	-0,00305	0,36043	0,00611	0,45817	1,2494	-0,6855	-5,1412	-----		
5	1,533	0,67198	0,4093	0,67809	0,77278	0,68114	1,22178	0,00611	0,36348	0,00305	0,449	0,5731	-0,6763	-5,0726	0,5145		
6	1,667	0,67198	0,40624	0,69947	0,77583	0,69031	1,22483	0,02749	0,36959	-0,00916	0,449	5,4230	4,8499	36,3741	310,8496		
7	1,800	0,68114	0,4093	0,7178	0,76667	0,69947	1,21873	0,03665	0,35737	-0,01833	0,45206	8,1775	2,7546	20,6593	-117,8609		
8	1,933	0,68114	0,41846	0,75445	0,77583	0,7178	1,21873	0,07331	0,35737	-0,03665	0,4429	16,3231	8,1456	61,0918	303,2438		
9	2,067	0,69947	0,43068	0,79721	0,77583	0,73001	1,22483	0,09774	0,34515	-0,0672	0,449	24,3231	8,0000	59,9997	-8,1904		
10	2,200	0,75139	0,41846	0,81554	0,78194	0,74529	1,22483	0,06414	0,36348	-0,07025	0,4429	19,0212	-5,3019	-39,7642	-748,2293		
11	2,333	0,83386	0,41235	0,83692	0,78499	0,75139	1,23094	0,00305	0,37264	-0,08552	0,44595	11,3260	-7,6951	-57,7136	-134,6204		
12	2,467	0,91328	0,4093	0,85525	0,7911	0,76056	1,22789	-0,05803	0,38181	-0,09469	0,43679	3,5887	-7,7373	-58,0301	-2,3737		
13	2,600	0,98964	0,41541	0,87968	0,78499	0,77888	1,22789	-0,10996	0,36959	-0,1008	0,4429	3,7475	0,1588	1,1909	444,1573		
14	2,733	1,05379	0,41541	0,9255	0,77888	0,81554	1,21873	-0,12829	0,36348	-0,10996	0,43984	5,4038	1,6563	12,4223	84,2354		
15	2,867	1,05684	0,40624	0,95604	0,76667	0,84303	1,21873	-0,1008	0,36043	-0,11301	0,45206	1,5880	-3,8158	-28,6185	-307,8060		
16	3,000	1,08738	0,38792	1,00491	0,7575	0,90106	1,21567	-0,08247	0,36959	-0,10385	0,45817	0,1923	-1,3957	-10,4676	136,1316		
17	3,133	1,09655	0,39097	1,066	0,7575	0,97437	1,22178	-0,03054	0,36653	-0,09163	0,46428	6,4012	6,2089	46,5670	427,7596		
18	3,267	1,10877	0,38486	1,10877	0,75139	1,04157	1,22789	0	0,36653	-0,0672	0,47649	8,0272	1,6260	12,1950	-257,7899		
19	3,400	1,0996	0,38486	1,13015	0,75139	1,09349	1,24011	0,03054	0,36653	-0,03665	0,48871	9,0528	1,0256	7,6917	-33,7748		
20	3,533	1,10266	0,38486	1,15153	0,74223	1,13626	1,234	0,04887	0,35737	-0,01527	0,49177	9,5658	0,5130	3,8477	-28,8301		
21	3,667	1,11487	0,38792	1,19124	0,74834	1,18513	1,23705	0,07636	0,36043	-0,00611	0,48871	12,6782	3,1124	23,3429	146,2146		
22	3,800	1,11182	0,39708	1,21567	0,74529	1,20345	1,234	0,10385	0,34821	-0,01222	0,48871	18,0391	5,3609	40,2065	126,4766		
23	3,933	1,12098	0,40624	1,24927	0,74529	1,24316	1,24316	0,12829	0,33904	-0,00611	0,49788	21,4285	3,3895	25,4210	-110,8914		
24	4,067	1,1332	0,40624	1,27371	0,74834	1,28898	1,234	0,1405	0,3421	0,01527	0,48566	20,5275	-0,9010	-6,7578	-241,3410		
25	4,200	1,13626	0,41541	1,31952	0,74529	1,35007	1,23705	0,18327	0,32988	0,03054	0,49177	25,5004	4,9729	37,2970	330,4110		
26	4,333	1,1668	0,43984	1,38672	0,76056	1,43254	1,23705	0,21992	0,32072	0,04582	0,47649	28,9467	3,4462	25,8468	-85,8764		
27	4,467	1,21567	0,46733	1,48446	0,7575	1,51806	1,24011	0,26879	0,29017	0,0336	0,4826	38,8269	9,8802	74,1018	361,9126		
28	4,600	1,28592	0,51926	1,59137	0,77278	1,56693	1,23705	0,30544	0,25352	-0,02444	0,46428	53,3201	14,4932	108,6991	259,4794		

Graf změny úhlu, úhlové rychlosti a úhlového zrychlení ve vyšetřovaném kloubu.



Použitá lit.

[1] = Kutílek, P., Žižka, A.: Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. ČVUT v Praze, 2012[]

[2] = Farkašová, B.: Predikce pohybu dolní končetiny pomocí metod umělé inteligence. Bakalářská práce. ČVUT v Praze FBMI, Kladno, 2010

[3] = Vančová, J.: Modelování a měření pohybu kolenního kloubu. Bakalářská práce. ČVUT v Praze FBMI, Kladno, 2010

[4] = Talácková, L.: Možnosti využití akcelerometrů a kamery ve výuce a klinické praxi. Bakalářská práce. ČVUT v Praze FBMI, Kladno, 2010

BIOMECHANIKA

Měření pohybu pomocí kamery

Měření pohybu pomocí kamery

BIOMECHANIKA

Měření pohybu pomocí kamery

Zadání	<p>dání úlohy</p> <p>1) Určete maximální flexi/extenzi částí horní končetiny (lokte a ramene) popř. dolní končetiny pomocí kamerového systému</p> <p>2) Určete úhlové rychlosti a zrychlení vybraného segmentu těla, a popř. těla jako celku, kamerovým systémem.</p> <p>Změřte úhel (jeho změnu), úhlovou rychlost a úhlové zrychlení v kloubu, tj. mezi segmenty spojenými vyšetřovaným kloubem, (např. v koleni) při pohybu.</p> <p>K záznamu a změření pohybu kloubu použijte program CMA Coach 6 a připojenou videokameru.</p> <p>Naměřená data zpracujte v programu MS Excel.</p> <p>Porovnejte změnu úhlu, úhlové rychlosti a úhlového zrychlení.</p> <p>Měření a výsledky uveďte do protokolu.</p>
Pomůcky	<p>PC s nainstalovanými programy CMA Coach 6 a MS Excel</p> <p>Videokamera JVC GS-TD1BE, případně webkamera s rychlostí snímkování 25 snímků/sec.</p> <p>Referenční měřítko</p> <p>Proband</p> <p>Reflexní značky</p>
Postup měření	<p>Umístění značek na kyčel, koleno a kotník probanda a spuštění programu CMA Coach 6.</p> <p>Záznam videa webkamerou v programu CMA Coach 6 .</p> <p>Nastavení snímků pro vyhodnocení videosekvence a označení měřených bodů na vyhodnocovaných snímcích v programu CMA Coach 6.</p> <p>Vyhodnocení pohybu z videozáznamu v programu CMA Coach 6 - získání souřadnic měřených bodů a grafu pohybu měřených bodů.</p> <p>Převedení souřadnic měřených bodů z programu CMA Coach 6 do programu MS Excel</p> <p>Vyhodnocení dat v programu MS Excel - získání velikosti úhlu (resp. jeho změny) v kloubu (koleni), určení úhlové rychlosti a úhlového zrychlení ve vyšetřovaném kloubu.</p> <p>Vytvoření grafů velikosti úhlu, určení úhlové rychlosti a úhlového zrychlení.</p> <p>Vytvoření protokolu.</p>

BIOMECHANIKA

Měření pohybu pomocí kamery

time	P1X	P1Y	P2X	P2Y	P3X	P3Y
	s	m	m	m	m	m
1.266667	0.671979	0.412351	0.671979	0.769721	0.687251	1.22178
1.4	0.681142	0.406242	0.678088	0.766667	0.684197	1.224834
1.533333	0.671979	0.409296	0.678088	0.772776	0.681142	1.22178
1.666667	0.671979	0.406242	0.699469	0.77583	0.690306	1.224834
1.8	0.681142	0.409296	0.717796	0.766667	0.699469	1.218725
1.933333	0.681142	0.41846	0.754449	0.77583	0.717796	1.218725
2.066667	0.699469	0.430677	0.797211	0.77583	0.730014	1.224834
2.2	0.751395	0.41846	0.815538	0.781939	0.745286	1.224834
2.333333	0.833865	0.412351	0.836919	0.784994	0.751395	1.230943
2.466667	0.91328	0.409296	0.855246	0.791103	0.760558	1.227889
2.6	0.989642	0.415405	0.879682	0.784994	0.778885	1.227889
2.733333	1.053785	0.415405	0.925498	0.778885	0.815538	1.218725
2.866667	1.05684	0.406242	0.956043	0.766667	0.843028	1.218725
3	1.087384	0.387915	1.004914	0.757504	0.901063	1.215671
3.133333	1.096547	0.39097	1.066003	0.757504	0.974369	1.22178
3.266667	1.108765	0.384861	1.108765	0.751395	1.041567	1.227889
3.4	1.099602	0.384861	1.130146	0.751395	1.093493	1.240107
3.533333	1.102656	0.384861	1.151528	0.742231	1.136255	1.233998
3.666667	1.114874	0.387915	1.191235	0.74834	1.185127	1.237052
3.8	1.11182	0.397078	1.215671	0.745286	1.203453	1.233998
3.933333	1.120983	0.406242	1.24927	0.745286	1.243161	1.243161
4.066667	1.133201	0.406242	1.273706	0.74834	1.288978	1.233998
4.2	1.136255	0.415405	1.319522	0.745286	1.350067	1.237052
4.333333	1.1668	0.439841	1.38672	0.760558	1.432537	1.237052
4.466667	1.215671	0.467331	1.484463	0.757504	1.518062	1.240107
4.6	1.285923	0.519256	1.591368	0.772776	1.566933	1.237052

time	úhel v kolenní	rozdíl úhlů v kolenní	úhlová rychlost v kolenní	úhlové zrychlení v kolenní
s	deg	deg	deg/s	deg/(s ²)
1.266667	1.9349	"_""_"	"_""_"	"_""_"
1.4	1.2494	-0.6855	-5.1412	"_""_"
1.533333	0.5731	-0.6763	-5.0726	0.5145
1.666667	5.4230	4.8499	36.3741	310.8496
1.8	8.1775	2.7546	20.6593	-117.8609
1.933333	16.3231	8.1456	61.0918	303.2438
2.066667	24.3231	8.0000	59.9997	-8.1904
2.2	19.0212	-5.3019	-39.7642	-748.2293
2.333333	11.3260	-7.6951	-57.7136	-134.6204
2.466667	3.5887	-7.7373	-58.0301	-2.3737
2.6	3.7475	0.1588	1.1909	444.1573
2.733333	5.4038	1.6563	12.4223	84.2354
2.866667	1.5880	-3.8158	-28.6185	-307.8060
3	0.1923	-1.3957	-10.4676	136.1316
3.133333	6.4012	6.2089	46.5670	427.7596
3.266667	8.0272	1.6260	12.1950	-257.7899
3.4	9.0528	1.0256	7.6917	-33.7748

BIOMECHANIKA

Měření pohybu pomocí kamery

Výsledky

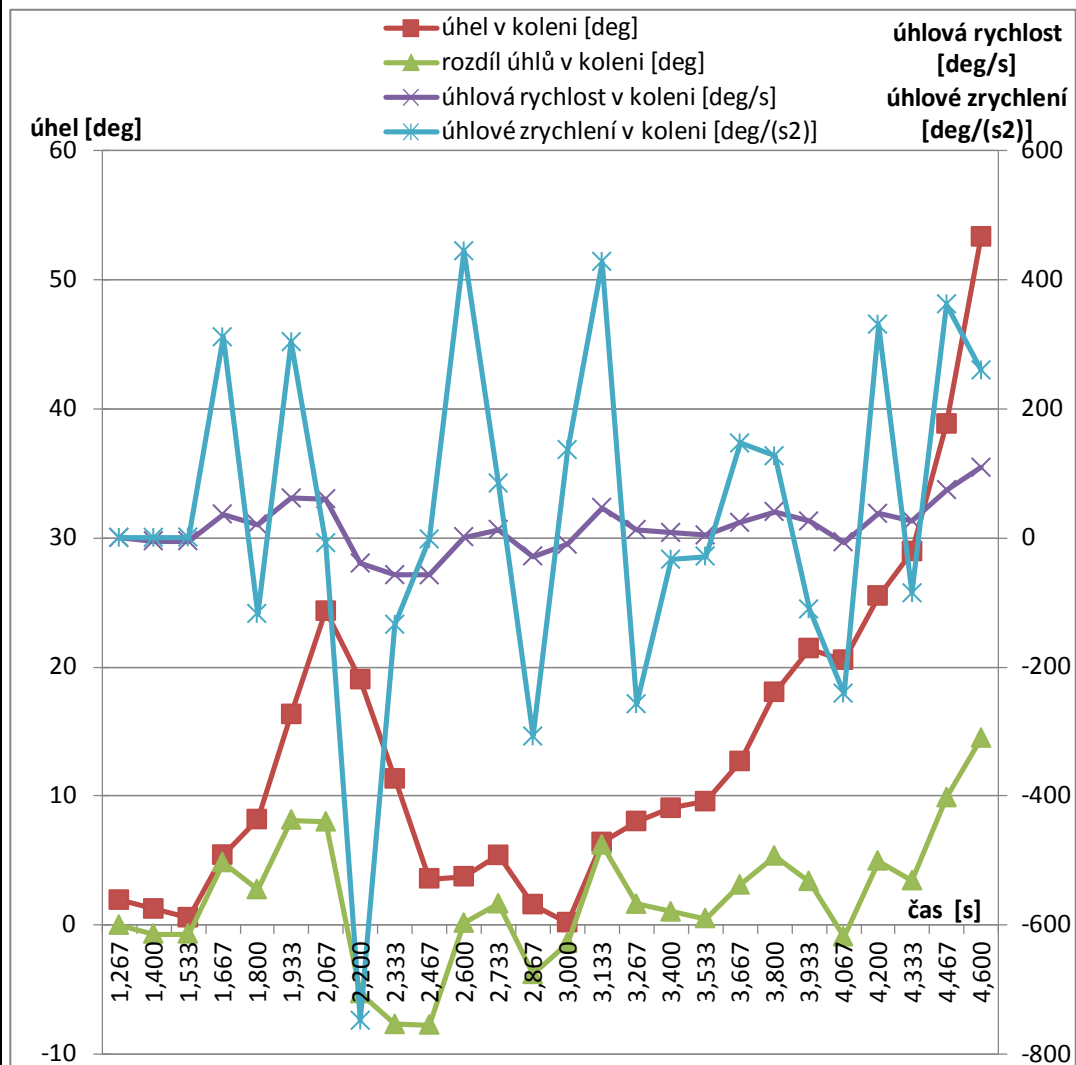
time	úhel v koleni	rozdíl úhlů v koleni	úhlová rychlost v koleni	úhlové zrychlení v koleni
3.533333	9.5658	0.5130	3.8477	-28.8301
3.666667	12.6782	3.1124	23.3429	146.2146
3.8	18.0391	5.3609	40.2065	126.4766
3.933333	21.4285	3.3895	25.4210	-110.8914
4.066667	20.5275	-0.9010	-6.7578	-241.3410
4.2	25.5004	4.9729	37.2970	330.4110
4.333333	28.9467	3.4462	25.8468	-85.8764
4.466667	38.8269	9.8802	74.1018	361.9126
4.6	53.3201	14.4932	108.6991	259.4794

Grafy

Hlavní osa (vlevo) = ve stupních (deg)

Vedlejší sa (vpravo) = ve stupních za sekundu (deg/s)

a ve stupních za sekundu na druhou (deg/s²)



BIOMECHANIKA

Měření pohybu pomocí kamery

Závěr

V úloze byly měřeny ohybové parametry (úhel, změna úhlu, úhlová rychlost a úhlové zrychlení) kolene probanda při chůzi.

Úhel v koleni odpovídá úhlu sevřenému mezi femurem a tibií v sagitální rovině. Odchylna skutečně měřeného úhlu od teoreticky měřeného úhlu (femur vs. tibia) je způsobena zejména nepřesností umístění reflexních značek.

Vyhodnocovaná oblast leží mezi 1,267 s a 4,6 s videozáznamu.

Minimální úhel v koleni $0,19^\circ$ byl naměřen v čase záznamu 3 s,
maximální úhel v koleni $53,32^\circ$ byl naměřen v čase záznamu 4,6 s,
nejnižší hodnota změny úhlu v koleni $-7,74^\circ$ byla naměřena v čase záznamu 2,467 s,
nejvyšší hodnota změny úhlu v koleni $14,49^\circ$ byla naměřena v čase záznamu 4,6 s,
nejnižší hodnota úhlové rychlosti v koleni $-58,03^\circ/\text{s}$ byla naměřena v čase záznamu 2,467 s,
nejvyšší hodnota úhlové rychlosti v koleni $53,32^\circ$ byla naměřena v čase záznamu 4,6 s,
nejnižší hodnota úhlového zrychlení v koleni $-748,23^\circ/\text{s}^2$ byla naměřena v čase záznamu 2,2 s
a nejvyšší hodnota úhlového zrychlení v koleni $444,16^\circ/\text{s}^2$ byla naměřena v čase záznamu 2,6 s.

Naměřené hodnoty jsou v mezích fyziologické chůze.

Použitá lit.

[1] = Kutílek, P., Žižka, A.: Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. ČVUT v Praze, 2012

[2] = Farkašová, B.: Predikce pohybu dolní končetiny pomocí metod umělé inteligence. Bakalářská práce. ČVUT v Praze FBMI, Kladno, 2010

[3] = Vančová, J.: Modelování a měření pohybu kolenního kloubu. Bakalářská práce. ČVUT v Praze FBMI, Kladno, 2010

[4] = Talácková, L.: Možnosti využití akcelerometrů a kamery ve výuce a klinické praxi. Bakalářská práce. ČVUT v Praze FBMI, Kladno, 2010