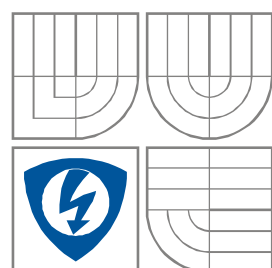


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

FOKUSACE OČÍ NA CHARAKTERISTICKÉ PRVKY VIZUÁLNÍHO VJEMU

FOCUSATION OF EYES ON CHARACTERISTIC COMPONENT OF
VISUAL PERCEPTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

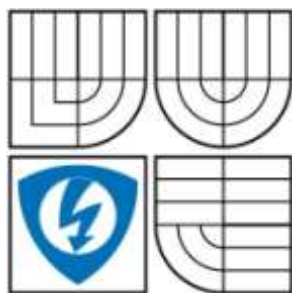
Bc. MARTIN FEJGL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OTO JANOUŠEK

BRNO, 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Biomedicínské a ekologické inženýrství

Student: Bc. Martin Fejgl
Ročník: 2

ID: 73053
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Fokusace očí na charakteristické prvky vizuálního vjemu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s fyziologií svalů užívaných pro pohyb oka. Nastudujte problematiku měření povrchového EMG signálu a měření elektrookulogramu. Navrhněte měřicí protokol, který by umožnil vyhodnocení míst, kam se pokusný jedinec dívá, v jakém pořadí se na tato místa dívá a jak dlouho se tam dívá. Realizujte několik vizuálních podnětů a proveďte měření podle navrženého měřicího protokolu. V programovém prostředí Matlab změřená data vyhodnoťte a statisticky je zpracujte. Navrhněte rovněž aplikaci, v které budou fúzovány naměřené výsledky s originálním vizuálním vjemem, takže bude možno naměřené výsledky snadno vizualizovat. V navržené aplikaci vizualizujte také dobu setrvání pohledu na jednotlivých attributech předkládaných vizuálních vjemů, případně další relevantní informace extrahované z analyzovaných dat.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Synek S, Skorkovská Š: Fyziologie oka a vidění, Grada, 2004
- [2] Kolář R: Lékařská diagnostická technika, Skriptum VUT, Brno, 2006

Termín zadání: 15.10.2010

Termín odevzdání: 20.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Oto Janoušek

prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá fyziologií svalů pro pohyb oka a problematikou měření povrchové elektromyografie. Je zde vysvětlena fyziologie a analýza očních pohybů. Dále se práce zabývá různými způsoby měření elektrookulografu a následným vyhodnocením naměřeného signálu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Elektrookulografie, elektromyografie, oko, oční pohyby

ABSTRACT

Electrooculography, electromyography, eye, eye movements

KEYWORDS

This master's thesis deals with muscles physiology of eye movement and questions of surface electromyography measurement. Physiology and analysis of eye movement are described here. Furthermore the paper deals with a variety of electrooculographic measuring techniques and also with resulting evaluation of measured signal.

Bibliografická citace mé práce:

FEJGL, M. Fokuse očí na charakteristické prvky vizuálního vjemu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 41s. Vedoucí diplomové práce Ing. Oto Janoušek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Fokusace očí na charakteristické prvky vizuálního vjemu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Otu Janouškovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Anatomie okohybného systému.....	2
2.1	Oční koule	2
2.2	Okohybné svaly.....	3
2.2.1	Struktura okohybných svalů	4
2.2.2	Inervace okohybných svalů	4
3.	Fyziologie očních pohybů	5
3.1	Funkce očních svalů.....	5
4.	Analýza očních pohybů.....	7
4.1	Metody měření očních pohybů.....	7
4.1.1	Magnetookulografie (MOG).....	7
4.1.2	Elektrookulografie (EOG)	8
4.1.3	Infračervená okulografie (IROG)	8
4.1.4	Videookulografie (VOG).....	8
5.	Druhy očních pohybů	10
5.1	Malé oční pohyby.....	10
5.1.1	Mikrosakády	10
5.1.2	Drift.....	10
5.1.3	Tremor	11
5.2	Velké oční pohyby	11
5.2.1	Sakády.....	11
5.2.2	Sledovací oční pohyby	13
5.2.3	Disjunktní pohyby.....	14
6.	EMG – Elektromyografie.....	15

6.1	Motorická jednotka	15
6.2	Refrakterní perioda.....	16
6.3	Stimulátory.....	16
6.4	Elektrody	17
6.5	EMG signál	18
6.6	Záznam z nervu a svalu.....	18
7.	Měření signálů	19
8.	Měřicí protokol	21
9.	Vizuální podněty.....	24
10.	Zpracování a zobrazení v programu Matlab.....	32
10.1	Zpracování signálů	32
10.2	Odstranění mrknutí.....	32
10.3	Grafické rozhraní „Fůze“	34
10.4	Zobrazení signálů z videa.....	39
11.	Závěr	41
12.	Seznam literatury	42
13.	Příloha	43
13.1	Zobrazení celého signálu.....	43
13.2	Postupné zobrazení signálu	49
13.3	Zobrazení bodů.....	55
13.4	Zobrazení nejsledovanějších míst	61
13.5	Zobrazení doby sledování	65

Seznam obrázků:

Obr. 2.1. Oční koule (1-Duhovka, 2-Řasnaté tělísko, 3-Sítnice, 4-Bělima, 5-Cévnatka)	2
Obr. 2.2. Přímé a šikmé okohybné svaly (1-přímí zevní, 2-přímí horní, 3-přímí vnitřní, 4-přímí dolní, 5-šikmý horní, 6-šikmý dolní)	3
Obr. 3.1. Osy otáčení oka	5
Obr. 3.2. Osy hybnosti oka	6
Tab. 4.1. Parametry jednotlivých metod měření očních pohybů	9
Obr. 5.1. Parametry sakadického očního pohybu	12
Obr. 5.2. Závislost amplitudy a délky sakády podle vzorečku (3.1)	13
Obr. 6.1. Motorická jednotka	15
Obr. 6.2. Vpichové elektrody	17
Obr. 6.3. Povrchové elektrody	17
Obr. 7.1. Biopac MP35	19
Obr. 7.2. Vodiče SS2L	20
Obr. 7.3. Elektroda Schiller z horní strany (vlevo) a z dolní strany (vpravo)	20
Obr. 8.1. Umístění elektrod (vlevo pro kanál 1 a vpravo pro kanál 2)	21
Obr. 9.1. Časová osa prezentace	24
Obr. 9.2. Kalibrační obrazec	25
Obr. 9.3. Mrkání a hýbání pusou (čas 0-10s)	26
Obr. 9.4. kalibrační obrazec (čas 20-25s)	26
Obr. 9.5. Pohybující se bod po kruhu a zobrazující čísla od 0 do 23 (čas 35-52s)..	27
Obr. 9.6. Chaoticky se zobrazující body (čas 62-72s)	27
Obr. 9.7. Body přesouvající se na střed (čas 82-98s)	28
Obr. 9.8. Říkanka (čas 108-118s)	28

Obr. 9.9. Slečna 1 (čas 133-143s)	29
Obr. 9.10. Slečna 2 (čas 158-168s)	29
Obr. 9.11. Muž 1 (čas 183-193s)	30
Obr. 9.12. Muž 2 (čas 208-218s)	30
Obr. 9.13. Modelky (čas 223-233s).....	31
Obr. 9.14. Fotbalistky (čas 238-248s)	31
Obr. 10.1. Signál s píky značící mrknutí	32
Obr. 10.2. Signál s píky značící mrknutí	33
Obr. 10.3. Grafické rozhraní GUI	34
Obr. 10.4. Panel 1 programu „Fúze“	34
Obr. 10.5. Panel 2 programu „Fúze“	35
Obr. 10.6. Panel 3 programu „Fúze“	35
Obr. 10.7. Zobrazení celého průběhu najednou	36
Obr. 10.8. Zobrazení bodů	36
Obr. 10.9. Postupné vykreslení průběhu	37
Obr. 10.10. Zobrazení pouze nejsledovanějších míst vizuálního podnětu „Slečna 2“	38
Obr. 10.11. Zobrazení doby sledování jednotlivých míst vizuálního podnětu „Slečna 2“	38
Obr. 10.12. Panel 4 programu „Fúze“	39
Obr. 10.13. Zobrazení části videa.....	40
Obr. 13.1. Obrázek: Kalibrace	43
Obr. 13.2. Obrázek: Rozházené body	44
Obr. 13.3. Obrázek: posun bodů na střed.....	44
Obr. 13.4 Obrázek: Kruh	45
Obr. 13.5. Obrázek: Text.....	45
Obr. 13.6. Obrázek: Slečna 1	46

Obr. 13.7. Obrázek: Slečna 2	46
Obr. 13.8. Obrázek: Muž1.....	47
Obr. 13.9. Obrázek: Muž 2.....	47
Obr. 13.10. Obrázek: Modelky.....	48
Obr. 13.11. Obrázek: Fotbalistky	48
Obr. 13.12. Obrázek: Kalibrace.....	49
Obr. 13.13. Obrázek: Kruh.....	50
Obr. 13.14. Obrázek: Rozházené body	50
Obr. 13.15. Obrázek: Posun.....	51
Obr. 13.16. Obrázek: Text.....	51
Obr. 13.17. Obrázek: Slečna 1.....	52
Obr. 13.18. Obrázek: Slečna 2.....	52
Obr. 13.19. Obrázek: Muž1	53
Obr. 13.20. Obrázek: Muž 2	53
Obr. 13.21. Obrázek: Modelky.....	54
Obr. 13.22. Obrázek: Fotbalistky	54
Obr. 13.23. Obrázek: Kalibrace.....	55
Obr. 13.24. Obrázek: Kruh.....	56
Obr. 13.25. Obrázek: Rozházené body	56
Obr. 13.26. Obrázek: Posun bodu na střed	57
Obr. 13.27. Obrázek: Text.....	57
Obr. 13.28. Obrázek: Slečna 1.....	58
Obr. 13.29. Obrázek: Slečna 2.....	58
Obr. 13.30. Obrázek: Muž 1	59
Obr. 13.31. Obrázek: Muž 2	59

Obr. 13.32. Obrázek: Modelky	60
Obr. 13.33. Obrázek: Fotbalistky	60
Obr. 13.34. Obrázek: Slečna 1	61
Obr. 13.35. Obrázek: Slečna 2	62
Obr. 13.36. Obrázek: Muž 1	62
Obr. 13.37. Obrázek: Muž 2	63
Obr. 13.38. Obrázek: Modelky	63
Obr. 13.39. Obrázek: Fotbalistky	64
Obr. 13.40. Obrázek: Slečna 1; Síť: 5*5 ; Barva: Černá	65
Obr. 13.41. Obrázek: Slečna 2; Síť: 22*15 ; Barva: Cool	66
Obr. 13.42. Obrázek: Muž 1; Síť: 11*11 ; Barva: Barevný	66
Obr. 13.43. Obrázek: Muž 2; Síť: 44*33 ; Barva: Cool	67
Obr. 13.44. Obrázek: Modelky ; Síť: 44*33 ; Barva: Barevný	67
Obr. 13.45. Obrázek: Fotbalistky; Síť: 22*15 ; Barva: Černobílý	68

Seznam Tabulek:

Tab. 4.1. Parametry jednotlivých metod měření očních pohybů	9
Tab. 8.1. Ukázka výstupních dat z měření	23

1. Úvod

Úkolem této diplomové práce je seznámit se s fyziologií svalů užívaných pro pohyb oka, nastudovat problematiku měření povrchového EMG signálu a měření elektrookulogramu a navrhnout měřicí protokol, který by umožnil vyhodnocení míst, kam se pokusný jedinec dívá, v jakém pořadí se na tato místa dívá a jak dlouho se tam dívá. Dále je cílem práce realizovat několik vizuálních podnětů (například fotografie lidské tváře, videozáznam hokejového utkání, aj.) a pro předem definovaný počet osob provést měření podle navrženého měřicího protokolu. V programovém prostředí Matlab změřená data vyhodnotit. Navrhnout rovněž aplikaci, v které budou fúzovány naměřené výsledky s originálním vizuálním vjemem, takže bude možno naměřené výsledky snadno vizualizovat.

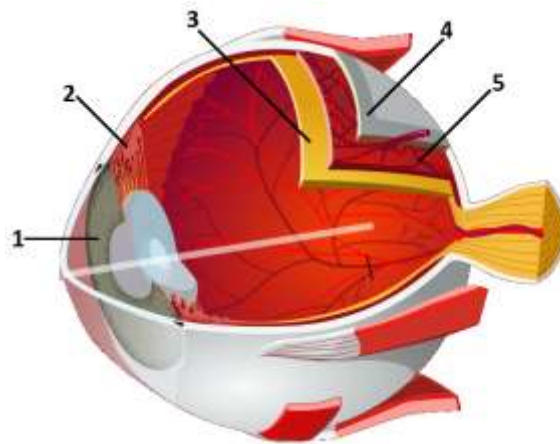
2. Anatomie okohybného systému

2.1 Oční koule

Oční koule je kulového tvaru s průměrem cca 24mm. Je tvořena dvěma segmenty koule o různém poloměru křivosti. Menší přední oddíl (rohovka) má poloměr zakřivení 7-8 mm, zadní část (bělma) má poloměr zakřivení 11-12mm. Stěna oční koule se skládá ze tří vrstev:

1. Zevní vazivová vrstva je tvořena bělimou a rohovkou
2. Prostřední vrstvu nazýváme živnatka a tvoří ji cévnatka, řasnaté těleso a duhovka
3. Vnitřní vrstvu tvoří sítnice [1]

Jednotlivé části oka je možno vidět na schematickém Obr. 2.1.



Obr. 2.1. Oční koule (1-Duhovka, 2-Řasnaté tělísko, 3-Sítnice, 4-Bělma, 5-Cévnatka)

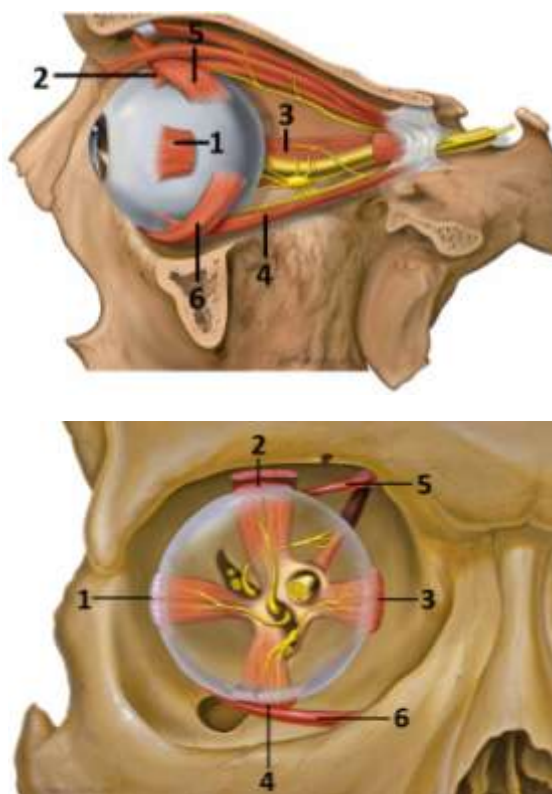
Oči jsou uloženy v kostěné očníci na tukovém polštáři, který zastupuje kloubní jamku a umožňuje volný pohyb očí do stran ve všech rovinách. Volná pohyblivost očí má funkční význam: 1. Oko je schopné fixovat předměty v prostoru i při změnách polohy hlavy nebo těla

2. Oko může sledovat pohyby předmětu bez změn postavení hlavy

3. K udržení prostorového vidění musí mít obě oči schopnost přesné adjustace vzájemné polohy [2]

2.2 Okohybné svaly

Okohybné svaly jsou uloženy v orbitě blízko jejích stěn. Hybnost oka obstarávají 4 přímé a 2 šikmé svaly. Přímé svaly jsou: horní přímý sval (m. rectus superior), dolní přímý sval (m. rectus inferior), vnitřní přímý sval (m. rectus internus) a zevní přímý sval (m. rectus lateralis). Šikmé svaly jsou: horní (m. obliquus superior) a dolní (m. obliquus inferior). [3] Rozmístění svalů je vidět na obrázku Obr. 2.2.



Obr. 2.2. Přímé a šikmé okohybné svaly (1-přímí zevní, 2-přímí horní, 3-přímí vnitřní, 4-přímí dolní, 5-šikmý horní, 6-šikmý dolní)

Přímé oční svaly pohybují okem většinou ve vertikální nebo horizontální rovině, kdežto šikmé svaly stáčí bulbus (oční koule) šikmo nahoru a dolů.

2.2.1 Struktura okohybných svalů

Oproti jiným svalům má jemná struktura okohybných svalů určité zvláštnosti, což je vzhledem k jejich složité a zvláštní funkci pochopitelné. Tyto svaly vykazují totiž stálou aktivitu a jejich rychlá a neobyčejně precizní změna kontrakce je důležitá pro binokulární vidění (binokulární vidění znamená, že se obrazy vnímané simultánně oběma očima spojí v jeden a umožňuje vnímat hloubku prostoru). V principu se jedná o příčně pruhovaný sval, jeho svalová vlákna jsou však daleko tenčí. Jejich tloušťka značně kolísá, silnější vlákna jsou umístěna v centru svalu a ty nejjemnější v zevních partiích. [3]

Okohybné svaly se skládají jak z pomalých (tonických) vláken, tak z rychlých (fázických) vláken. Počet vláken v jedné motorické jednotce očního svalu je neobvykle nízký – šest vláken (proti 100-150 vláknům v končetinových svalech). Tato skutečnost tvoří dobrý základ pro inervaci jemných očních pohybů. Jak ukazuje EMG záznam z očních svalů, jsou svaly i v klidu při fixaci stále aktivní. [2]

2.2.2 Inervace okohybných svalů

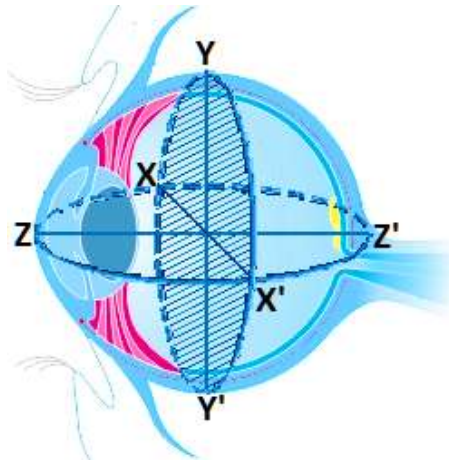
Horní, dolní a vnitřní přímý sval a dolní šikmý sval jsou zásobovány větvemi nervus (n.) oculomotorius. Zevní přímý sval je inervován n. abducens a horní šikmý sval inervuje n. trochlearis. [3]

Nervová vlákna jsou v oční muskulatuře velice četná. Každý sval je ve své střední třetině spojen s jednou nervovou větví. Ta se pak rozštěpuje do mnoha jemných větvíček, jichž je nejvíce ve střední třetině svalu, méně četné jsou na svalových koncích. Myelinizovaná vlákna jsou z největší části motorická, sahají až k úponu svalu a jsou zakončena koncovými ploténkami. Jedno nervové vlákno vede přímo k jedné koncové ploténce. Je-li zásobováno několik svalových vláken pouze jedním vláknem nervovým, mluvíme o motorické jednotce [3]

3. Fyziologie očních pohybů

3.1 Funkce očních svalů

Každý pohyb oka se děje kolem tří pomyslných os bulbu, které jsou na Obr. 3.1. Kolem horizontální osy se děje elevace nebo deprese oka. Kolem vertikální osy jsou vedeny abdukční a addukční pohyby a kolem předozadní, sagitální osy se uskutečňuje stočení oka dovnitř (intorze) a stočení zevně (extorze). Tyto pohyby jsou ukázány na Obr. 3.2.

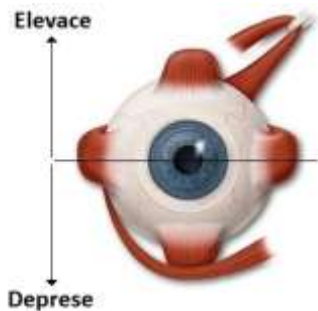


Obr. 3.1. Osy otáčení oka

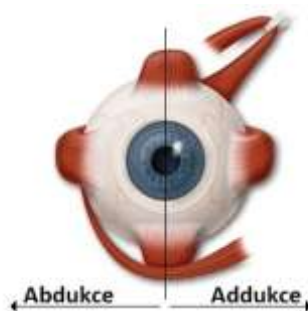
Každý z šesti okohybných svalů hýbe okem v přesně vymezeném směru. Jednoduchou funkci má zevní přímý sval, který vykonává pouze abdukci. Právě tak přímý vnitřní sval vykonává jenom addukci. Ostatní svaly, včetně šikmých vykonávají pohyby oka kolem všech tří os. Tato hybnost je ještě komplikována výchozím postavením oka. Působení horního přímého svalu je v elevaci, addukci a intorzi. Dolní přímý sval má zase hlavní funkci v depresi, addukci a extorzi. Horní šikmý sval vykonává intorzi, depresi a abdukci. Dolní šikmý sval extorzi, elevaci a abdukci.

Ve zjednodušené formě můžeme považovat za zvedáče oka horní přímý a dolní šikmý sval, za skláněče dolní přímý a horní šikmý sval. Abdukčních pohybů se účastní oba přímé svaly a addukce oba šikmé svaly. Torzní pohyby vykonávají všechny čtyři svaly (horní a dolní přímý, horní a dolní šikmý). Stočení oka dovnitř se účastní hlavně oba horní svaly a extorze oba dolní svaly.[3]

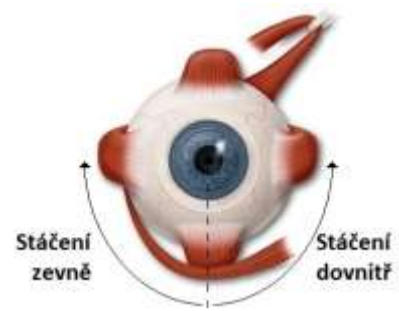
Horizontální osa X-X'



Vertikální osa Y-Y'



Sagitální osa Z-Z'

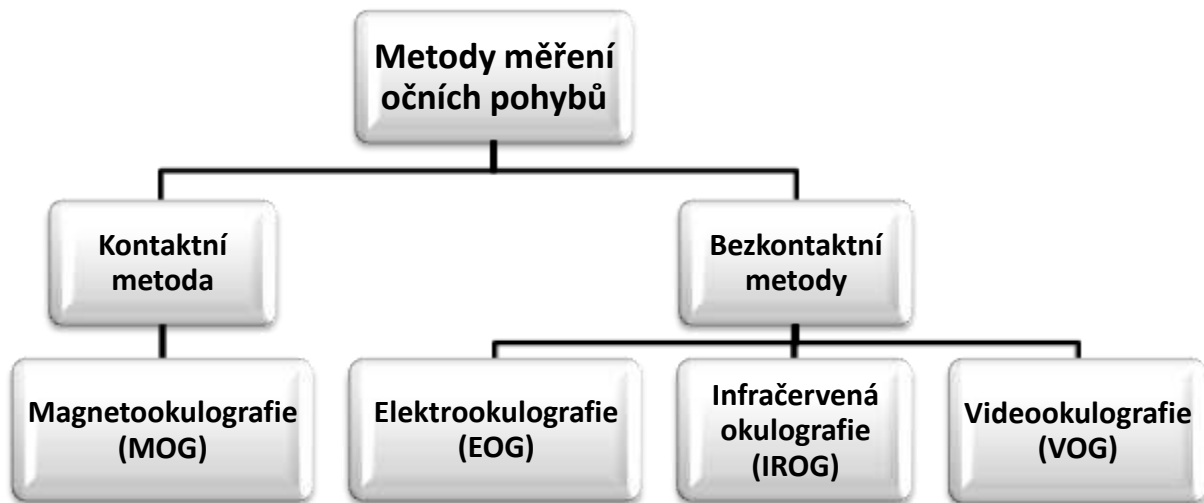


Obr. 3.2. Osy hybnosti oka

Oko je v základní poloze, jestliže při vzpřímené poloze hlavy oko směřuje přímo vpřed. Vpřed směřuje fixační osa oka, tj. přímka spojující bod, na který se oko dívá, s centrem otáčení oka. Centrum otáčení oka je umístěno 13,8mm od předního povrchu rohovky a 1,6mm laterálně (bočně) od zrakové osy.[2]

Za normální situace, kdy není přítomen žádný fixační bod v zorném poli, oči lehce divergují (rozbíhají se), to znamená, že nejsou v primární poloze. Zaostření na vzdálený bod vyžaduje určitou tonickou aktivitu svalů oka, tak aby fixační osy obou očí byly paralelní. V zásadě (až na nepatrné výjimky) je aktivita ve svalech obou očí stejná a symetrická. Proto jsou konjugované pohyby očí (tj. pohyby očí s paralelními fixačními osami) přísně symetrické i v nejkrajnějších polohách bulbu. Symetrie je přítomna také při pohledu do blízka a do dálky [2]. Bod, na který mohou oči zaostřit, aniž by došlo k rozmazání vjemu, je u mladých lidí 5-10cm před očima.

4. Analýza očních pohybů



4.1 Metody měření očních pohybů

Sledování směru pohledu je kromě medicíny využíváno například i v psychologii, ergonomických studiích, v reklamě a umění, uplatňuje se též jako další vstup ovládacího rozhraní výpočetní techniky, které mohou využívat například lidé s postižením pohybového aparátu. V současné době existuje celá škála metod registrace očních pohybů, z nichž každá má své specifické použití podle rozlišovacích schopností.

Metodiky záznamu očních pohybů se rozdělují na kontaktní a bezkontaktní. Při kontaktních metodikách je k povrchu oka připevněno umělé těleso (nejčastěji kontaktní čočka). Metody bezkontaktní využívají elektrických a optických (nejčastěji odrazových) vlastností oka. [2]

Nejpoužívanější metody sledování pohledu jsou v Tab. 4.1. A rozepsány zde:

4.1.1 Magnetookulografie (MOG)

Pohyb se sleduje pomocí měřící cívky, složené z mnoha závitů tenkého vodiče a připevněné k oku pomocí speciální kontaktní čočky, případně u zvířat operativně. Měří se napětí indukované v cívce homogenním magnetickým polem, vycházejícím z externího generátoru (Hemholtzových cívek). Metoda umožňuje dosáhnout přesnosti v

řádu setin stupně a šířky pásma měřeného signálu několik kHz. Směr pohledu je měřen v souřadné soustavě generátoru, oko musí po dobu měření zůstat v oblasti lineárního pole. Nevýhodou je vysoká cena čoček a jejich rychlé opotřebení [4]. Pomocí magnetookulografie lze dosáhnout maximálního prostorového i časového rozlišení, jedná se ovšem o invazivní přístup, a proto je využití této metody omezeno na laboratorní podmínky.

4.1.2 Elektrookulografie (EOG)

Využívá rozdílných elektrických potenciálů rohovky a sítnice, které způsobují změny v elektrostatickém poli při změně polohy oka. Velikost pole je snímána elektrodami, připevněnými na kůži okolo oka. Pro měření horizontální složky EOG jsou elektrody umístěny nalevo a napravo od koutků oka. Pro měření vertikální složky EOG jsou elektrody umístěny nad a pod okem. Někdy se snímají unipolární potenciály EOG vůči referenční elektrodě, která je umístěna uprostřed čela. Potenciál dipólu rohovka - sítnice závisí na poloze oční osy. Když je pohled upřený přímo vpřed, pak je zmíněný dipól umístěn symetricky mezi elektrodami a výsledný EOG signál je nulový. Při pohledu vlevo se stane rohovka pozitivní v blízkosti levé elektrody, která se tak shodně stává pozitivní. Téměř lineární závislost mezi horizontálním úhlem optické osy oka a signálem EOG je přibližně v rozsahu $\pm 30^\circ$. Měřený signál mohou výrazně zkreslit artefakty vzniklé pohybem okolních svalů a elektrickým rušením pozadí. Typické rozlišení se pohybuje kolem jednoho stupně, maximální propustná šířka pásma dosahuje desítek Hz. [4]

4.1.3 Infračervená okulografie (IROG)

Princip této metody spočívá v ozáření oka pevným zdrojem infračerveného záření (které jakožto neviditelné nepůsobí na měřený subjekt rušivě a zároveň ve větším rozsahu nedochází k ovlivnění měření z okolních světelných zdrojů) a následným měřením množství odraženého záření, které je závislé na poloze oka. Metoda je vhodnější pro měření horizontální složky pohybu, nicméně lze dosáhnout přesnosti jedné desetiny stupně zřakového úhlu a vzorkovací frekvence až 1 kHz, což je postačující pro řadu komerčních aplikací. [5]

4.1.4 Videookulografie (VOG)

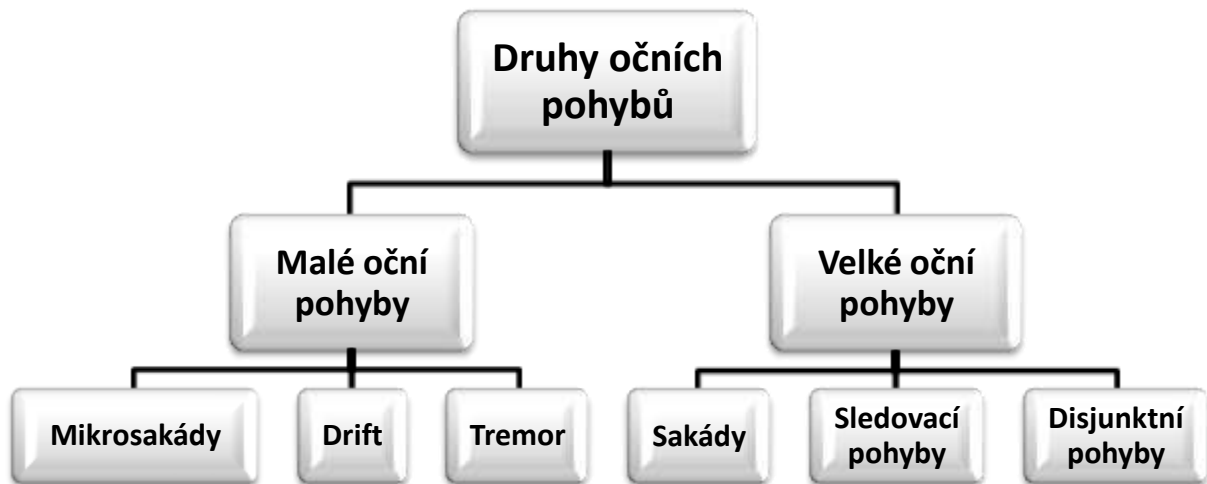
Používá ke sledování polohy oka kameru. Pokud je kamera upevněna přímo na hlavě subjektu, je měřena relativní poloha očí vůči hlavě a k určení absolutního směru je třeba sledovat i polohu hlavy. Pokud je umístěna samostatně, je třeba udržet oko v jejím

zorném poli a zároveň odlišit rotaci oka od translačních pohybů hlavy. Sledovací algoritmy jsou v současné době založeny na digitálním zpracování obrazu. Je dosahováno rozlišení desetin stupně a vzorkovací frekvence až stovek Hz. [4]

Zkratka	Celý název Metody	Vzorkovací frekvence	Přesnost metody
MOG	Magnetookulografie	Jednotky kHz	Setiny stupňů
EOG	Elektrookulografie	Desítky Hz	Jednotky stupňů
IROG	Infračervená okulografie	Stovky Hz až 1 kHz	Desetiny stupňů
VOG	Videookulografie	Stovky Hz	Desetiny stupňů

Tab. 4.1. Parametry jednotlivých metod měření očních pohybů

5. Druhy očních pohybů



5.1 Malé oční pohyby

Oko není nikdy v naprostém klidu. I v období usilovné fixace nepohyblivého podnětu vykonává oko drobné pohyby. Jsou to tři druhy pohybů: 1. mikrosakády, 2. pomalé „klouzání“ očních os, tzv. drift, 3. Tremor, neboli drobný třes očí. [2]

5.1.1 Mikrosakády

Mikrosakády mají v mnohém směru podobné parametry jako velké sakády (viz dále). Jsou to nepravidelně se vyskytující rychlé pohyby oka s amplitudou od 2' do 50' a střední amplituda je 5,6' (symbol „ ' “ je minuta, jedná se o 1° má 60'). Trvání mikrosakád je v rozmezí 10-20 ms v závislosti na amplitudě pohybu, čím větší amplituda, tím déle sakáda trvá. Mikrosakády jsou binokulárně symetrické, jejich frekvence výskytu, směr a amplituda nejsou patrně vůlí ovlivnitelné. Předpokládá se, že jeden z významných úkolů mikrosakád je vracet zrakovou osu do základního postavení po vychýlení, které bylo způsobeno klouzavým pohybem očí. [2]

5.1.2 Drift

Klouzavý pohyb očí (drift) je pomalý pohyb oka, kdy se v průběhu až 200 ms osa oka uchýlí maximálně o 6' (minimální amplituda driftu činí 0,8'). Znamená to tedy, že se obraz posune na sítnici v rozsahu asi 10-15 čípků a že se nedostane mimo foveu. Obraz vracejí zpět do centra fovey mikrosakády opačného směru, ukončující klouzavý pohyb

oka. Klouzavý oční pohyb je vlastně jediný typ pohybu oka, který neodpovídá Heringovu zákonu (ten říká, že v zásadě je aktivita v odpovídajících svalech obou očí stejná). Každé oko „plave“ v klouzavém pohybu nezávisle a asymetricky. Funkční význam driftu se dnes studuje. [2]

5.1.3 Tremor

Třetí typ očních pohybů v průběhu fixace, tj. oční třes (tremor), má vůbec nejmenší amplitudu asi 20-30". Tyto nepatrné oční pohyby mají značnou frekvenci, v průměru 80 Hz, mohou však dosahovat frekvence i více než 100 Hz. Třes je superponován na klouzavý pohyb oka a lze jej velmi obtížně registrovat, vzhledem k artefaktům, vznikajícím vibracemi a pohyby hlavy. Funkční význam očního třesu není zatím znám. [2]

5.2 Velké oční pohyby

Na rozdíl od fixačních očních pohybů, které mají amplitudu měřitelnou v úhlových minutách, jsou tzv. velké oční pohyby mnohem výraznější. Amplituda činí v případě tzv. sakád až desítky úhlových stupňů.

Mezi velké oční pohyby řadíme dva typy konjugovaných pohybů: 1. sakády a sledovací oční pohyby (které bývají v anglosaské literatuře také shrnovány pod pojem versions - versní pohyby); 2. disjunktní oční pohyby, tj. konvergenci a divergenci, a vestibulární oční pohyby (především vestibulární nystagmus, ale také optokinetický nystagmus).

5.2.1 Sakády

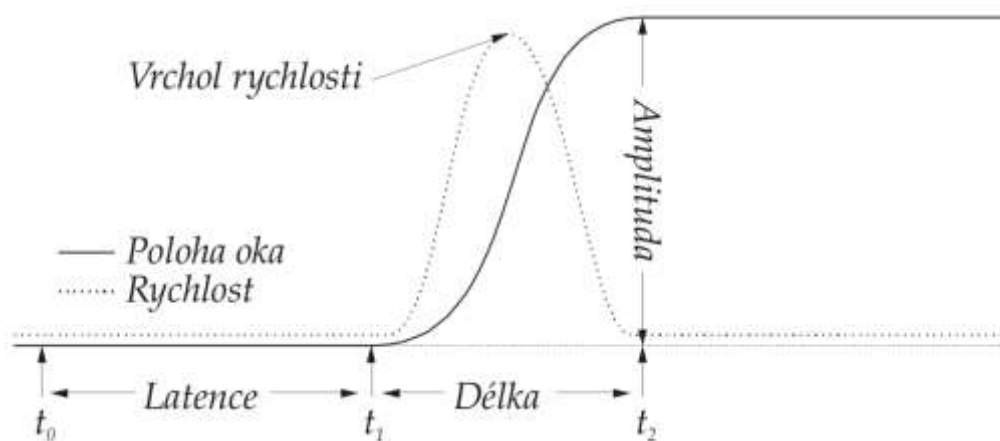
Sakády jsou konjugované volné oční pohyby, které zrak užívá k prohlížení zorného pole a k větším změnám polohy fixačních os oka. Důležitou vlastností sakád je jejich naprogramovaný charakter, sakády následují za sebou vždy s odstupem nejméně 150 ms (latence, s jakou lze vybavit sakadický pohyb oka po elektrické stimulaci kůry, může činit až 70 ms). Rychlost, jíž se děje sakadický pohyb, odpovídá téměř lineárně délce dráhy, kterou oko musí projít, čím je amplituda pohybu větší, tím je také pohyb rychlejší. Přesto existují rozdíly v trvání sakád. Tak pětistupňová sakáda u člověka trvá asi 30 ms, s každým dalším stupněm se trvání sakády prodlužuje o 2 ms. [2]

Na Obr. 5.1. jsou zobrazeny typické parametry sakád, mezi které podle [10] patří:

Amplituda – představuje velikost sakády měřenou obvykle v úhlových stupních nebo vteřinách, u člověka činí až desítky stupňů.[5]

Rychlostní maximum – bod, v němž oko při pohybu během sakády dosahuje nejvyšší rychlosti. Profil rychlosti bývá obvykle symetrický, což je typické zejména pro sakády malých a středních amplitud.[5]

Délka – čas, během kterého probíhá vlastní sakadický pohyb. Oko v průběhu sakády dosahuje poměrně vysokých rychlostí (až stovky stupňů za sekundu), délka trvání většiny sakád je tedy kolem několika desítek milisekund.[5]

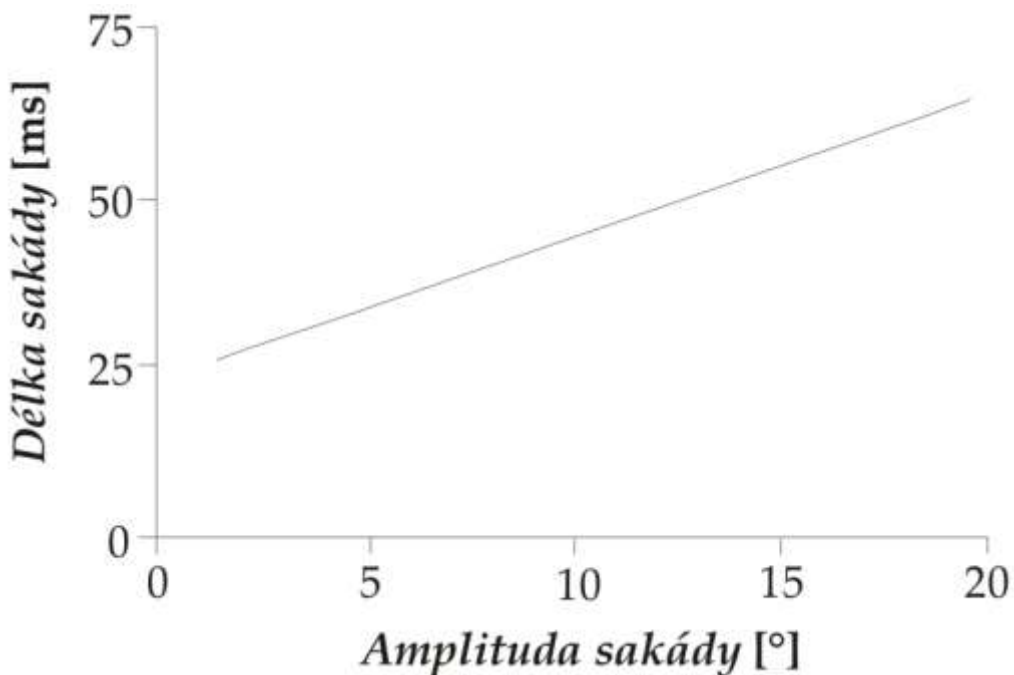


Obr. 5.1. Parametry sakadického očního pohybu

Latence – doba, která uplyne od chvíle, kdy se objeví cíl ve zrakovém poli, po začátek vlastního sakadického pohybu vedoucího k fixaci na tento cíl.[5]

Mezi amplitudou, délkou sakády a rychlostním maximem platí zajímavá souvislost, která je natolik charakteristická, že ji lze využít k hodnocení, zda konkrétní oční pohyb je či není normální sakádou. U zdravého člověka se dá vztah mezi délkou sakády a její amplitudou popsat lineární závislostí (3.1) kde a je amplituda sakády ve stupních a d je délka jejího trvání v milisekundách. Tato závislost bývá v literatuře označována jako main semenc [5].

$$d = 2,2 \cdot a + 21, \quad (3.1)$$



Obr. 5.2. Závislost amplitudy a délky sakády podle vzorečku (3.1)

Sakády jsou obvykle vyvolány změnou v poloze zrakového podnětu. Směr a velikost sakády lze ovlivnit vůlí, za normálních okolností však oko např. při čtení vykonává dva až tři sakadické pohyby, aniž si je uvědomujeme. Zabrzdění neboli decelerace sakadického pohybu je děj, který probíhá automaticky, na základě viskoelastických vlastností tkání uvnitř oční. Není tedy k němu třeba aktivní účasti svalových antagonistů. Snížení zrakového vnímání v průběhu sakády se nazývá sakadická suprese. [2]

5.2.2 Sledovací oční pohyby

Sledovací oční pohyby (v anglosaské literatuře smooth pursuit movements) představují druhý typ velkých konjugovaných očních pohybů. Jsou přítomny pouze v případě, kdy se v zorném poli pohybuje zrakový podnět určitou rychlostí, nejsou ovladatelné vůlí. Jestliže se zrakový podnět pohybuje rychlostí menší než 25-30°/s, sleduje fovea velmi přesně zrakový terč, zejména v případě, když pohyb má pravidelný charakter např. sinusový pohyb. Začátek sledovacích pohybů je opožděn proti pohybu terče asi o 125 ms (mají tedy kratší latenci než sakády), zpoždění za terčem je obvykle vyrovnáno jednou až dvěma korekčními sakádami. Sledovací pohyby jsou identické s pomalou složkou optokinetického a vestibulárního nystagmu. Mechanismus, kterým jsou řízeny sledovací pohyby, nemá zřejmě vzorkovací charakter, jako je tomu v případě

sakád a oba systémy, tj. systém pro řízení sakád a systém sledovacích pohybů pracují nezávisle. O rozdílnosti obou systémů svědčí také skutečnost, že sledovací pohyby jsou oproti sakádám mnohem výrazněji ovlivněny barbituráty.[2]

5.2.3 Disjunktní pohyby

Disjunktní pohyby očí, tj. konvergence a divergence (šilhání), jsou vyvolány změnou polohy fixačního bodu v předozadní ose Z-Z', která je zobrazená na Obr. 3.1. či Obr. 3.2. Signálem pro vyvolání vergentních pohybů je skutečnost, že se obrazy zrakového podnětu dostávají na rozdílná, disparátní, místa na sítnici obou očí. Odlišností vergentních pohybů od sakád je skutečnost, že vergence nejsou fixně naprogramovány a mohou se měnit ještě v průběhu samotného pohybu. Existuje hypotéza, podle které se vergence uskutečňuje systémem pomalých svalových vláken v okohybných svalech, zatímco sakády jsou realizovány stahem rychlých svalových vláken. [2]

Kromě vergentních pohybů vyvolaných dopadem paprsků z objektu na disparátní místa sítnice jsou popsány ještě vergentní pohyby vyvolané akomodací. Jestliže jedno oko je zakryto a druhé oko se akomoduje na předmět v určité vzdálenosti od oka, lze na zakrytém oku zaznamenat nejen akomodaci, ale také konvergentní pohyb. [2]

6. EMG - Elektromyografie

Elektromyografie je souhrnné označení pro skupinu elektrofyziologických metod, které umožňují vyšetřit stav především periferního nervového systému a kosterního svalstva. [6]

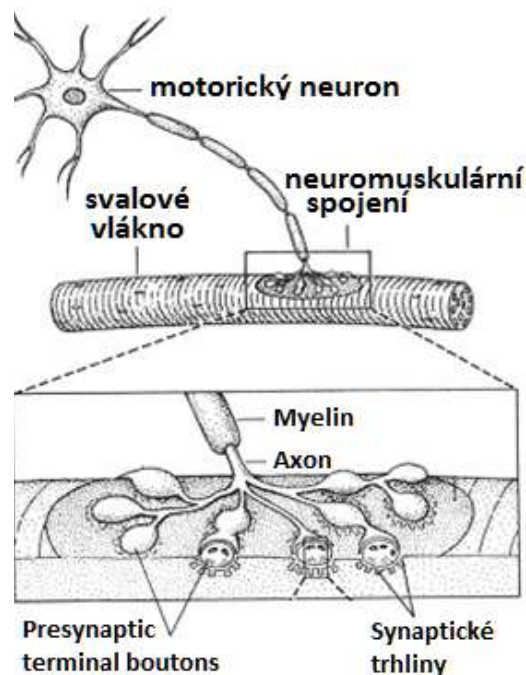
Pod označením EMG se rozumí některé zcela odlišné postupy, jako jsou například kondukční studie periferních nervů, vyšetření svalů jehlovou elektrodou, vyšetření blink-reflexu. Někdy hovoříme odděleně o kondukčních studiích, které umožňují získávat informace o vedení periferních nervů, a o elektromyografii jako takové, která v tomto zúženém slova smyslu znamená pouze vyšetření svalů. Jde o elektrofyziologické metody, protože zachycují elektrické projevy činnosti nervového systému a svalů - elektrické děje na membránách nervových a svalových buněk. [6]

Všechny elektromyografické metody vycházejí ze stimulace a záznamu aktivity z periferních nervů či ze svalu. Některé z metod však umožňují posoudit i činnost určité omezené části centrálního nervového systému. [6]

6.1 Motorická jednotka

Je základní funkční jednotka hybného systému. Je tvořena II. motoneuronem a jím inervovanými svalovými vlákny. Každé svalové vlákno příčně pruhovaného kosterního svalu má vlastní nervosvalovou ploténku (Obr. 6.1.). [6]

Počet svalových vláken spoluvytvářejících motorickou jednotku je různý a odpovídá požadavkům na odstupňování síly a přesnosti kontrakce jednotlivých svalů. Nejmenší motorické jednotky mají okohybné svaly (asi 3 svalová vlákna), největší (přes 100 vláken) zádové svaly.



Obr. 6.1. Motorická jednotka.

Rozlišujeme 2 základní typy motorických jednotek - s rychlým stahem a pomalým stahem. Typ jednotky určuje motorický neuron. Každému typu jednotky přísluší jiný typ svalových vláken. Červená svalová vlákna s pomalou a slabou kontrakcí patří k typu motorické jednotky s nízkou výbojovou frekvencí, nízkým prahem podráždění, bílá svalová vlákna s rychlou kontrakcí jsou součástí jednotek s rychlou výbojovou frekvencí a vyšším prahem dráždění. Zastoupení obou typů v jednotlivých svalech je různé. Při kontrakci jsou motorické jednotky aktivovány postupně - hovoříme o náboru motorických jednotek. Nejdříve jednotky s nižším prahem aktivované již na začátku stahu svalu, poté i jednotky s vyšším prahem aktivované až při narůstající kontrakci. [6]

Aktivace motorických jednotek je doprovázena výměnou iontů v buňkách, což se projeví změnou potenciálů – vzniká tzv. akční potenciál.[7]

6.2 Refrakterní perioda

Těsně po vzniku nebo přechodu AP je membrána nedráždivá (není možno vyvolat další AP ani při použití velmi silného stimulu). Mluvíme o absolutní refrakterní periodě. Po této době (asi 1 ms) je po několik málo milisekund možno vyvolat další AP jen silnějším stimulem než je obvyklé za klidového stavu. Jde o relativní refrakterní periodu. Refrakterní perioda je doba, kterou membrána potřebuje k tomu, aby se koncentrace iontů vrátily na výchozí stav. Jde o mechanismus, který umožňuje vedení periferním nervem (přenos akčního potenciálu jedním směrem). [6]

6.3 Stimulátory

Používají se dva typy stimulátorů.

Stimulátor s konstantním napětím produkuje konstantní napětí až do 300 V. Nevýhodou tohoto typu stimulátoru je nekonstantní stimulační proud v důsledku kolísání odporu elektrody či tkáně. Odpor může kolísat mezi dvěma stimuly či dokonce v průběhu stimulu samotného.

Stimulátor s konstantním proudem produkuje konstantní a stabilní proud obvykle mezi 0 až 100 mA. Proud stimulu je nezávislý na impedanci elektrody či kůže, pokud není stimulátor přetížen.

6.4 Elektrody

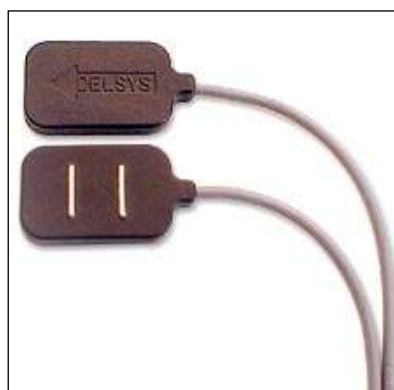
Elektrody mohou být vpichové (invazivní), nebo povrchové (neinvazivní).

Vpichové elektrody jsou maloplošné elektrody v podobě injekčních jehel, slouží především ke snímání svalových biopotenciálů. Vpichové elektrody jsou zobrazeny na Obr. 6.2.



Obr. 6.2. Vpichové elektrody

Povrchové multielektrody Obr. 6.3. - vysoký svodový odpor mezi jednotlivými elektrodami, jednotky G Ω . Velikost multielektrod 45x10 mm, vzdálenost sousedních elektrod jednotky milimetrů



Obr. 6.3. Povrchové elektrody

Obvykle snímáme EMG signál z povrchu těla (neinvazivní). Elektrody lze teoreticky použít stejně jako pro případ snímání EKG, avšak často se používají elektrody s malou

plochou (přesnější definice místa snímání) - menší než 1mm². Volba velikosti (plochy elektrody) je důležitá - jde o to, aby snímaná elektrická aktivita vyjadřovala celkovou aktivitu všech motorických jednotek, které jsou v daném čase aktivní.[7]

6.5 EMG signál

Frekvenční obsah je 10 - 500Hz, s dominantními frekvencemi od 20Hz do 250Hz. Pro vpichové elektrody dostaneme signál, který frekvenčně sahá až do 3000 Hz. Často se ale uvažuje širší pásmo frekvencí až do 5, resp. 10 kHz.[7]

6.6 Záznam z nervu a svalu

Zaznamenáváme rozdíl potenciálů mezi dvěma místy. Na tato místa ukládáme 2 elektrody, z nichž jedna je konvenčně označena jako aktivní (je nad aktivní částí nervu či svalu, která produkuje elektrické změny) a druhá jako referenční (umístěna nad elektricky málo aktivní oblastí). [6]

Změna napětí aktivní vůči referenční elektrodě je pak snímána a vyhodnocována. Je-li oblast pod aktivní elektrodou vzhledem k místu pod referenční elektrodou nabitá záporně, vykreslí se negativní výchylka - konvencí směrem vzhůru na monitoru, a naopak, kladný náboj pod aktivní elektrodou vychýlí křivku dolů - pozitivní vlna. Je-li náboj pod oběma elektrodami stejný, není zaznamenáno žádné napětí a vykresluje se přímka odpovídající klidovému stavu - bazální linie. Takto vypadá ideální situace při snímání přímo nad zdrojem elektrických změn (nervem či svalem).

Za fyziologických podmínek je ale mezi snímacími elektrodami a zdrojem elektrických změn tkáň, která slouží jako více či méně dobrý vodič a mění charakteristiky snímaných potenciálů. Jde o podkožní vazivo, tuk, cévy atd. Tyto tkáně jsou souhrnně označovány jako objemový vodič a chovají se jako vysokofrekvenční filtr. Snižují amplitudu akčních potenciálů a vyhlazují křivku tím více, čím je jejich vrstva silnější. Pro vysvětlení chování záznamu za těchto podmínek je třeba situaci zjednodušit a považovat objemový vodič za homogenní stejně ve všech částech se chovající vrstvu, na které je umístěna aktivní záznamová elektroda. Akční potenciál šířící se po nervovém vlákne je reprezentován elektrickým modelem - dipólem. Chování zaznamenávané křivky odpovídá velikosti úhlů pod kterými se na elektrodu promítá část dipólu s nábojem + a část dipólu s nábojem - a poměru velikosti těchto úhlů. Převažuje-li úhel snímající zónou nabitou - nad zónou nabitou +, je snímán záporný potenciál a naopak. Jsou-li oba úhly stejné, kreslí se bazální linie. Tato teorie se označuje jako solid angle (pevný úhel) teorie. [6]

7. Měření signálů

Pro měření bylo použito:

Systému Biopac MP35, který je zobrazen na Obr. 7.1. Tento přístroj snímá data skrz elektrody umístěné na těle pacienta. Tyto data kalibruje a různě filtruje podle toho, jaký druh dat snímáme.

Jednotlivé volby přednastavení pro určité druhy snímání biologických dat:

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. L01 - EMG - 1 | 10. L10 - EOG - 1 |
| 2. L02 - EMG - 2 | 11. L11 - React - 1 |
| 3. L03 - EEG - 1 | 12. L12 - Lung - 1 |
| 4. L04 - EEG - 2 | 13. L13 - Lung - 2 |
| 5. L05 - ECG - 1 | 14. L14 - Bio fbk - 1 |
| 6. L06 - ECG - 2 | 15. L15 - Aero - 1 |
| 7. L07 - ECG&P - 1 | 16. L16 - Bp - 1 |
| 8. L08 - Resp - 1 | 17. L17 - Hs - 1 |
| 9. L09 - Poly - 1 | |



Obr. 7.1. Biopac MP35

Elektrody Schiller Obr. 7.3. se připojují k systému Biopac MP35 pomocí dvou sad vodičů SS2L Obr. 7.2. Propojení Biopacu MP35 s PC bylo provedeno přes USB sběrnici.



Obr. 7.2. Vodiče SS2L

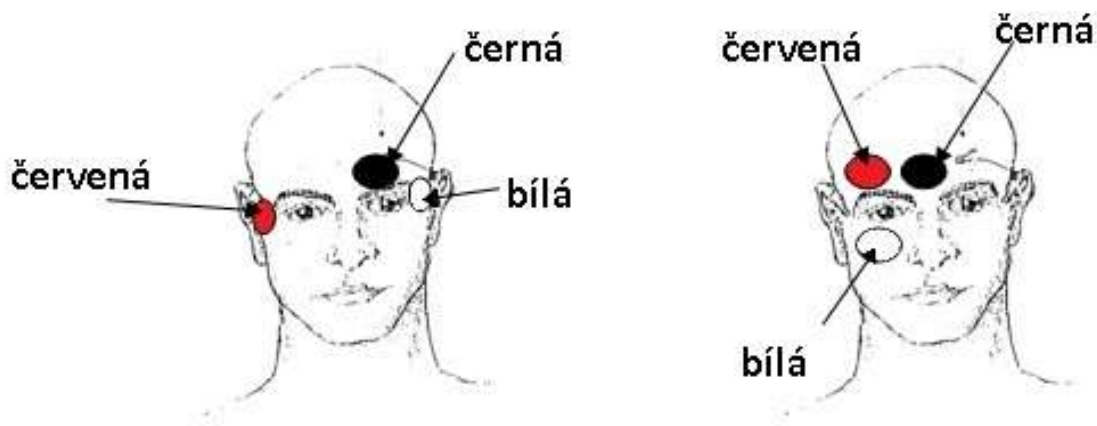
Elektrody Schiller Obr. 7.3. jsou opatřeny na spodní části (kontaktní) ochranou folií pro ochranu gelu, který má zajistit lepší kontakt s pokožkou snímané osoby.



Obr. 7.3. Elektroda Schiller z horní strany (vlevo) a z dolní strany (vpravo)

8. Měřicí protokol

1. Při vypnutém Biopacu MP35 připojte sadu vodičů SS2L na konektor MP35 CH1 pro horizontální sledování očí a druhou sadu vodičů SS2L na CH2 – pro vertikální sledování pohybů očí.
2. Elektrody na jednotlivé osoby připevněte podle Obr. 8.1. Levá část obrázku znázorňuje místa, na která se uchycují elektrody pro horizontální snímání pohybu očí. Zatímco v pravé části jsou zobrazena místa upevnění elektrod pro snímání vertikálního pohybu očí. Barvy bodů odpovídají barvám vodičů sady SSL2. Je důležité, aby bylo dodrženo jak správné umístění elektrod, tak i vodičů. Při špatném umístění by změřený signál neodpovídal tomu, co daná osoba pozorovala.



Obr. 8.1. Umístění elektrod (vlevo pro kanál 1 a vpravo pro kanál 2)

3. Po umístění elektrod se měřená osoba posadí pohodlně na židli, aby se cítila uvolněná a neměla potřebu sebou hýbat.
4. Zapněte přístroj Biopac MP35.
5. Zapněte počítač.
6. Židli s měřenou osobou umístěte do vzdálenosti cca 50cm od obrazovky, tak aby při přímém pohledu směřoval zrak osoby do středu obrazovky.
7. Poté spusťte aplikaci Biopac Student Lab.

8. Zadejte název souboru pro uložení záznamu.
9. Vyberte měření L10-EOG-1. (měření elektrookulogramu).
10. Spust'te kalibraci, tlačítkem „**Calibrate**“ kde je úkolem sledovat tečku bez hýbání hlavou, pohybující se proti směru hodinových ručiček. Biopac potom sám zkalibruje jednotlivé kanály pro přesnější záznam signálů.
11. V případě že se Vám zdá signál z kalibrace nedostatečně kalibrovaný spust'te kalibraci znovu tlačítkem „**Redo Calibrate**“.
12. Pokud jste spokojeni s kalibrací, můžete přejít k záznamu samotného signálu. Spust'te záznam signálů tlačítkem „**Record**“.
13. Nyní můžete měřené osobě spustit připravenou prezentaci, video, nebo dávat příkazy kam se má koukat.
14. Pozastavit nahrávání v jakékoli chvíli můžete tlačítkem „**Suspend**“.
15. Znovuspuštění se provede tlačítkem „**Resume**“.
16. Záznam signálů ukončíte tlačítkem „**Stop**“.
17. Pro práci se signály (výběr, prohlížení) klikněte na tlačítko „**Done**“, vyberte „**Analyze Current data file**“ a potvrďte tlačítkem „**Ok**“.
18. Potřebnou část signálu můžete označit pomocí „**I-beam data selection tool**“, který naleznete v pravém dolním rohu pod tímto symbolem „**I**“.
19. Pro uložení signálů do libovolného souboru postupujte takto:
 - a) Označte signál podle bodu 17.
 - b) Klikněte na tlačítko „**Edit**“.
 - c) Najed'te kurzorem myši na „**Data Window**“.
 - d) Najed'te kurzorem myši na „**Copy Wave Data**“.
 - e) Nyní můžete otevřít libovolný dokument, do kterého chcete data vložit (Poznámkový blok, Word, Excel...), formát výstupních dat je vidět v Tab. 8.1.

V tabulce Tab. 8.1. jsou v prvním sloupečku data obsahující čas, ve druhém sloupečku jsou data udávající pohyb v horizontálním směru a ve třetím sloupečku jsou data o pohybu ve směru vertikálním. S těmito daty můžete dále pracovat například v programu Matlab.

Čas [s]	Horizontální signál	Vertikální signál
0,01	0.0123876	0.0076164
0,02	0.00878496	0.007284
0,03	0.00559725	0.00677989
0,04	0.00296235	0.00610808
0,05	0.000813961	0.00545011

Tab. 8.1. Ukázka výstupních dat z měření

V Obr. 8.2. je možné vidět jednu z měřených osob připevněnými elektrodami při probíhajícím měření.



Obr. 8.2. Měřená osoba s elektrodami

9. Vizuální podněty

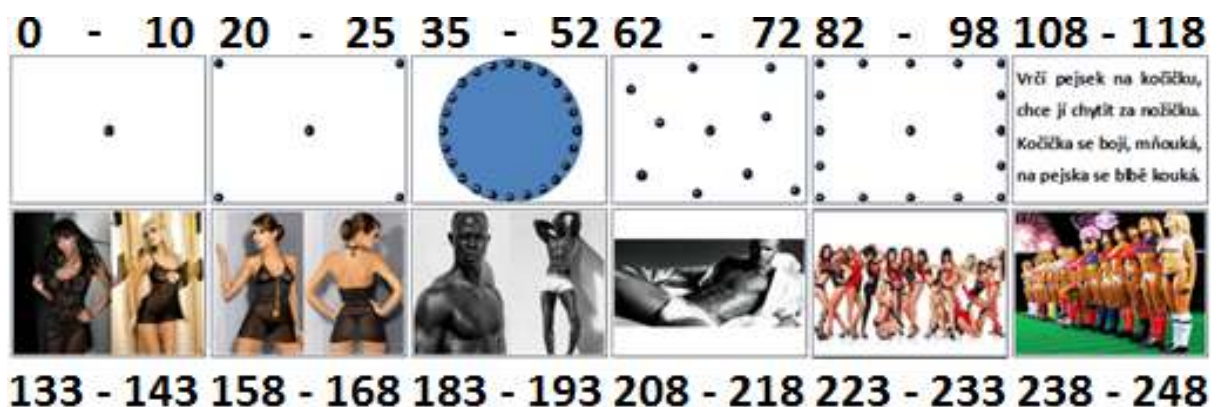
Tato kapitola se zabývá vizuálními podněty a jsou zde zobrazeny slajdy z prezentace i s jednotlivými popisky, které každému vizuálnímu podnětu předcházeli.

Jednotlivým měřeným osobám byla spuštěna prezentace s různými obrazovými podněty a přitom byl, zaznamenávám signál pomocí přístroje Biopac. Úkolem bylo sledovat černý bod, číst text, případně sledovat to nejzajímavější na fotografii. U slajdů, u kterých je to vhodné, je přidán výstup z vytvořeného programu se zobrazením nejsledovanějších míst (místa největšího zájmu osob jsou viditelná, zatímco místa nejmenšího zájmu jsou bílá).

Po skončení prezentace bylo každé osobě spuštěno video se sestřihy se zajímavými akcemi z NHL, kterému opět předcházel kalibrační obrazec. Při běhu videa, se opět zaznamenával EOG signál pomocí Biopacu.

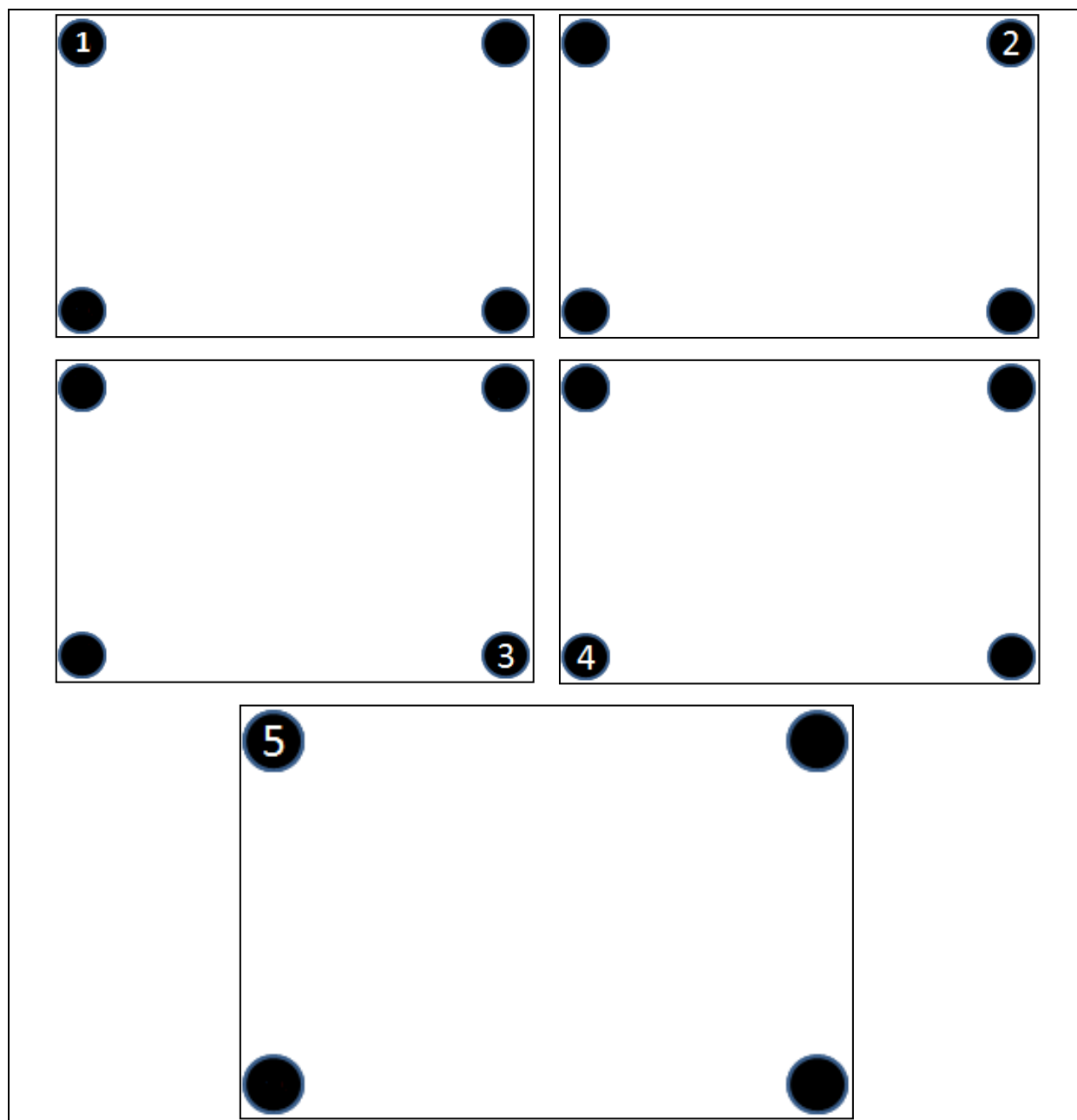
Prezentace byla vytvořena tak, aby bylo jednoduché naměřený signál zpracovat v programu Matlab.

Jednotlivé slajdy se zobrazovaly v nastavené časové ose a tímto se vytvořila i časová osa naměřeného signálu, kde po sjednocení začátku všech naměřených signálů by v jednom časovém okamžiku měli všechny osoby sledovat stejný bod. Toto nám zajistí, že při zobrazování více signálů najednou, budou zobrazovány správné úseky vybraných signálů.



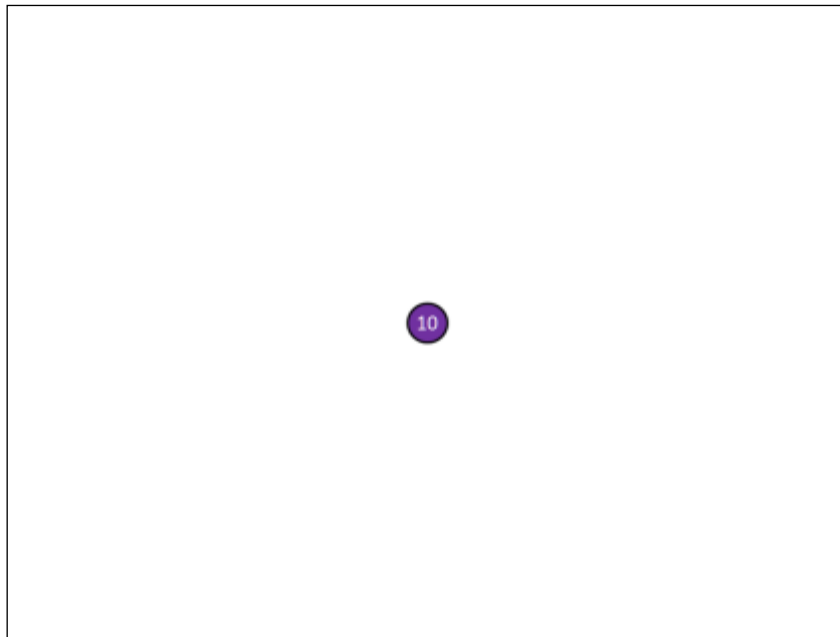
Obr. 9.1. Časová osa prezentace

Před každým slajdem s fotografií, nebo jiným obrazovým vjemem předcházet slajd s popisem co má daná měřená osoba sledovat. Před každou fotografií předcházet kalibrační slajd, který můžete vidět na Obr. 9.1. Ve kterém se postupně (po směru hodinových ručiček) zobrazoval body v jednotlivých rozích celé obrazovky. Tímto způsobem probíhala kalibrace rozsahu naměřeného signálu tak, aby odpovídala velikosti vizuálního podnětu.



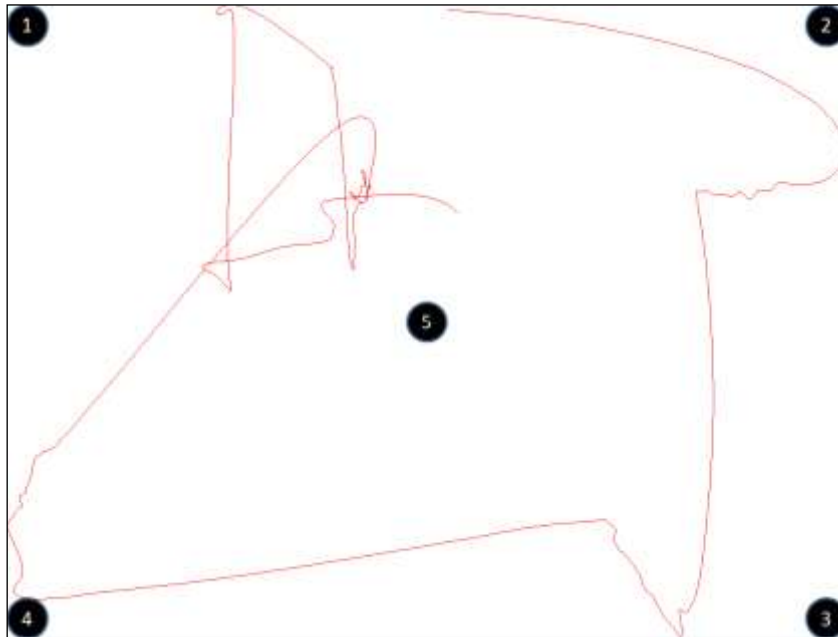
Obr. 9.2. Kalibrační obrazec

Obr. 9.3. znázorňuje slajd, ve kterém měla měřená osoba provést toto zadání: Sledujte bod uprostřed obrazovky, v kterém se budou postupně měnit čísla od 10 do 1 a barva. Pro čísla 10-6 bude barva bodu fialová a pro 5-1 byla černá. Při číslech 10-6 (fialová barva) budete mrkat očima a při číslech 5-1 budete hýbat pusou.



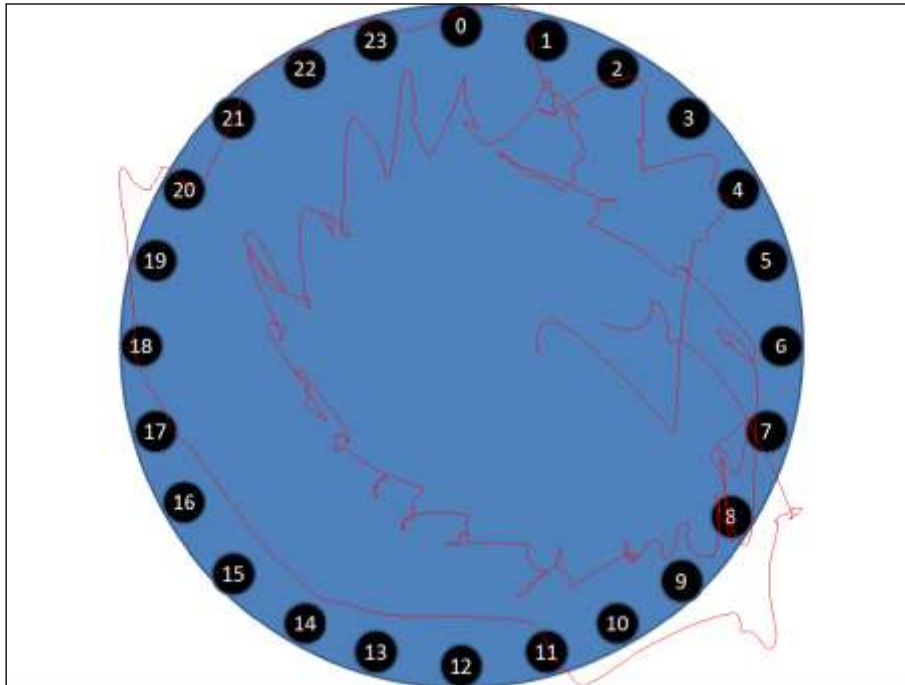
Obr. 9.3. Mrkání a hýbání pusou (čas 0-10s)

Obr. 9.6. znázorňuje slajd, ve kterém měla měřená osoba provést toto zadání: sledujte postupně se zobrazující body s čísly od 1 do 5.



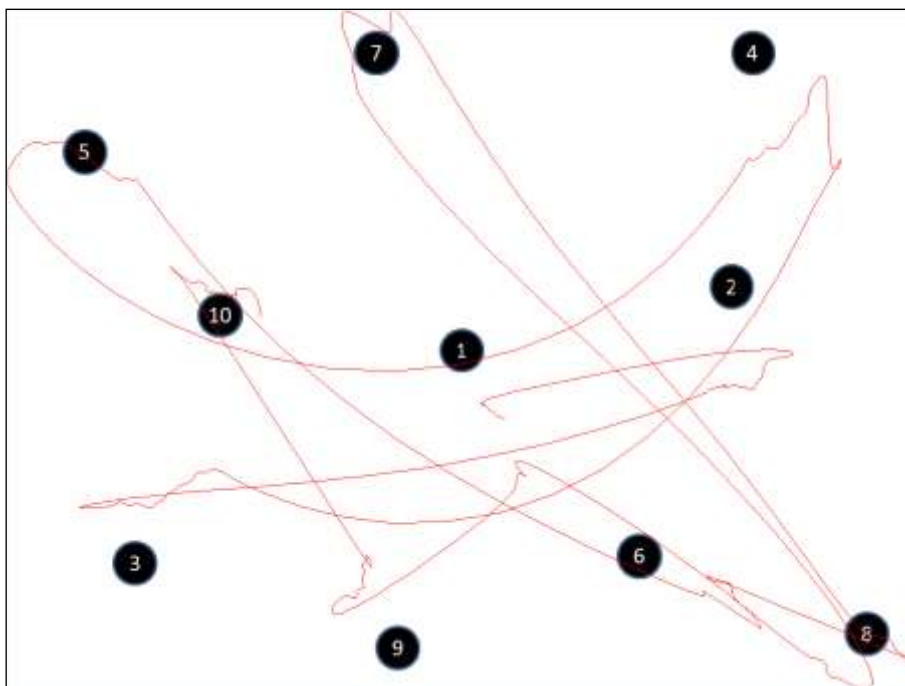
Obr. 9.4. kalibrační obrazec (čas 20-25s)

Obr. 9.5. znázorňuje slajd, ve kterém měla měřená osoba provést toto zadání: sledujte pohybující se bledě modrý bod, který se bude pohybovat ve směru hodinových ručiček. A poté sledujte postupně se zobrazující body s čísly od 0 do 23.



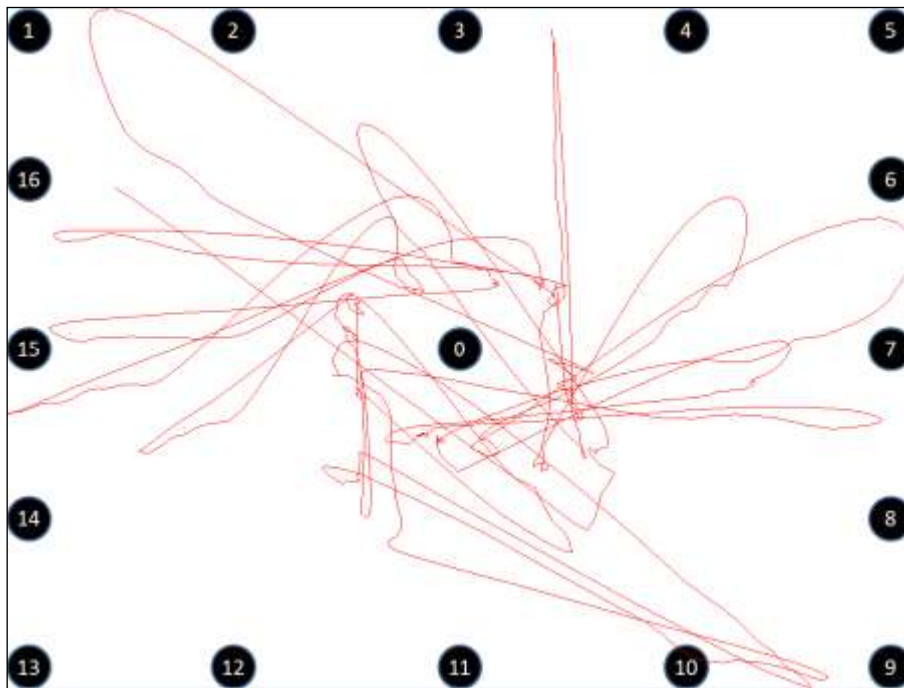
Obr. 9.5. Pohybující se bod po kruhu a zobrazující čísla od 0 do 23 (čas 35-52s)

Obr. 9.6. znázorňuje slajd, ve kterém měla měřená osoba provést toto zadání: Sledujte postupně se zobrazující čísla v černých bodech od 1 do 11.



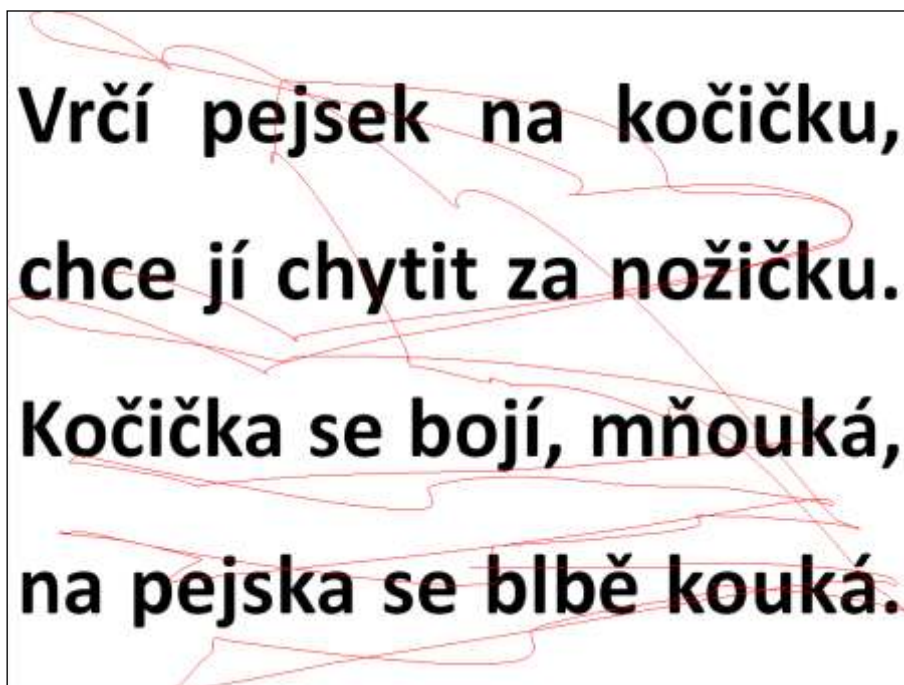
Obr. 9.6. Chaoticky se zobrazující body (čas 62-72s)

Obr. 9.7. znázorňuje slajd, ve kterém měla měřená osoba provést toto zadání:



Obr. 9.7. Body přesouvající se na střed (čas 82-98s)

Obr. 9.8. znázorňuje slajd, ve kterém měla měřená osoba provést toto zadání: Přečtěte si v klidu a pomalu říkanku.



Obr. 9.8. Říkanka (čas 108-118s)

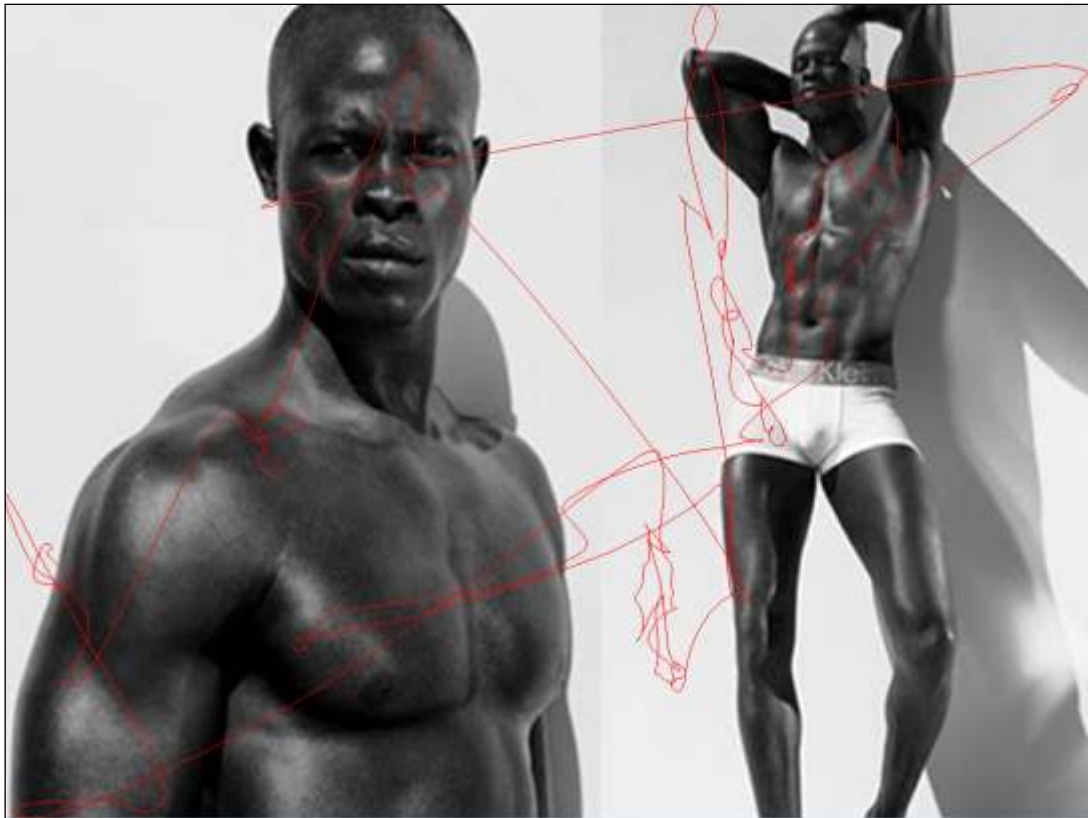
Obr. 9.9.-9.14. znázorňují slajdy, ve kterých se měla měřená koukat libovolně podle svého usouzení a zájmů.



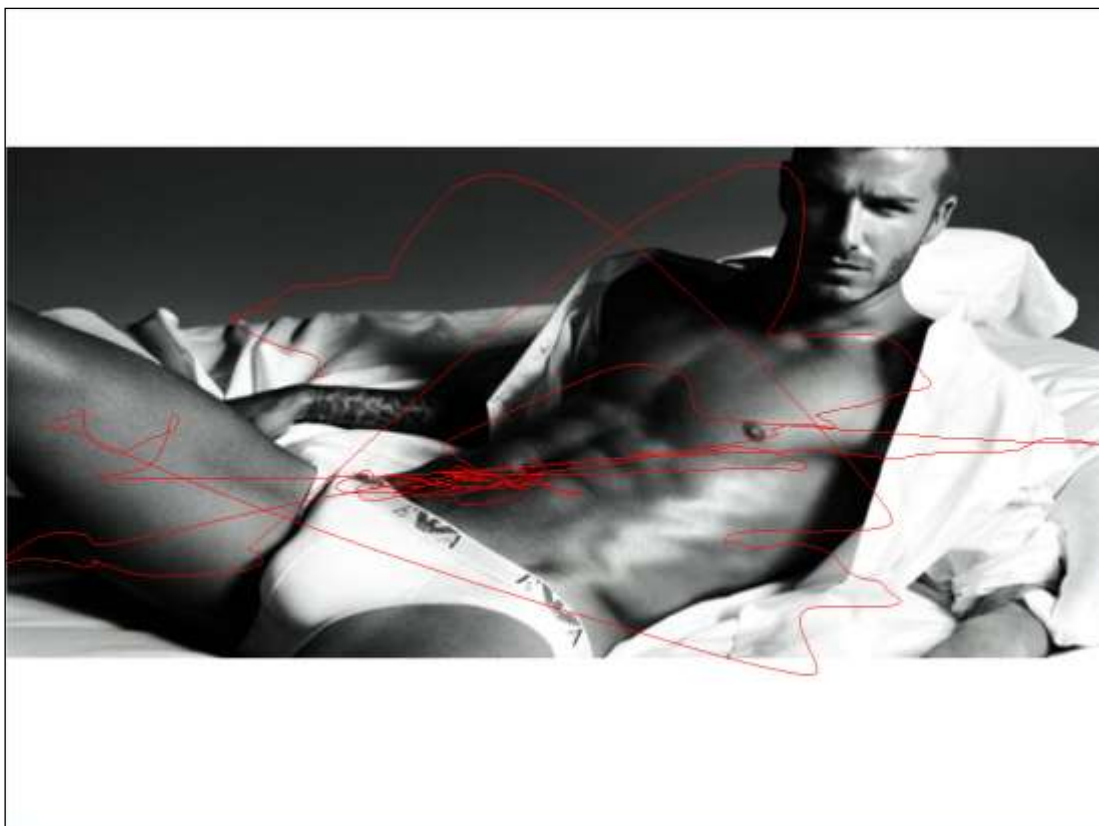
Obr. 9.9. Slečna 1 (čas 133-143s)



Obr. 9.10. Slečna 2 (čas 158-168s)



Obr. 9.11. Muž 1 (čas 183-193s)



Obr. 9.12. Muž 2 (čas 208-218s)



Obr. 9.13. Modelky (čas 223-233s)



Obr. 9.14. Fotbalistky (čas 238-248s)

10. Zpracování a zobrazení v programu Matlab

Jednotlivé naměřené signály se načítaly v programu Matlab R2009b, kde se dále zpracovávaly a zobrazovaly.

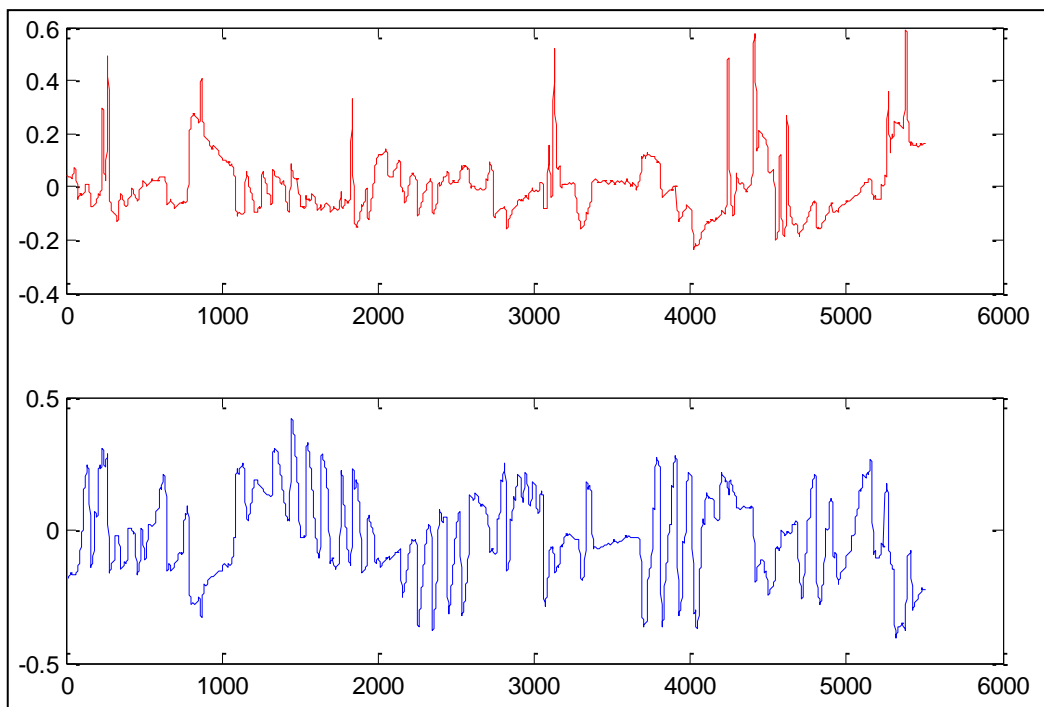
10.1 Zpracování signálů

Načtené signály se rozdělily podle časové osy, aby danému obrazovému vjemu odpovídala daná část signálu. Jelikož se signály zobrazovaly na obrázek o rozměrech 1100 x 825 pixelů a naměřený signál nabýval hodnot v intervalu od -1 do +1, bylo potřeba naměřený signál přepočítat na rozměry obrázku. Při přepočtu se ještě muselo brát v potaz, zda byl obrazový vjem, který pacient sledoval na celé ploše obrázku. Pokud ne, musel se signál přepočítat na správné rozměry.

V případě zpracování signálu z prohlížení videa se signál přepočítával na rozlišení videa.

10.2 Odstranění mrknutí

I když bylo jednotlivým osobám v pokynech doporučeno, aby se snažili nemrkat ve chvílích, kdy je na obrazovce obrazový podnět, prakticky žádná ze sledovaných osob nebyla schopna mrkání v těchto chvílích zcela potlačit. To je patrné na Obr. 10.1 nahoře (červená). Vysoké tenké píky odpovídají právě mrknutí. Zatímco na Obr.10.1. dole (modrá) můžete vidět ideální průběh signálu bez mrknutí.

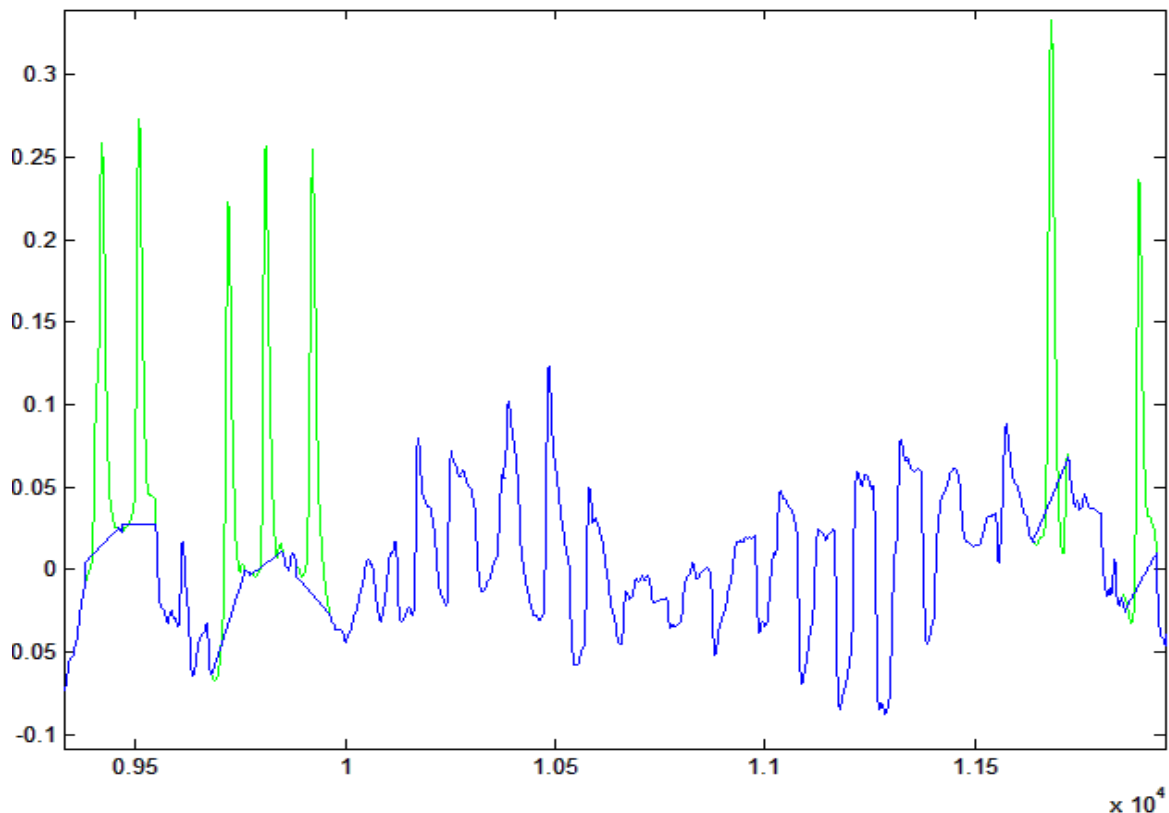


Obr. 10.1. Signál s píky značící mrknutí

Jelikož by tyto píky v horizontálním signálu (tj. signál z bipolárních elektrod snímající pohyb očí nahoru a dolů), vnášely do zobrazování trajektorie očí značnou chybu, bylo nutné tyto výchylinky způsobené mrknutím z naměřených signálů odfiltrout.

Filtrace spočívala v tom, že se nejprve našly maxima těchto výchylek podle předem nastavené prahové hodnoty. Poté se muselo zjistit, zdali se skutečně jedná o pík způsobený mrknutím. Pozorováním bylo zjištěno, že píky způsobené mrknutím mají náběžnou a sestupnou hranu velice strmou. Proto byla zadána podmínka, která měla za úkol vybrat právě ty píky, které mají dostatečně strmé hrany, což bylo algoritmicky realizováno porovnáváním výšky signálu v úsecích těsně kolem maxima. Součástí filtrace byla také podmínka, aby výška píku překročila určitou mez. Protože v případě, že by sledovaná osoba prudce změnila pohyb oka v horizontálním směru, mohl by mít pík odpovídající tomuto pohybu, stejně strmé hrany, avšak o mrknutí by se přitom nejednalo. Po zjištění skutečných „mrknutí“ v signálu se dané úseky signálu od začátku píku až do konce nahradily novým úsekem. Tento nový úsek byl realizován přímou interpolací mezi hodnotou signálu těsně před píkem a těsně po píku reprezentujícího mrknutí. Navíc se jedná o velmi malý časový úsek cca 0,2 vteřiny.

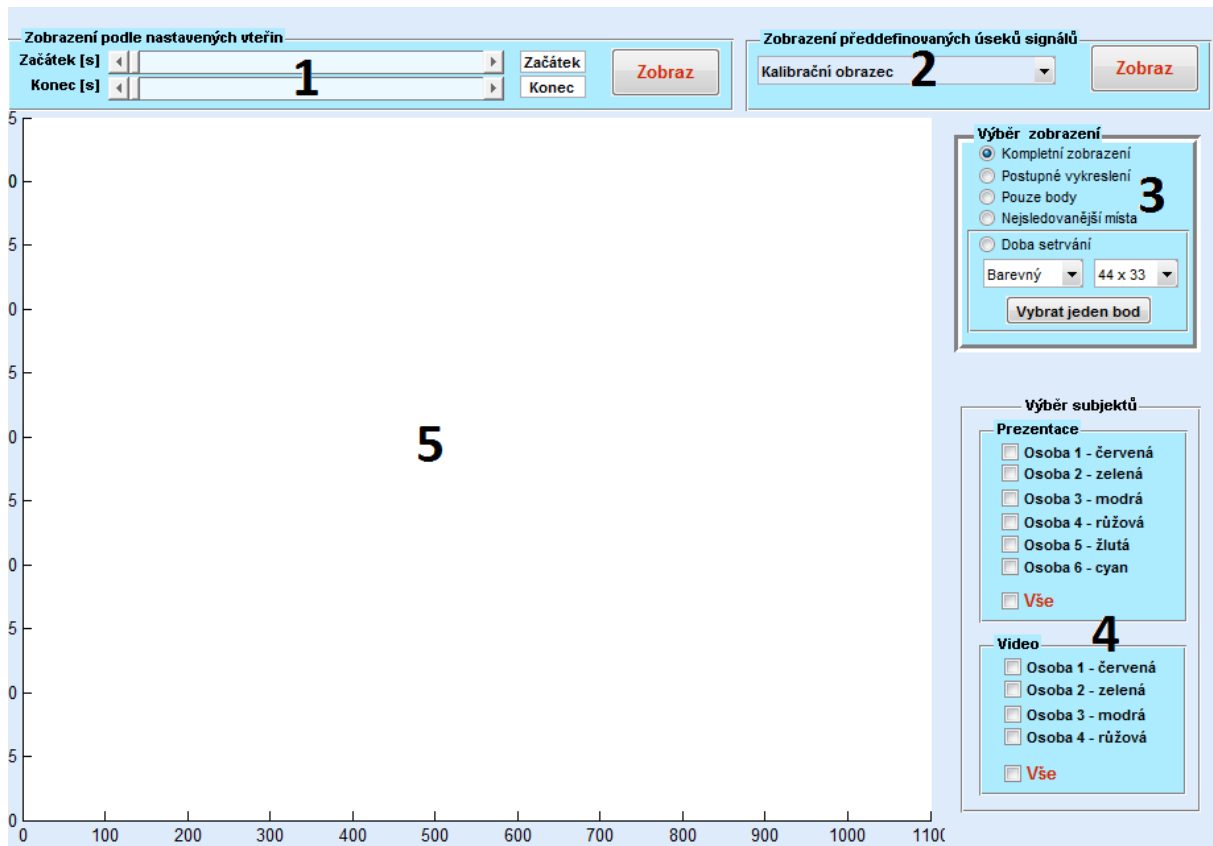
Výsledný vyfiltrovaný signál můžete vidět na Obr. 10.2., kde zelenou barvou jsou znázorněny píky které byly vyfiltrovány a modrou barvou je znázorněn nový signál.



Obr. 10.2. Signál s píky značící mrknutí

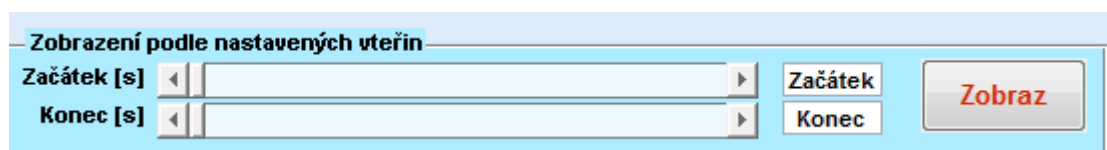
10.3 Grafické rozhraní „Fůze“

Pro snadnou vizualizaci naměřených dat bylo vytvořeno grafické rozhraní, kde je možnost vybrat a zobrazit jednotlivé obrazové podněty a jím příslušné signály. Obr. 10.3 zobrazuje grafické prostředí „Fůze“. Jsou v něm očíslovány jednotlivé prvky, u kterých jsou dále vysvětleny jejich funkce.



Obr. 10.3. Grafické rozhraní GUI

Číslo jedna v Obr. 10.3. označuje panel, ve kterém je možné vybrat začátek a konec zobrazovaného signálu buď pomocí jezdců, případně vepsáním konkrétních vteřin do kolonek. Stisknutí tlačítka Zobrazit poté zobrazí vybrané signály. Panel je zobrazen na Obr. 10.4.

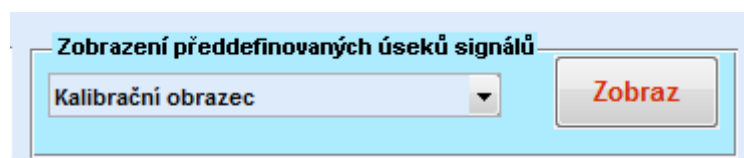


Obr. 10.4. Panel 1 programu „Fůze“

Číslo dva v Obr. 10.3. označuje panel, ve kterém je z rolovací lišty možné vybrat předdefinované úseky signálů. Stisknutí tlačítka Zobrazit poté zobrazí vybrané signály. Panel dva je zobrazen na Obr. 10.5.

Předdefinované úseky signálů:

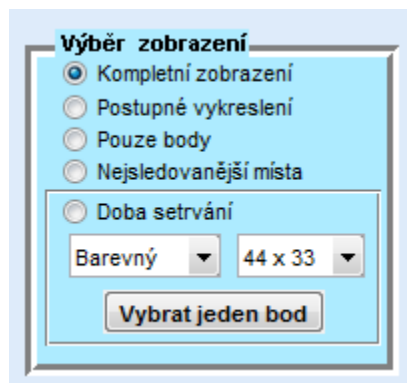
- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. Kalibrační obrazec | 7. Slečna 2 |
| 2. Kruhový obrazec | 8. Muž 1 |
| 3. Rozházené body | 9. Muž 2 |
| 4. Posun bodů na střed | 10. Video NHL |
| 5. Čtení textu | 11. Celý průběh signálu |
| 6. Slečna 1 | |



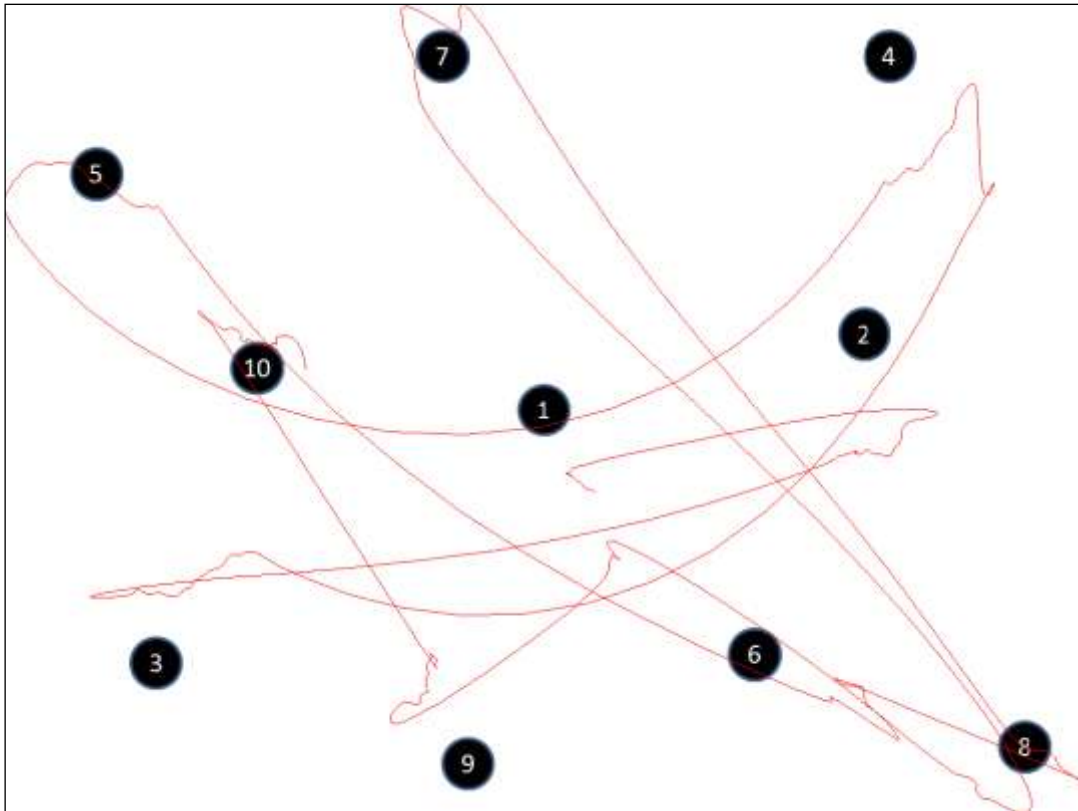
Obr. 10.5. Panel 2 programu „Fůze“

Číslo tři v Obr. 10.3. označuje panel, ve kterém se zaškrťávají jednotlivé druhy zobrazení signálů. Tento panel je zobrazen na Obr. 10.6. Signály po úpravě se dají zobrazit pěti způsoby:

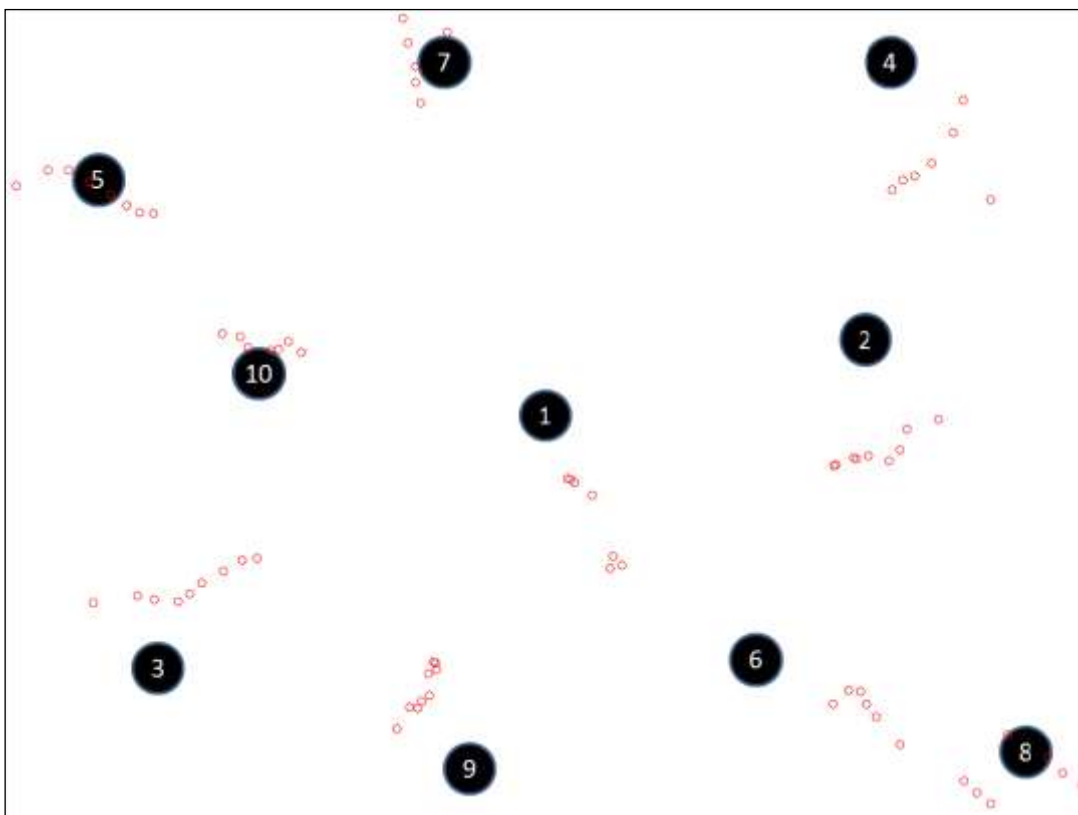
1. V celé délce najedenou. Viz Obr. 10.7.
2. Postupně vykreslovaný signál, s možností sledovat pohyb pozorování. Viz Obr. 10.8.
3. Zobrazení pouze bodů kam se osoba koukala. Viz Obr. 10.9.
4. Zobrazení míst kam se osoby koukaly nejčastěji. Viz Obr. 10.10. Zbylé slajdy, u nichž je vhodné zobrazit nejfrekventovanější místa, jsou v příloze Kapitola 13.4.
5. Zobrazení doby sledování jednotlivých míst. S možností zobrazení času stráveného na jednotlivých místech po kliknutí. Viz Obr. 10.11.



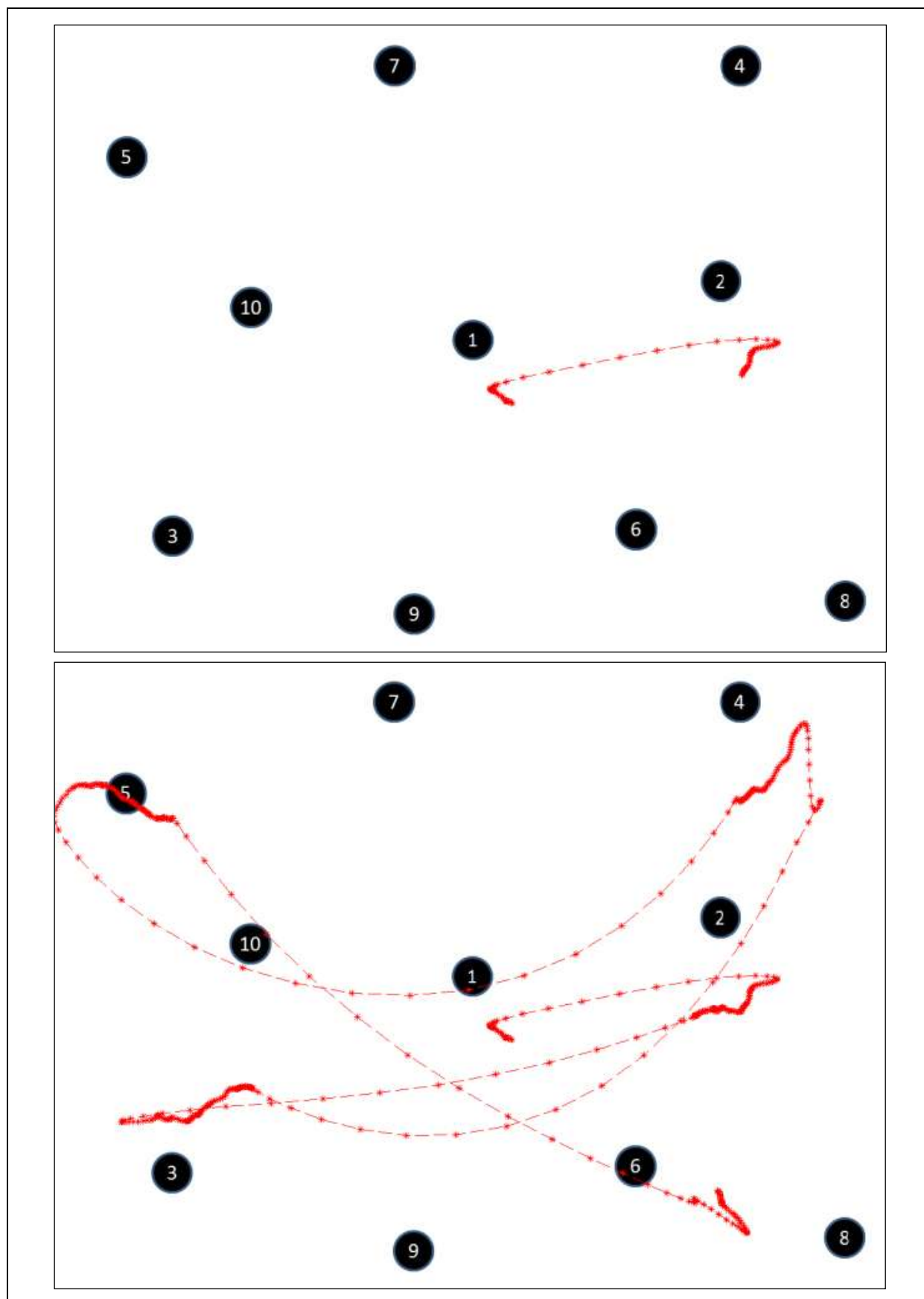
Obr. 10.6. Panel 3 programu „Fůze“



Obr. 10.7. Zobrazení celého průběhu najednou



Obr. 10.8. Zobrazení bodů



Obr. 10.9. Postupné vykreslení průběhu



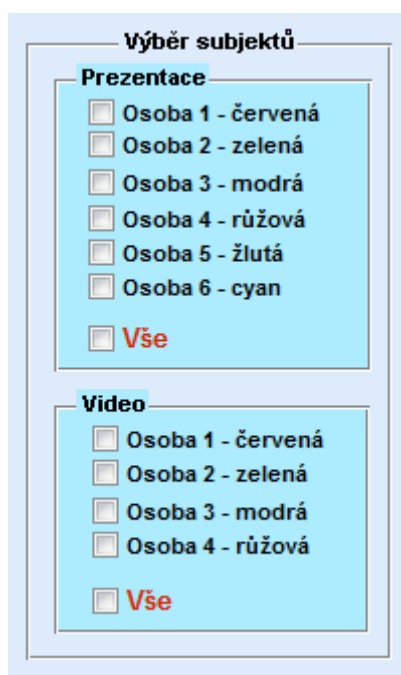
Obr. 10.10. Zobrazení pouze nejsledovanějších míst vizuálního podnětu „Slečna 2“



Obr. 10.11. Zobrazení doby sledování jednotlivých míst vizuálního podnětu „Slečna 2“

V příloze kapitola 13. jsou jednotlivé vizuální podněty zobrazeny pomocí všech druhů zobrazení

Číslo čtyři v Obr. 10.3. označuje panel, ve kterém se zaškrťávají signály jednotlivých osob. Nahoře se vybírají signály pro statické obrázky z prezentace a dole signály pro video. Je zde možnost výběr jediného signálu, kombinace více signálů a výběr všech signálů zaškrtnutím políčka „Vše“. Každý signál má jinou barvu pro lepší orientaci v obraze. Panel je zobrazen na Obr. 10.12.

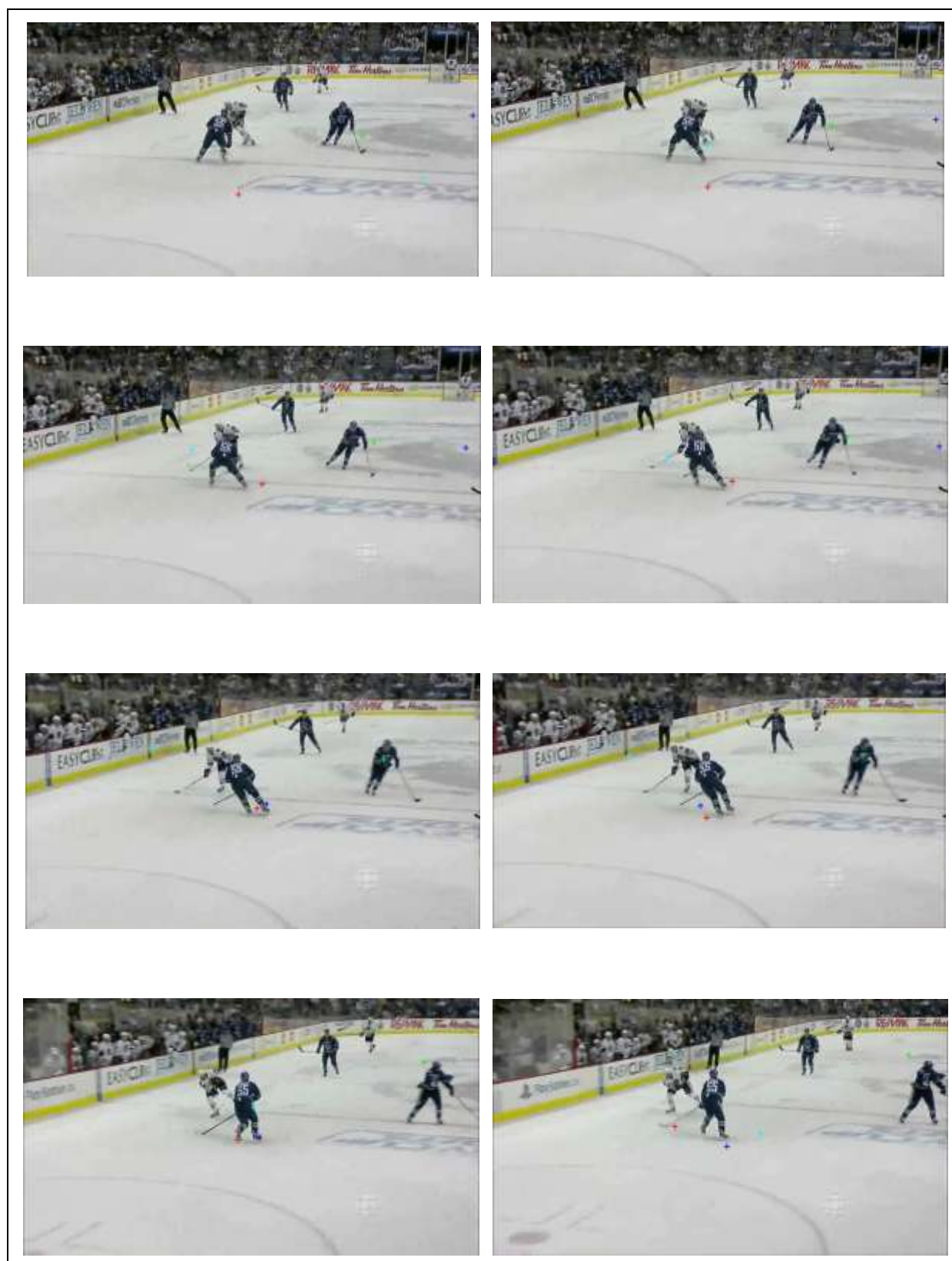


Obr. 10.12. Panel 4 programu „Fúze“

Číslo pět v Obr. 10.3. označuje panel, ve kterém se zobrazují vybrané obrazové podněty fúzované s vybranými signály.

10.4 Zobrazení signálů z videa

Po přepočítání signálu z videa se načetlo video do programu Matlab a navzorkovalo na jednotlivé obrázky. Poté se do jednotlivých obrázků vkládaly body, které odpovídaly danému obrázku a následně se zobrazovaly. Zobrazené video má FPS 15 snímků za vteřinu. Ukázku videa je možné vidět na Obr 10.13.



Obr. 10.13. Zobrazení části videa

11. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo seznámit se s fyziologií svalů užívaných pro pohyb oka. Nastudovat problematiku měření povrchového EMG signálu a měření elektrookulogramu.

Změřené signály pomocí metody EOG vesměs odpovídají parametrům uvedeným v Tab. 4.1. V některých případech má sice signál zhoršené prostorové rozlišení, to ale může být způsobeno neideálním kontaktem mezi elektrodou a pokožkou.

Po změření signálů pro dané vizuální podněty byl vytvořen v Matlabu program který naměřená data zpracovává a zobrazuje je současně s vizuálním podnětem. Po spuštění si program načte soubory s naměřenými daty. Tyto signály se rozkouskují j jednotlivým vizuálním podnětům a následně se přepočítávají na rozměr vizuálního podnětu, pro jednodušší zobrazení.

K nejpovedenějším vizuálním podnětům patří vizuální podnět „Rozházené body“ viz Obr. 9.6. kde je vidět velice pěkná trajektorie pohybu očí měřené osoby, která sledovala postupně se zobrazující body. Naopak zřejmě nejhorší vizuální podnět je „Posun bodů na střed“ viz Obr. 9.7. Kde je trajektorie pohybu značně odlišná od ideálního ideálního průběhu. Tato značná nepřesnost byla zřejmě způsobena tím, že pohyb jednotlivých černých bodů směrem na střed byl moc rychlý (0,5 s) a proto měli měřené potenciály neadekvátní hodnotu než by tomu tak bylo při pomalém pohybu.

Zobrazení je možné pomocí pěti různých způsobů, které jsou popsány v kapitole 10.3. Při výběru z předdefinovaných vizuálních podnětů se zobrazí pouze úsek signálu odpovídající danému podnětu.

V programu je také možnost vybrat zobrazovaný úsek signálu zadáním začátku a konce zobrazovaného signálu. Signály (odpovídají záznamům jednotlivých osob) se mohou zobrazovat po jednom, po více, či všechny najednou. Záleží na zatržení jednotlivý signálů.

Jednou z možností je i zobrazení videa. Při tomto zobrazení se video načte a do jednotlivých vzorků videa se vkládají body představující pohledy jednotlivých osob.

Celý program „Fúze“ má grafické prostředí GUI, viz Obr. 9.5. Takže výběr jednotlivých vizuálních podnětů a signálů jednotlivých osob je velice jednoduchý a rychlý.

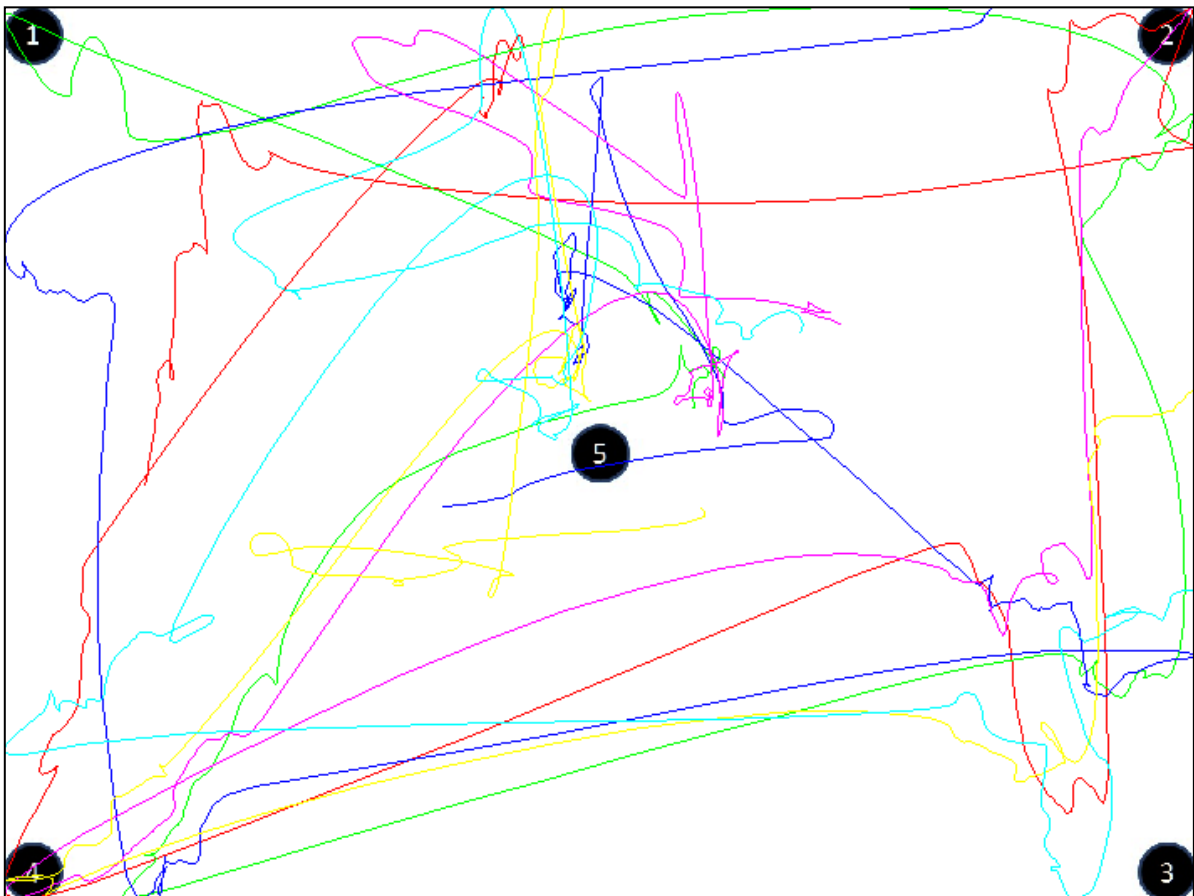
12. Seznam literatury

- [1] Synek, S., Skorkovská, Š. *Fyziologie oka a viděn.* Grada Publish, a.s., 2004, ISBN: 80-247-0786-1
- [2] Syka, J., Voldřich, L., Vrabec, F., *Fyziologie a patofyziologie oka a vidění.* Avicentrum, Praha 1981, ISBN: 08-010-81
- [3] Kvapilíková, K., *Enatomie a embryologie oka.* Idvzp, Brno 2000, ISBN: 80-7013-313-9
- [4] Fejtová, M., Fejt, J., *Oko jako počítačová periferie.* ČVUT Fakulta elektrotechnická, Praha, Lékař a Technika, Ročník 36, Leden 2006 URL:
http://biomed.fbmi.cvut.cz/archiv/LaT_1_06.pdf
- [5] Knox, P. C., *The Parameters of Eye Movement.* [cit. 2003-16-04]. Učební materiál, URL: <http://www.liv.ac.uk/~pcknox/teaching/Eymovs/params.htm>
- [6] Dufek, J., *Elektromyografie.* Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, BRNO 1995, ISBN: 80-7013-208-6
- [7] Kolář, R., *Téma 2 EMG, prezentace k přednáškám* Brno: Vysoké učení Technické, URL:
www.vutbr.cz/elearning/file.php/86806/Prednasky/Kolar/Tema2_EMG.pdf

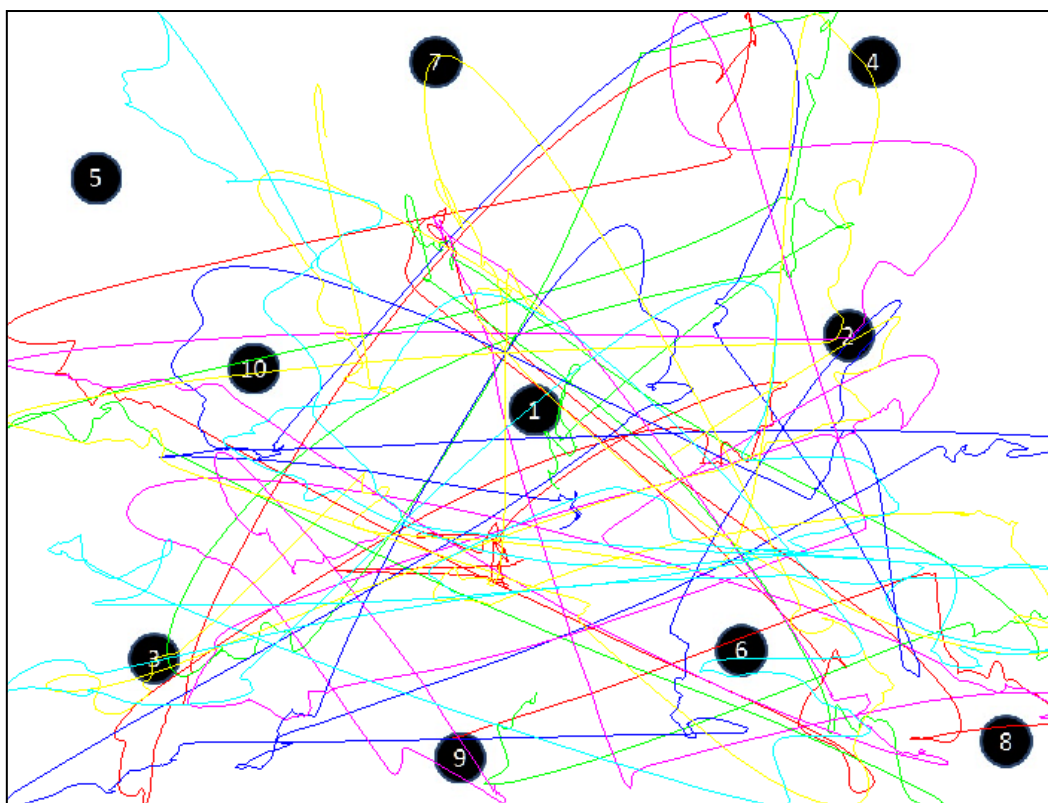
13. Příloha

13.1 Zobrazení celého signálu

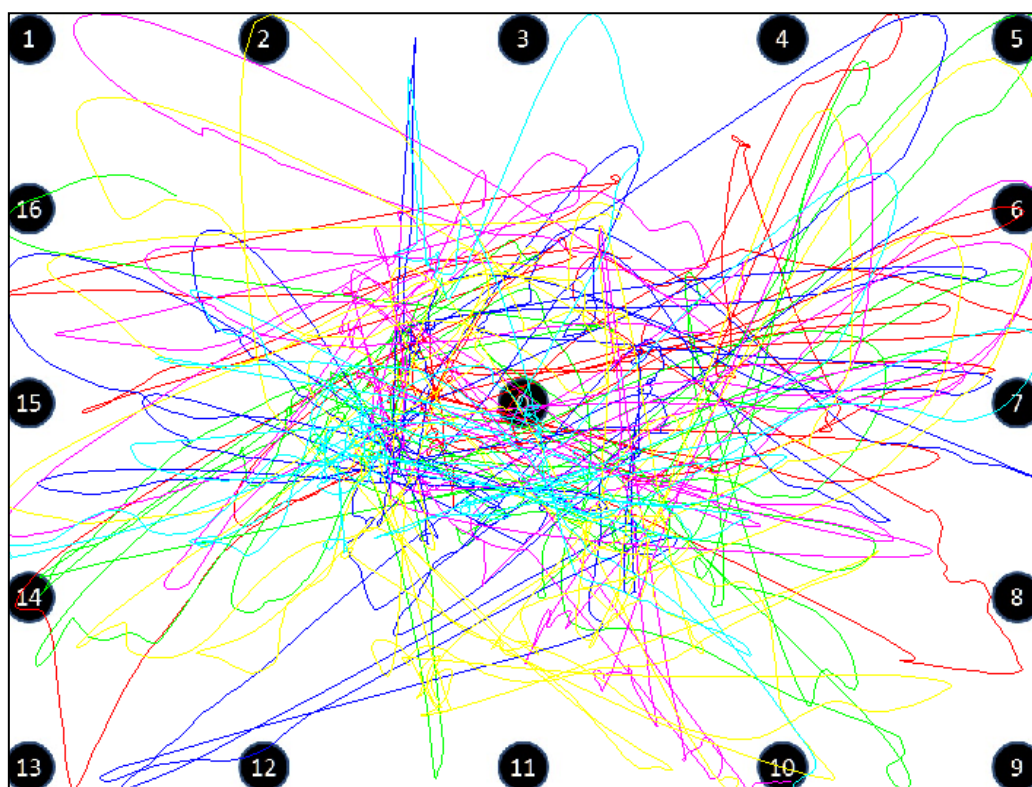
Zobrazí se celý signál pro daný vizuální podnět.



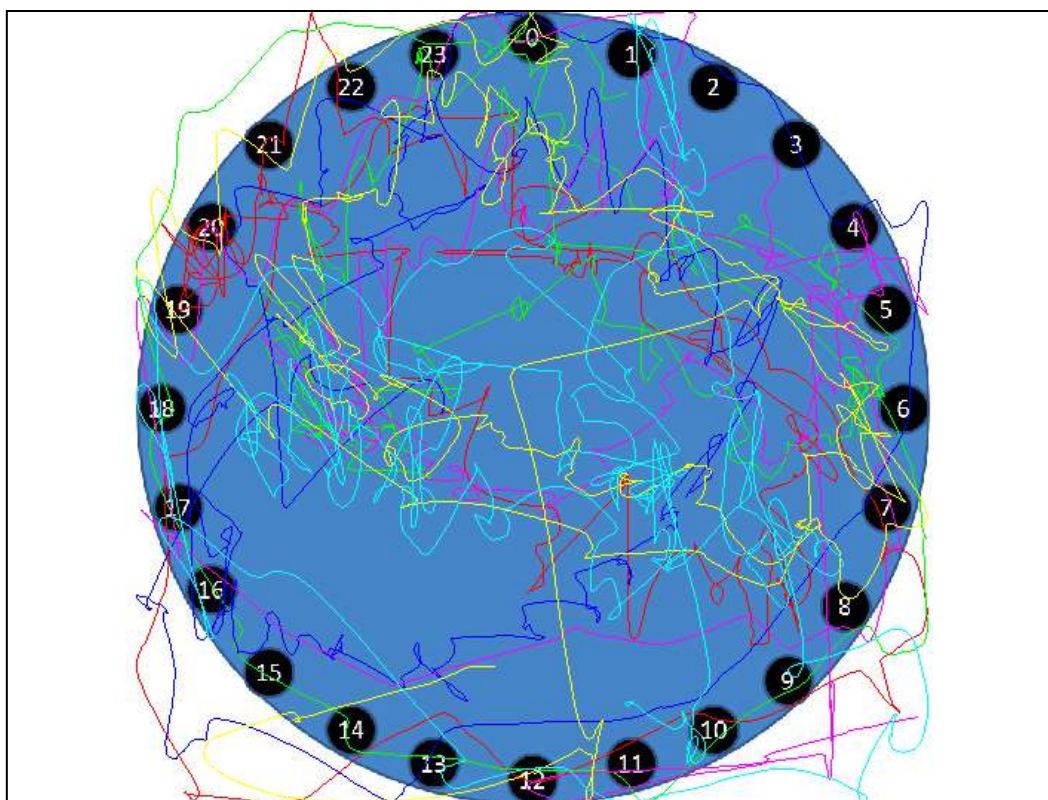
Obr. 13.1. Obrázek: Kalibrace



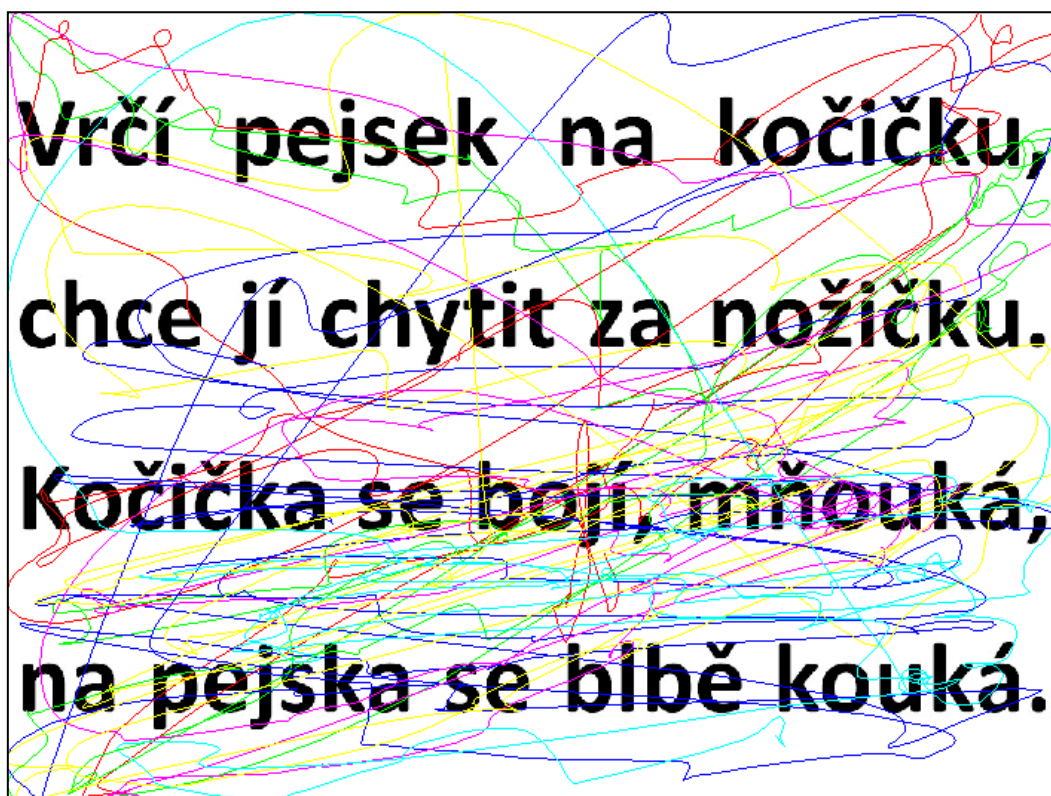
Obr. 13.2. Obrázek: Rozházené body



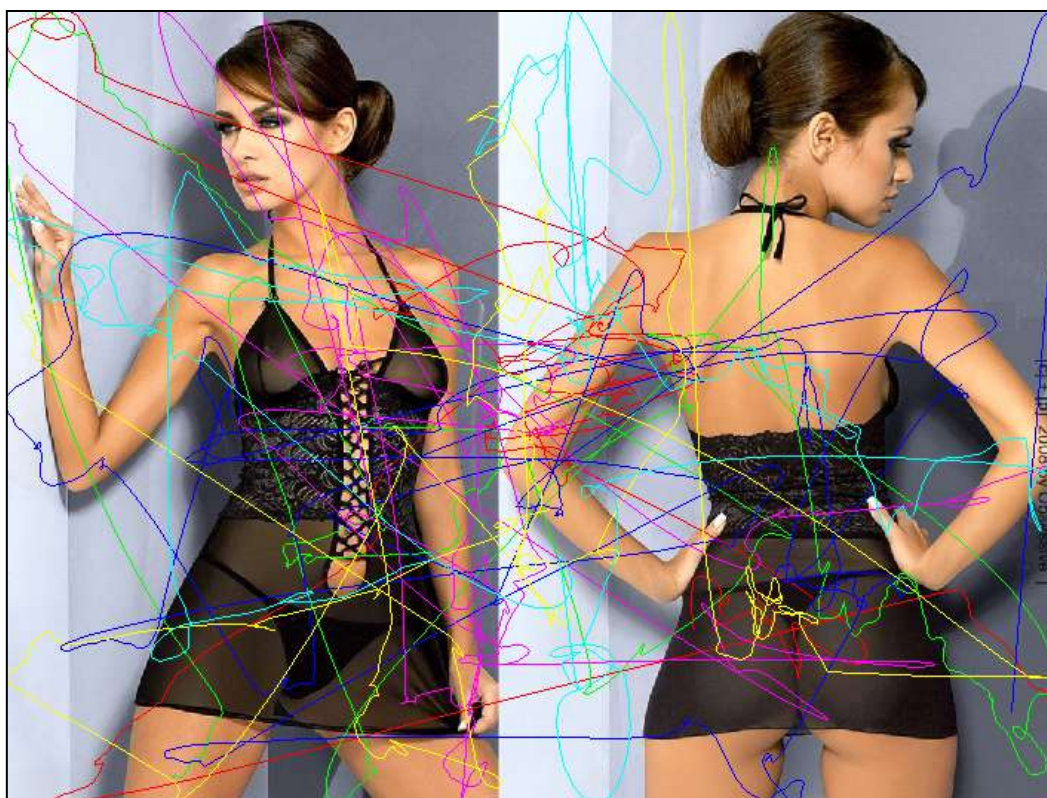
Obr. 13.3. Obrázek: posun bodů na střed



Obr. 13.4 Obrázek: Kruh



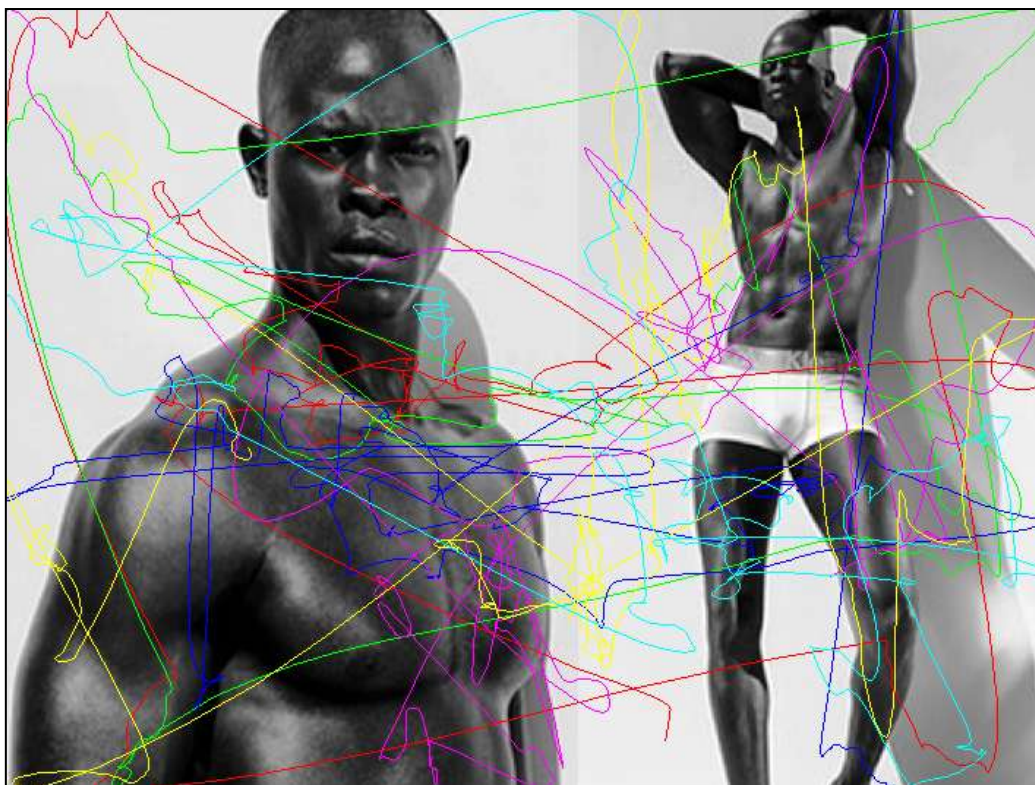
Obr. 13.5. Obrázek: Text



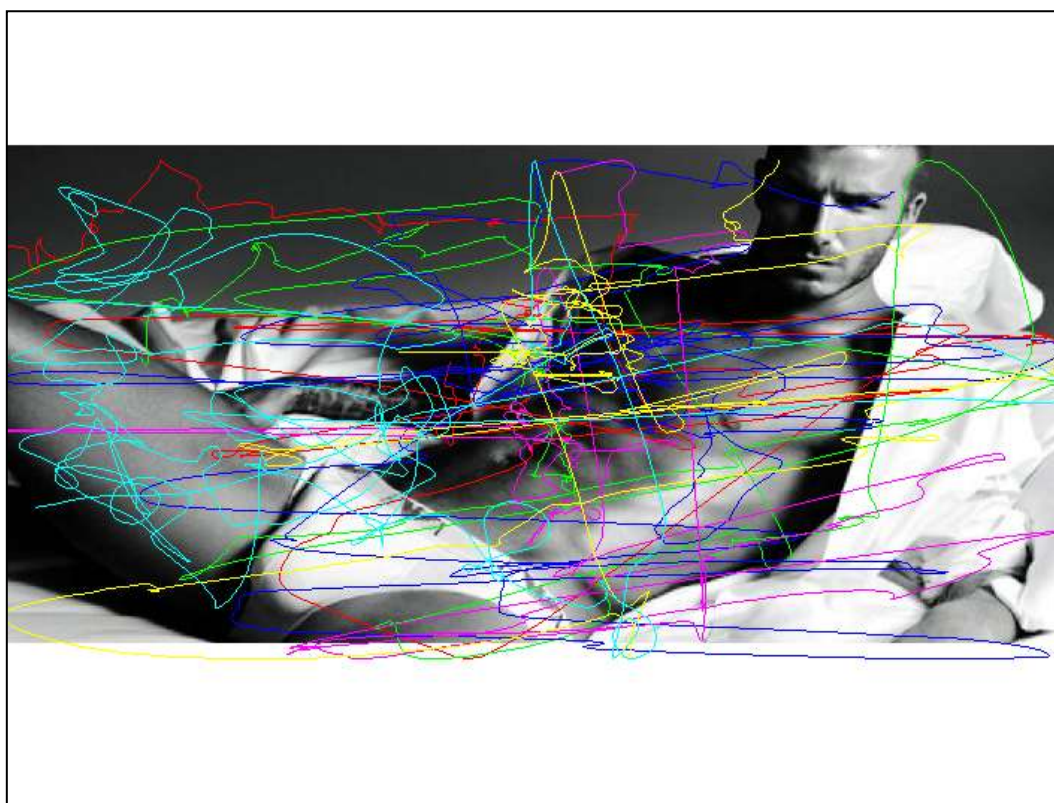
Obr. 13.6. Obrázek: Slečna 1



Obr. 13.7. Obrázek: Slečna 2



Obr. 13.8. Obrázek: Muž1



Obr. 13.9. Obrázek: Muž 2



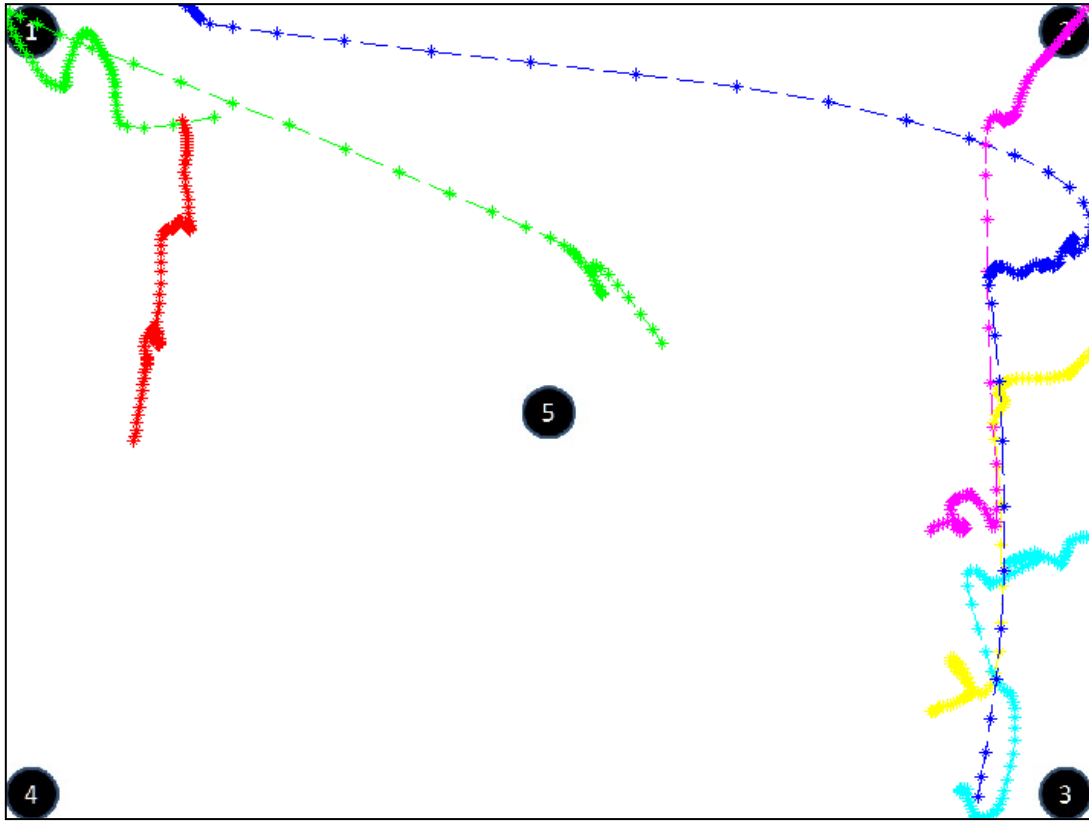
Obr. 13.10. Obrázek: Modelky



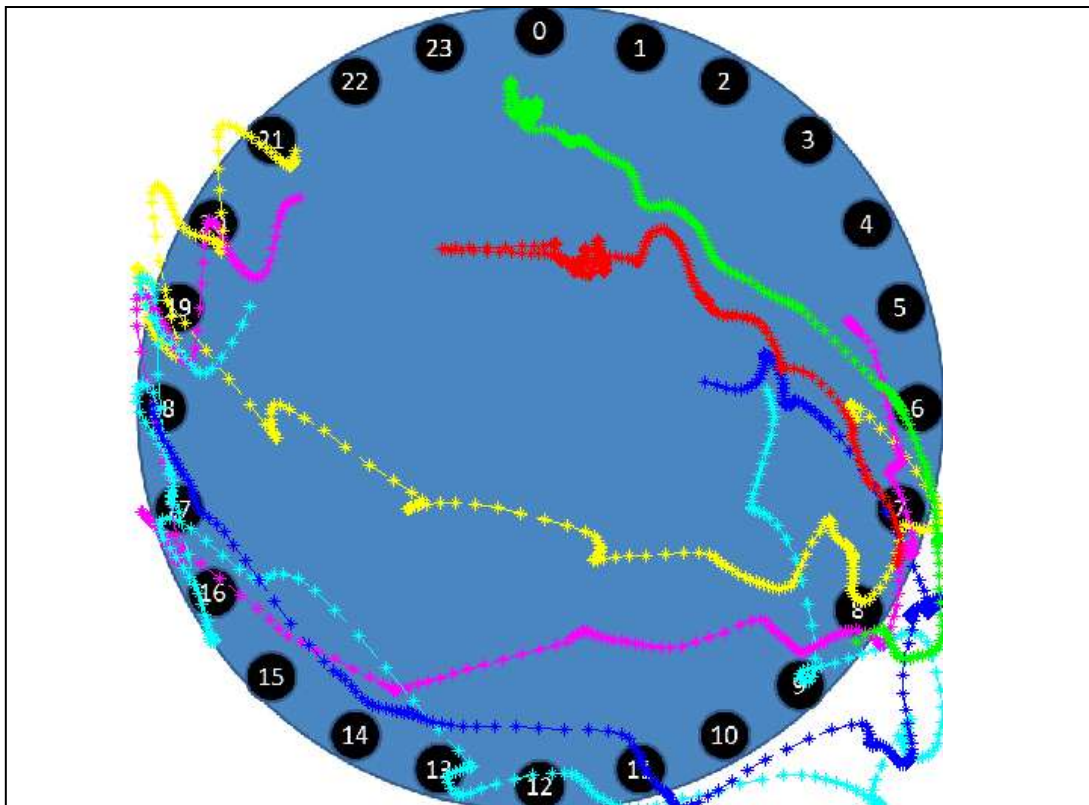
Obr. 13.11. Obrázek: Fotbalistky

13.2 Postupné zobrazení signálu

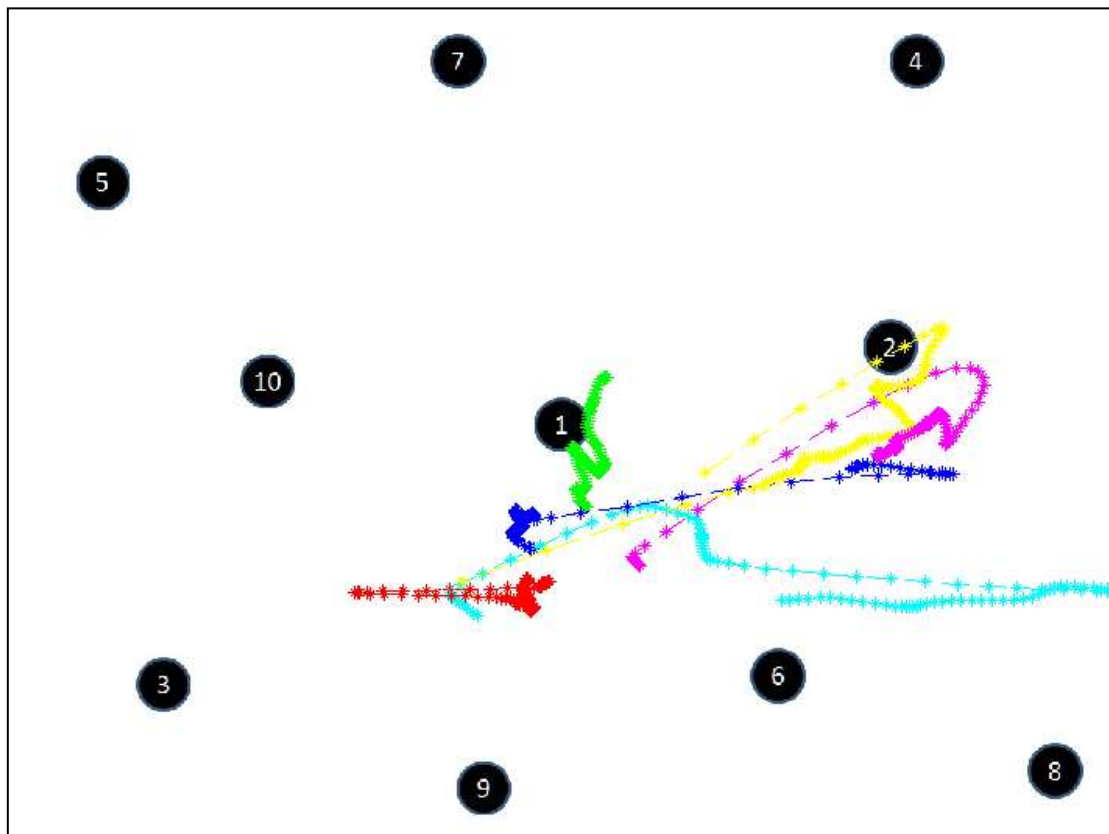
Signál se zobrazuje postupně, ve stejné rychlosti, jako byl pohyb očí po vizuálním podnětu.



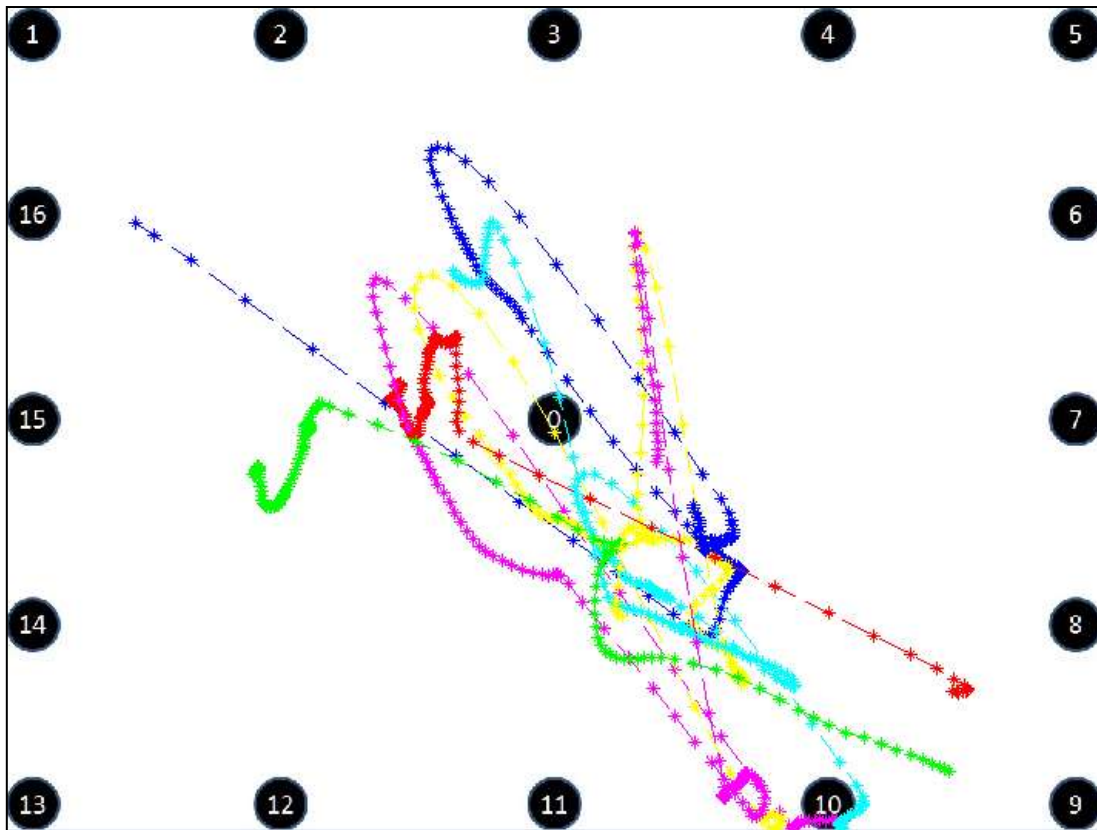
Obr. 13.12. Obrázek: Kalibrace



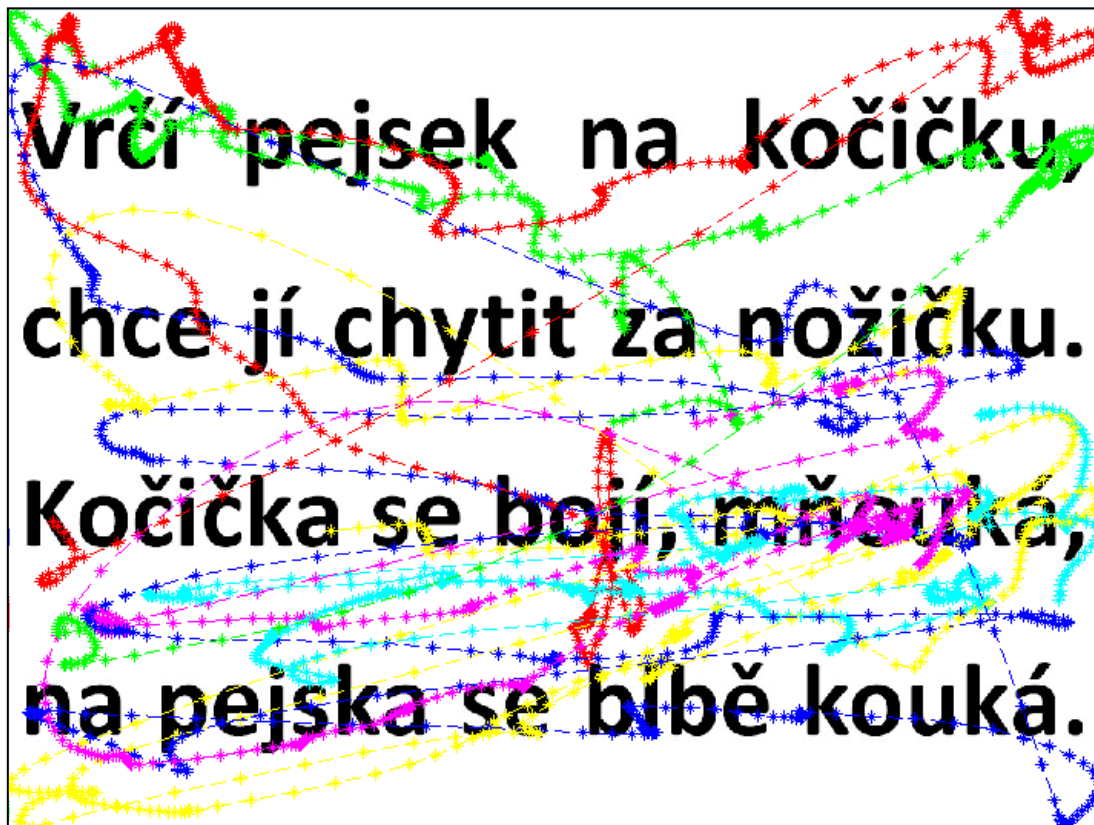
Obr. 13.13. Obrázek: Kruh



Obr. 13.14. Obrázek: Rozházené body



Obr. 13.15. Obrázek: Posun



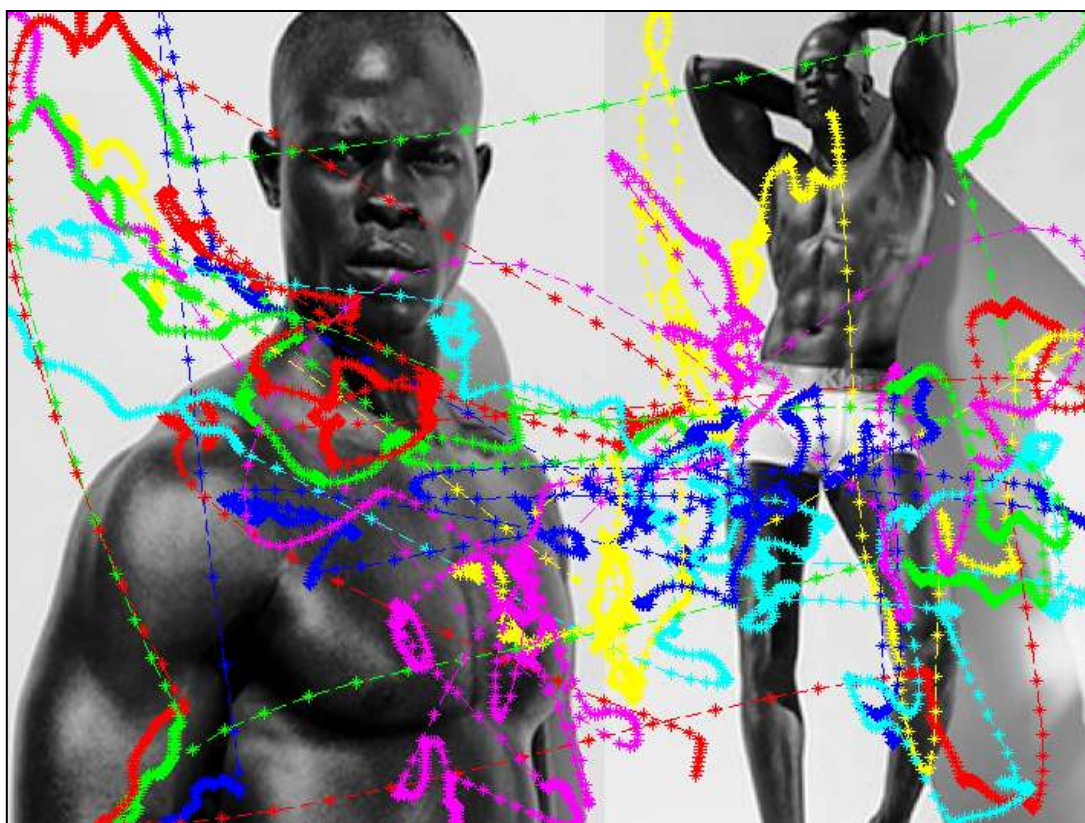
Obr. 13.16. Obrázek: Text



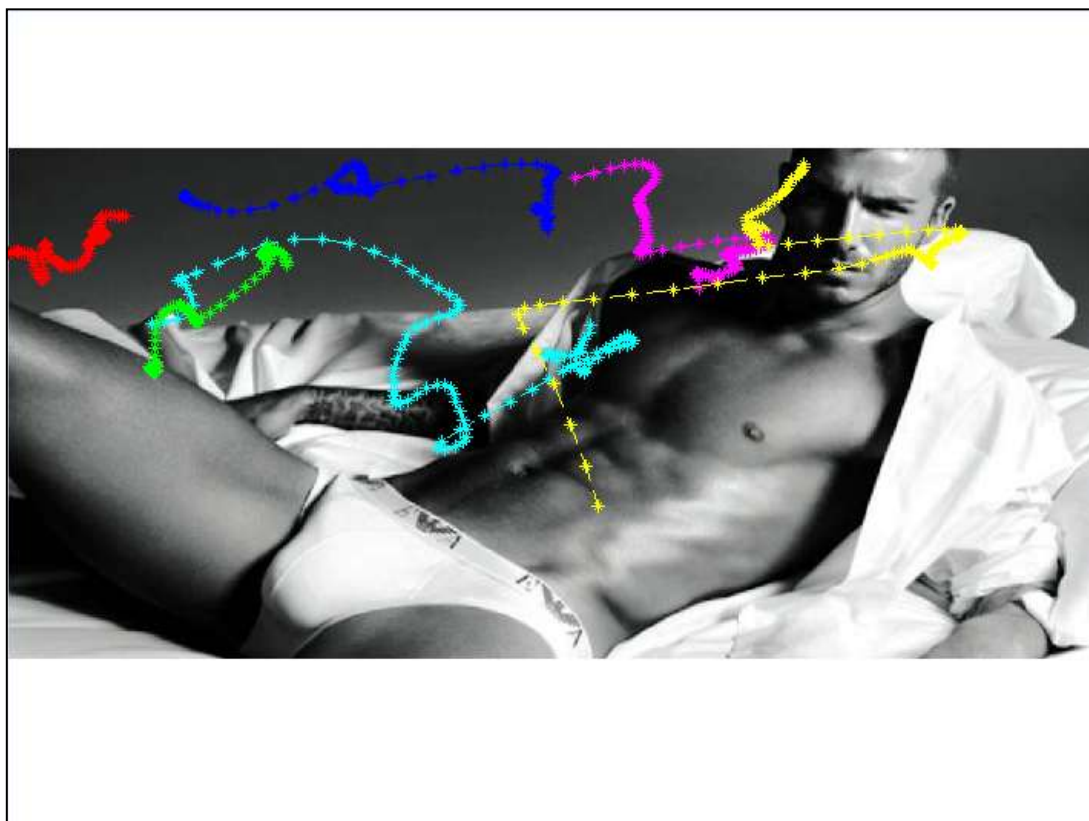
Obr. 13.17. Obrázek: Slečna 1



Obr. 13.18. Obrázek: Slečna 2



Obr. 13.19. Obrázek: Muži



Obr. 13.20. Obrázek: Muž 2



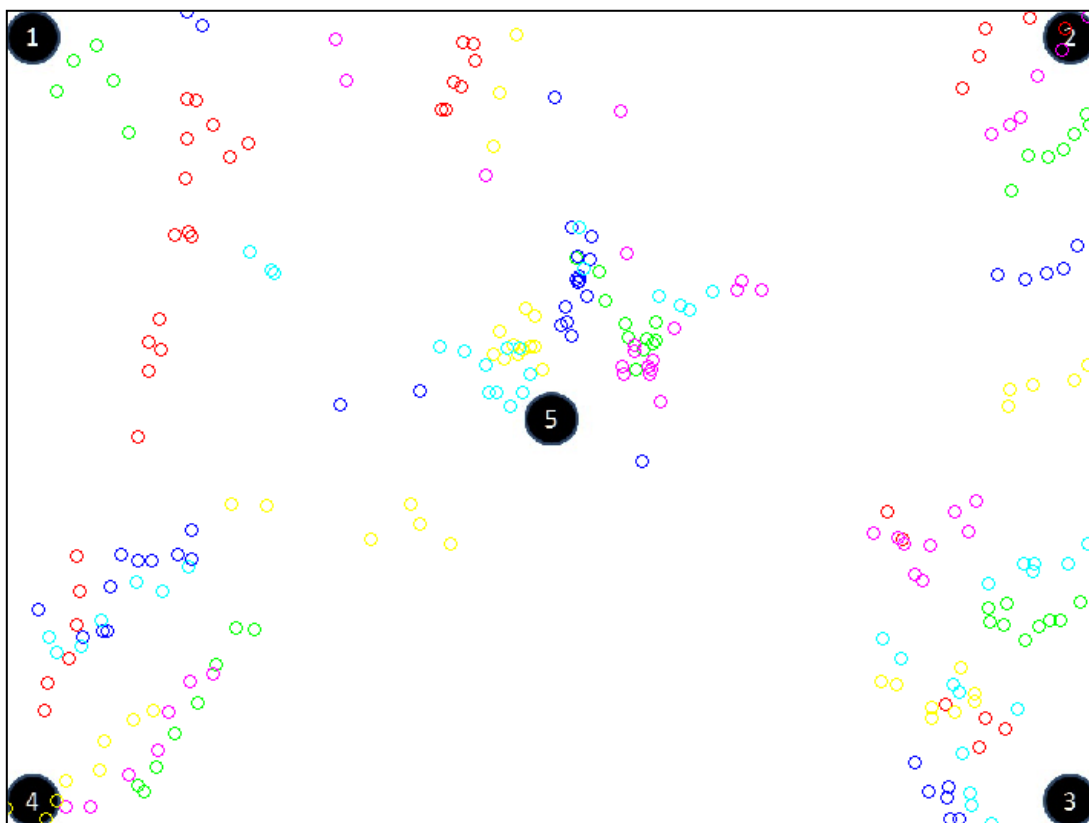
Obr. 13.21. Obrázek: Modelky



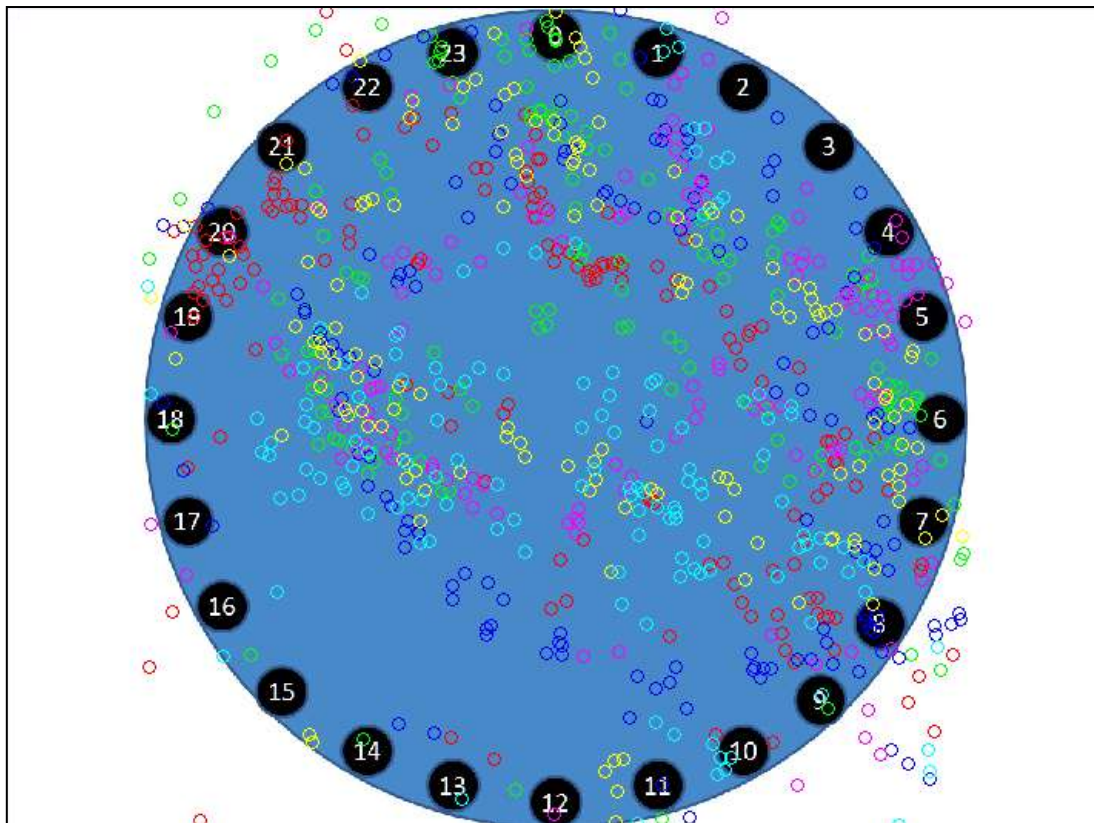
Obr. 13.22. Obrázek: Fotbalistky

13.3 Zobrazení bodů

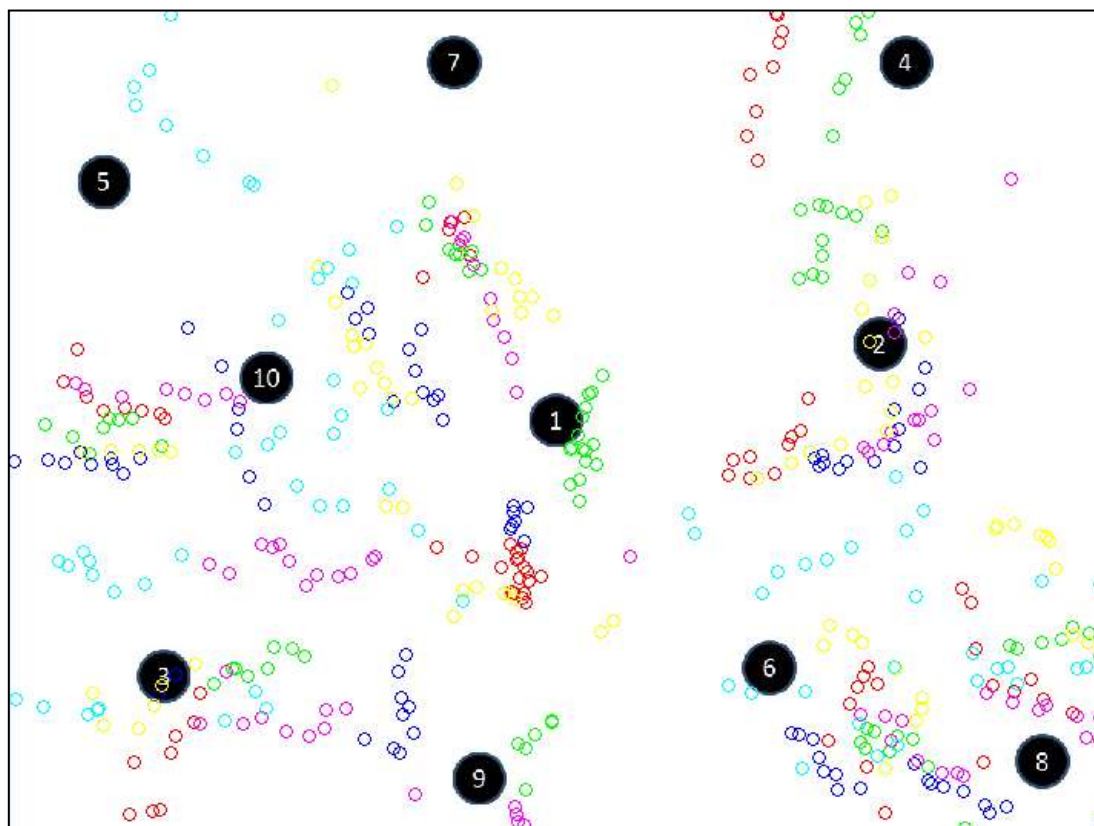
Jsou zobrazeny pouze body, kde byl zrak osob chvíli fixován, signál snímaný při pohybu očí je zanedbán.



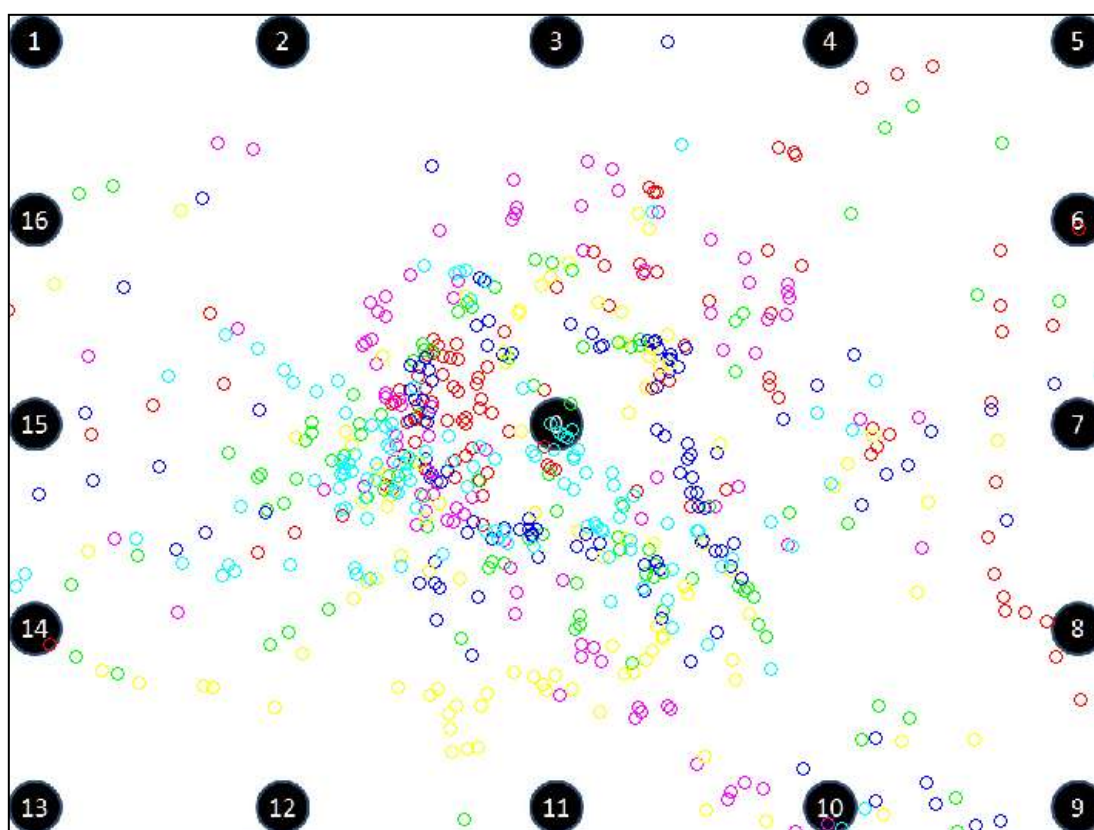
Obr. 13.23. Obrázek: Kalibrace



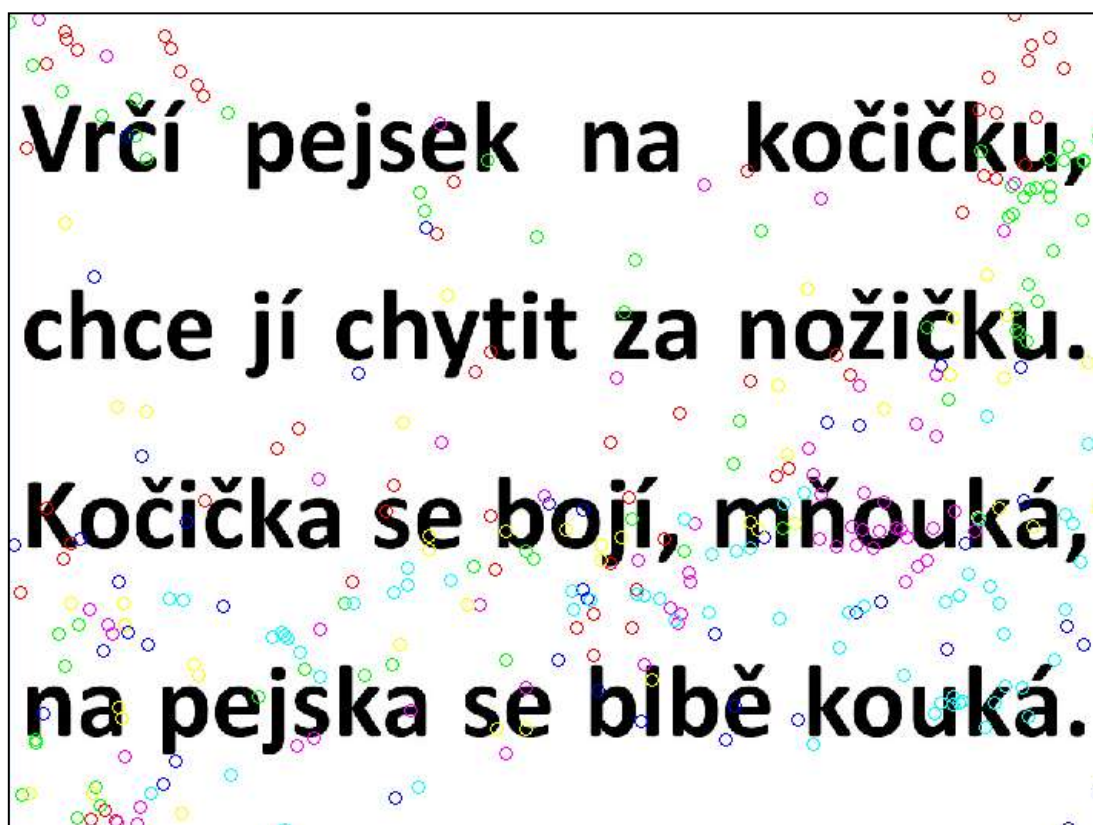
Obr. 13.24. Obrázek: Kruh



Obr. 13.25. Obrázek: Rozházené body



Obr. 13.26. Obrázek: Posun bodu na střed



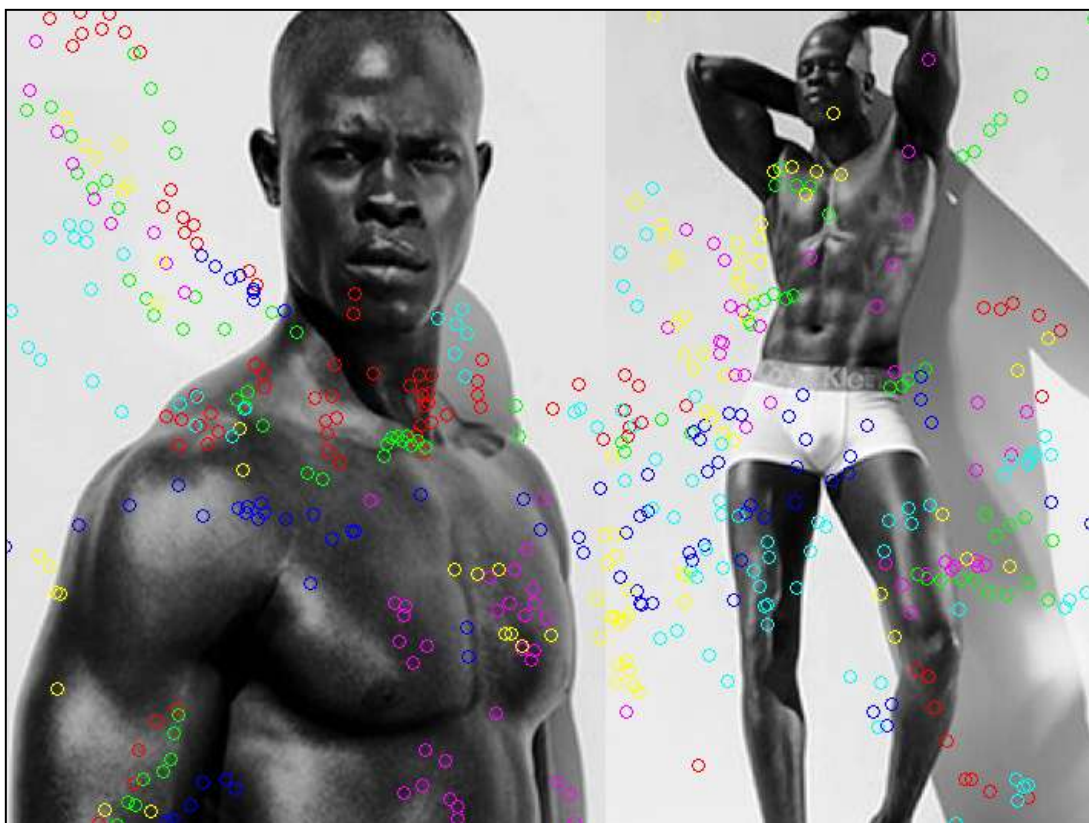
Obr. 13.27. Obrázek: Text



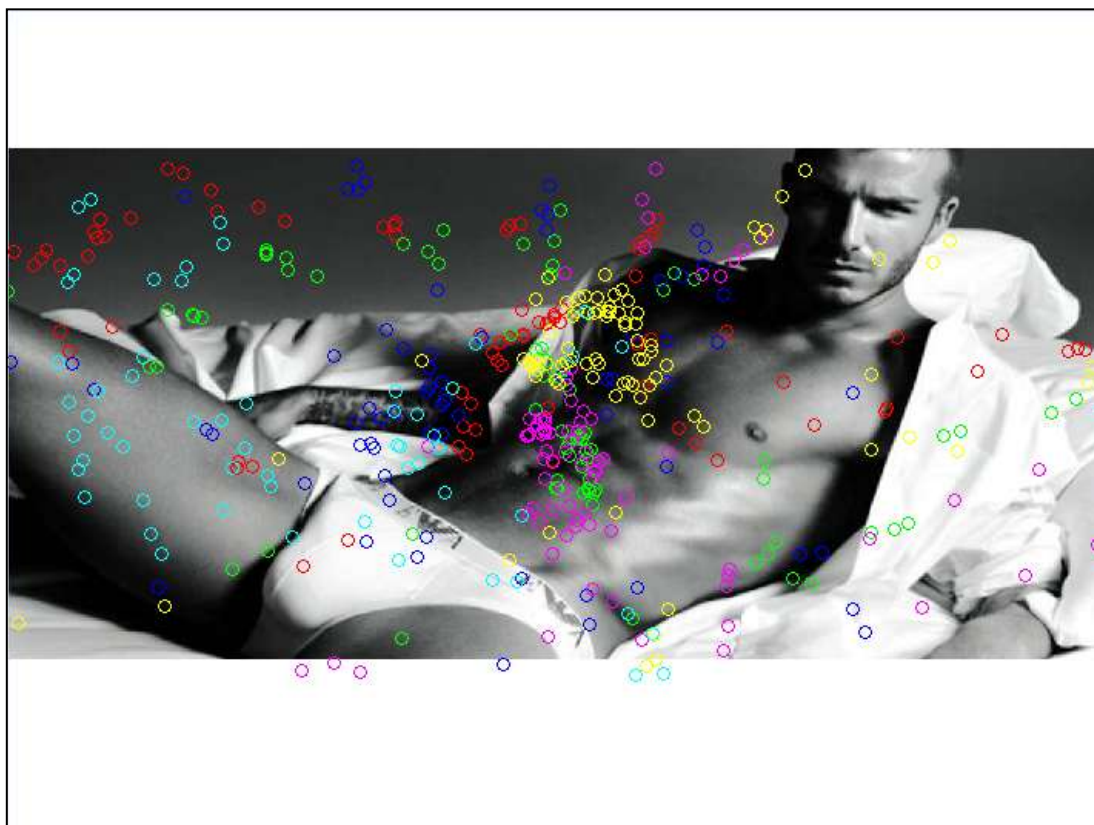
Obr. 13.28. Obrázek: Slečna 1



Obr. 13.29. Obrázek: Slečna 2



Obr. 13.30. Obrázek: Muž 1



Obr. 13.31. Obrázek: Muž 2



Obr. 13.32. Obrázek: Modelky



Obr. 13.33. Obrázek: Fotbalistky

13.4 Zobrazení nejsledovanějších míst

Nejsledovanější místa jsou nejviditelnější, zatímco místa, nejméně sledovaná jsou bílá.



Obr. 13.34. Obrázek: Slečna 1



Obr. 13.35. Obrázek: Slečna 2



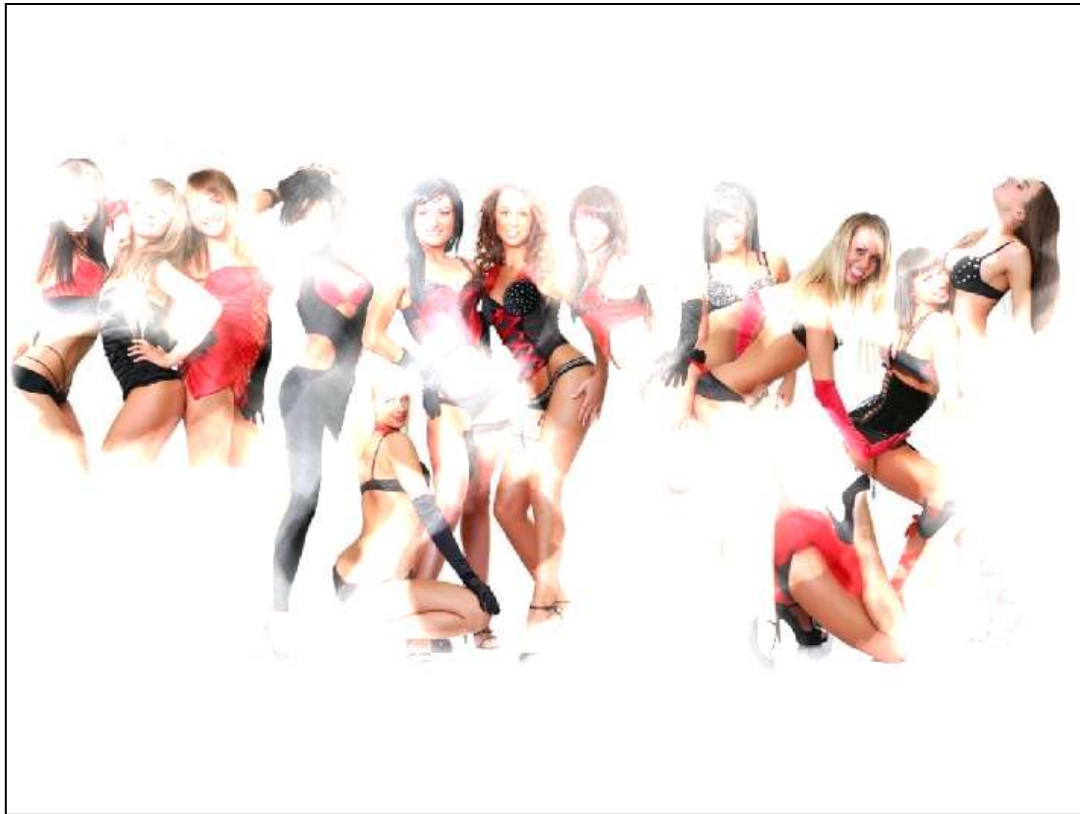
Obr. 13.36. Obrázek: Muž 1



Obr. 13.37 Obrázek.: Muž 2



Obr. 13.38. Obrázek: Modelky



Obr. 13.39. Obrázek: Fotbalistky

13.5 Zobrazení doby sledování

Přes vizuální podnět se zobrazí různobarevný rastr se stupnicí určující dobu sledování ve vteřinách.

Je možnost výběru tří druhů barevných rastrů (Barevný, Černobílý, Cool). Výběr velikosti rastru je možný ze čtyř druhů (44x33 ; 22x15 ; 11x11 ; 5x5). Zde jsou vizuální podněty s různými nastaveními.



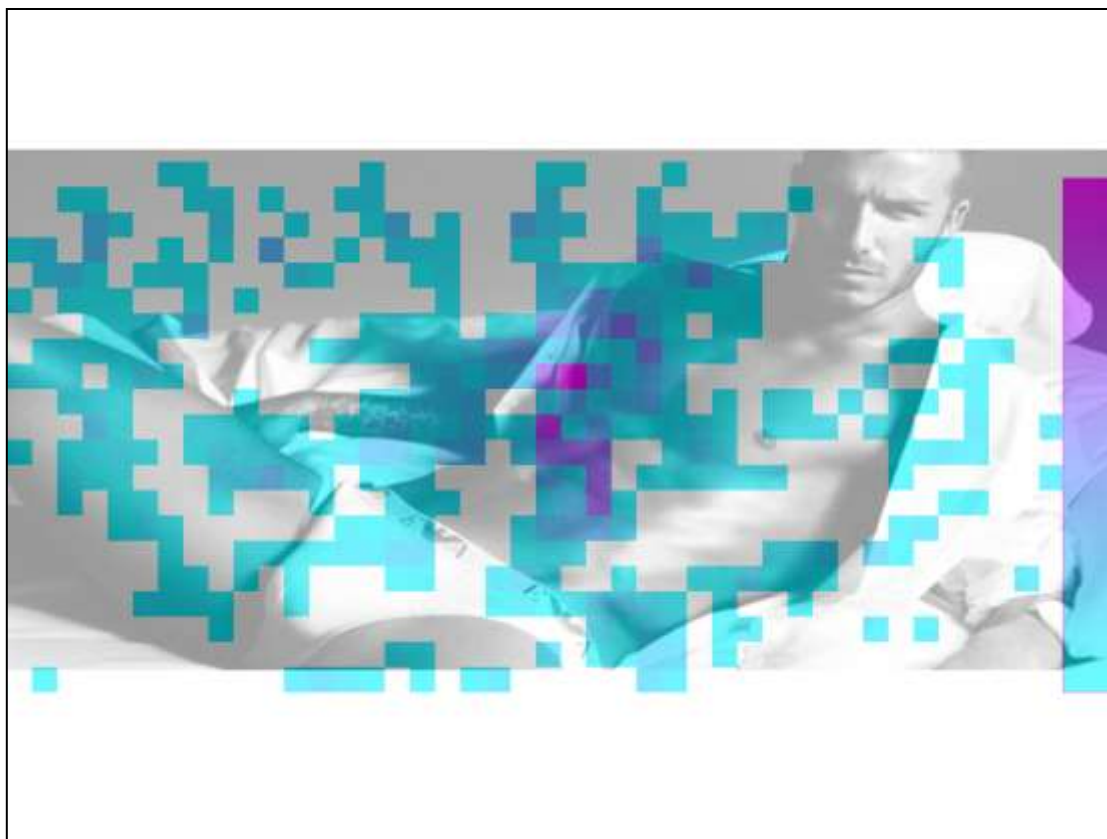
*Obr. 13.40. Obrázek: Slečna 1; Síť: 5*5 ; Barva: Černá*



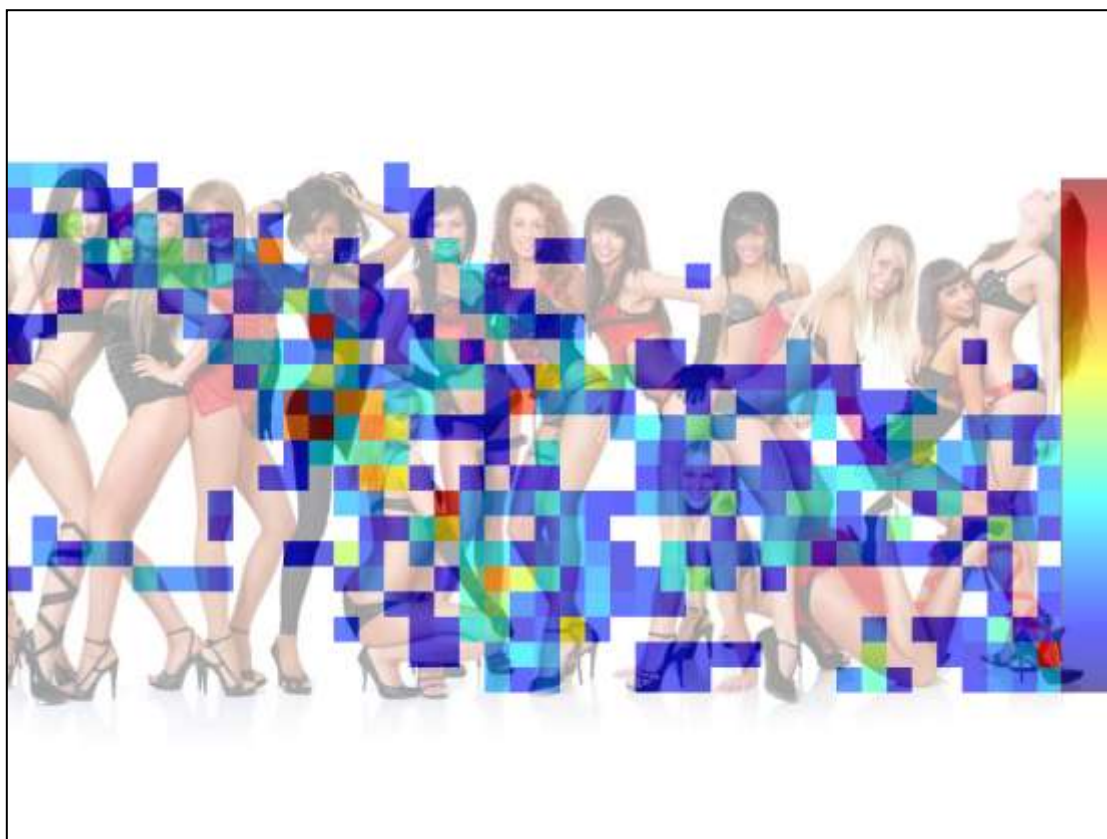
*Obr. 13.41. Obrázek: Slečna 2; Síť: 22*15 ; Barva: Cool*



*Obr. 13.42. Obrázek: Muž 1; Síť: 11*11 ; Barva: Barevný*



*Obr. 13.43. Obrázek: Muž 2; Síť: 44*33 ; Barva: Cool*



*Obr. 13.44. Obrázek: Modelky ; Síť: 44*33 ; Barva: Barevný*



*Obr. 13.45. Obrázek: Fotbalistky; Síť: 22*15 ; Barva: Černobílý*