



Elektroniczna aparatura medyczna

SEMESTR V

Człowiek- najlepsza inwestycja



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



*Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego*



Elektroniczna aparatura medyczna

V

Badanie narządu wzroku



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

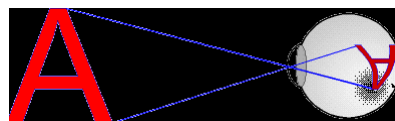
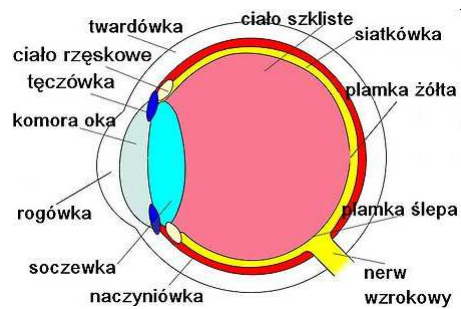
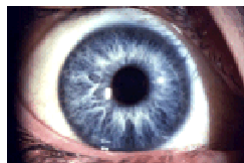
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Narząd wzroku

Badanie narządu wzroku

Narząd wzroku - budowa



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Narząd wzroku - budowa

Uproszczona struktura siatkówki oka

Siatkówka jest stosem kilku warstw neuronalnych. Światło przechodzi przez te warstwy i trafia na fotoreceptory. To wywołuje reakcję chemiczną umożliwiającą propagację sygnału do komórek dwubiegunowych (bipolarnych) i poziomych (środkowa żółta warstwa). Sygnał jest następnie przewodzony do komórek amakrynowych i neuronów zwojowych. Te neurony dają potencjał czynnościowy rozchodzący się do aksonów.

warstwa czopków i pręcików

warstwa graniczna zewnętrzna

warstwa jądro zewnętrzna

warstwa spłotowata zewnętrzna

warstwa jądro wewnętrzna

komórki amakrynowe

warstwa spłotowata wewnętrzna

warstwa zwojowa

warstwa graniczna wewnętrzna

ciała komórek wzrokowych pręcikonośnych i czopkonosnych

komórka nerwowa pozioma

komórki amakrynowe

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA INICJYTYWY

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Narząd wzroku - budowa

Uproszczona struktura siatkówki oka

Podstawowe elementy siatkówki - ułożone w kilka warstw komórki nerwowe, które z mózgiem łączy nerw wzrokowy. Receptory światła - czopki i pręciki.

Siatkówka ludzkiego oka zawiera ok. 6 mln czopków i 100 mln pręcików. Pręciki są wrażliwe na natężenie światła, pozwalają na widzenie czarno-białe. Są wydłużonymi, cienkimi komórkami które zawierają światłowrażliwy barwnik - rodopsynę. Pręciki występują licznie w częściach peryferyjnych siatkówki.

Czopki skupiają się w centralnej części siatkówki i zapewniają widzenie barwne oraz ostrość widzenia. Zawierają trzy barwniki wrażliwe na światło niebieskie, zielone i czerwone. Największa ilość receptorów znajduje się w plamce żółtej, zaś w plamce ślepej nie ma ani jednego. Do siatkówki przylega od tyłu warstwa komórek wypełnionych czarnym pigmentem, który absorbuje nadmiar światła wpadającego do oka, co zapobiega rozmyciu obrazu przez światło odbite wewnątrz oka.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA INICJYTYWY

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Badanie narządu wzroku

Ostrość widzenia – tablice Snellena

Perymetria

Ciśnienie śródgałkowe

Elektrografia

ERG

EOG i ENG

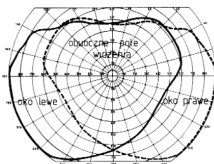
VEP

Badanie narządu wzroku

Pomiar pola widzenia (perymetria)

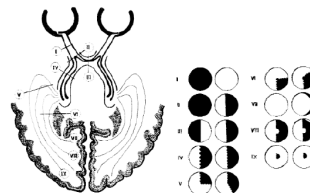
Badanie polega na określeniu pola widzenia, czyli obszaru widzianego nieruchomym okiem. Badanie przeprowadza się rzutując czułość siatkówki na powierzchnię kulistą (perymetria) lub na powierzchnię płaską (kampimetria).

POLE WIDZENIA



Badanie pola widzenia wykazuje - dla każdego oka oddzielnie - ewentualne ubytki w polu widzenia. Najczęściej są to miejsca na siatkówce, w których na skutek zmian chorobowych samej siatkówki nie są odbierane bodźce świetlne. Inną możliwością to przerwanie dróg doprowadzających bodźce do ośrodków wzrokowych w mózgowiu.

UGRANICZENIE POLE WIDZENIA
WSKUTEK USZKODZENIA DRÓG NERWOWYCH



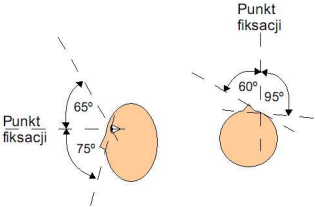

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Pomiar pola widzenia (perymetria)

Perymetria wymaga współpracy ze strony pacjenta. Pacjent siedzi przed półkolistą, równomiernie oświetloną czaszą aparatu, z głową unieruchomioną na podpórkach. Badane jest kolejno każde oko (drugie jest zastonięte). Pacjent wpatruje się w tzw. punkt fiksacji wzroku, usytuowany w centrum czaszy, na wprost badanego oka.

Podczas badania w różnych miejscach czaszy pojawia się świecący znaczek. Jego zauważenie badany sygnalizuje naciskając przycisk. Badanie pola widzenia może wskazać obszary, w których znaczki nie są dostrzegane.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Ciśnienie śródgałkowe

(IOP – Intra Ocular Pressure)

tonometria

podwyższone ciśnienie - jaskra

ciśnienie prawidłowe - 16mmHg, górna granica normy - 22mmHg
pomiary pośrednie, bezpośrednie, dotykowe, bezdotykowe

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Tonometria (badanie ciśnienia śródgałkowego)

Tonometr Goldmanna

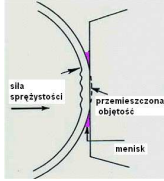
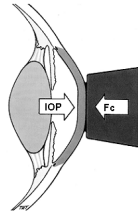
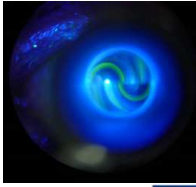
Równowaga sił: $F_c + F_{np} = IOP \cdot A + F_{szt}$

F_c – siła odkształcająca
 F_{np} – siła napięcia powierzchniowego
 IOP – ciśnienie śródgałkowe
 F_{szt} – siła sztywności

Fszt i F_{np} równoważą się, wtedy $IOP = F_c / A$

W świetle lampy szczelinowej widoczne są półkole, które przy podaniu właściwej siły schodzą się w sposób przedstawiony na slajdzie (między pryzmat uciskający a oko wprowadzony jest anestetyk i barwnik).

Element uciskający ma powierzchnię 7.35mm². Uzyskanie wypłaszczenia przy 1G siły oznacza że ciśnienie IOP wynosi 10mmHg.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA WYŻSZA SZKOŁA GOSPODARSTWA
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Tonometria (badanie ciśnienia śródgałkowego)

Tonometria „Dynamic Contour” DCT

Stosowane w praktyce metody pomiaru IOP wykorzystują pomiar pośredni, tj. określają siłę niezbędną do wywołania określonej deformacji (np. wypłaszczenia) rogówki. IOP jest wyznaczane na podstawie stałych materiałowych, wobec których zakłada się, że obowiązują dla wszystkich oczu.

DCT – bezpośredni pomiar ciśnienia, metoda kontaktowa

firma Ziemer Ophthalmic Systems AG (Szwajcaria)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA WYŻSZA SZKOŁA GOSPODARSTWA
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY



PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Badanie narządu wzroku

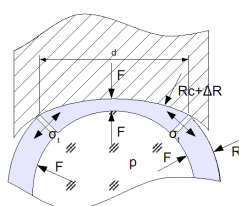
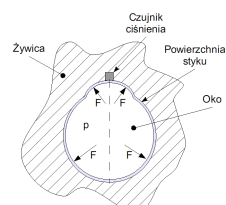
Tonometria (badanie ciśnienia śródgałkowego)

Tonometria „Dynamic Contour”

Tonometria DCT – zasada

Gałka oczna zalana żywicą, w małym obszarze żywica jest usunięta i ulokowany jest tam czujnik ciśnienia – mierzy IOP.

Do gałki ocznej przykładany jest element o kształcie odpowiadającym gałce, zawierający czujnik ciśnienia. Dla cięciwy d zapewniamy przyleganie czujnika i oka. Siły zewnętrzne i wewnętrzne prostopadłe do rogówki są równe, pozostałe siły znikają – pomiar ciśnienia IOP.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Badanie narządu wzroku

Tonometria (badanie ciśnienia śródgałkowego)

Tonometria bezdotykowa aplanacyjna „Air Pulse”/”Air puff”

Makoto KANEKO, Roland KEMPF, Yuichi KURITA, Yoshichika IIDA, Hiromu K MISHIMA, Hidetoshi TSUKAMOTO, and Eiichiro SUGIMOTO Measurement and Analysis of Human Eye Excited by an Air Pulse 2006 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems September 3-6, 2006, Heidelberg, Germany

Yuichi Kurita, Yoshichika Iida, Roland Kempf, and Makoto Kaneko Dynamic Sensing of Human Eye using a High Speed Camera Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Information Acquisition June 27 - July 3, 2005, Hong Kong/Macau, China



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



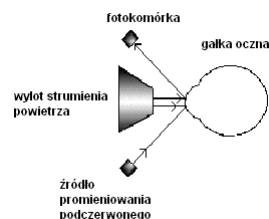
PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Badanie narządu wzroku

Tonometria (badanie ciśnienia śródgałkowego)

Tonometria bezdotykowa aplanacyjna „Air Pulse”/”Air puff”

Tonometr bezdotykowy jest tonometrem aplanacyjnym. Mierzony jest czas, w którym strumień powietrza doprowadza do wypłaszczenia powierzchni rogówki. W przypadku „miękkiego” oka czas ten jest niższy niż w przypadku „twardego” oka, tj. mającego wyższe IOP. W przypadku komercyjnych tonometrów deformacja oka trwa ok. 20ms (np. Topcon CT-80A, Japonia).



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA AGENCJA WNIOSÓW



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

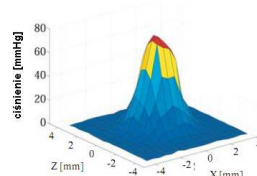
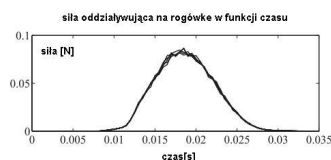
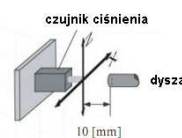
Badanie narządu wzroku

Tonometria (badanie ciśnienia śródgałkowego)

Tonometria bezdotykowa aplanacyjna „Air Pulse”/”Air puff”

Rozkład ciśnienia powietrza w odległości 10mm od wylotu dyszy jest zmierzony i powtarzalny.

Przebieg siły oddziaływującej na rogówkę (całka z rozkładu ciśnienia po kole o promieniu 4mm).



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA AGENCJA WNIOSÓW



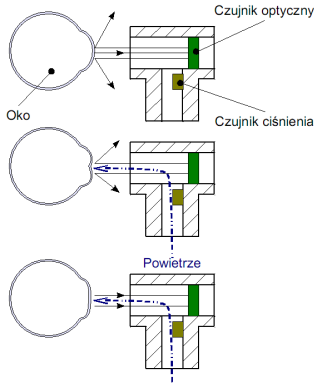
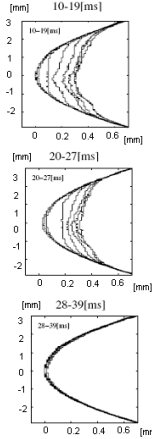
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Tonometria (badanie ciśnienia śródgałkowego)

Tonometria bezdotykowa aplanacyjna „Air Pulse”/”Air puff”

Wyniki wyznaczania profilu rogówki co 1ms, 10ms od początku badania

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Tonometria (badanie ciśnienia śródgałkowego)

Tonometria bezdotykowa aplanacyjna „Air Pulse”/”Air puff”

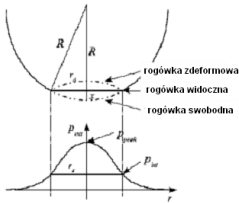
Kalibracja ciśnienia poprzedzająca pomiar pozwala określić rozkład ciśnienia oddziałującego na oko:

$$p_{ext}(t, r) = p_{peak}(t) \exp\left(-\frac{r^2}{r_0^2}\right)$$

gdzie p_{peak} , r , and $r_0 = 1.5$ [mm] ciśnienie szczytowe, odległość od osi oraz promień walca aproksymującego impuls powietrza. Zakładamy, że deformacja siatkówki zachodzi w obszarach, w których ciśnienie zewnętrzne przewyższa IOP. Na okręgu o promieniu r_d ciśnienia te są równe:

$$p_{int} = p_{ext}(t, r_d) = p_{peak}(t) \exp\left(-\frac{r_d^2}{r_0^2}\right)$$

r_d można estymować na podstawie widocznej granicy rogówki X.



Input powietrza i obszar deformacji rogówki

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Tonometria bezdotykowa aplanacyjna „Air Pulse”/”Air puff”

Z tw. Pitagorasa $R^2 = r_d^2 + (R-x)^2$

dla $x \ll R$ $r_d^2 \cong 2Rx$ **czyli** $p_{int} \cong p_{peak}(t) \exp\left(-\frac{2Rx}{r_0^2}\right)$

Z poprzednich równań mamy dla $p_{peak} \geq p_{int}$

$$\ln(p_{peak}) - \ln(p_{int}) = \frac{2Rx}{r_0^2}$$

Wynik można wykorzystać do :

- estymacji x (znając IOP)
- określenia IOP na podstawie przebiegów znajdujących się na rysunku – IOP jest wyznaczane na podstawie wartości ciśnienia w punkcie przecięcia prostej aproksymowanej na podstawie wyników pomiarów z osią ciśnienia.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

ERG

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

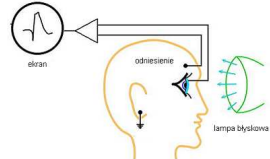
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

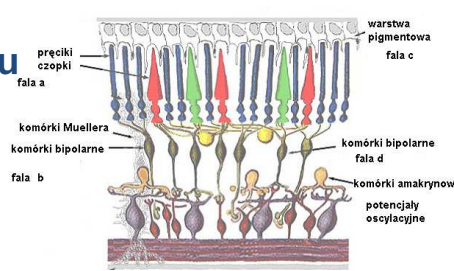
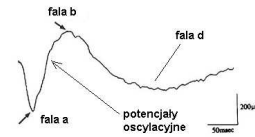
Badanie narządu wzroku

ERG

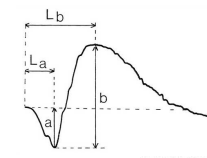
Siatkówka i obszary powstawania fal elektretinogramu



Przebieg ERG

Podstawowe parametry ERG



ERG – potencjał wypadkowy, powstający w wyniku pobudzenia całej siatkówki (pełne pole, Ganzfeld)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA INNOWACJI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

ERG

Ścieżki przepływu prądów powstających po stymulacji światłem – A – przepływ w siatkówce, B – przepływ przez ciało szkliste, rogówkę, naczyniówkę i warstwę pigmentową do siatkówki.

Rezystancje występujące w ścieżkach przepływu prądów powstających po stymulacji światłem – A i B – jak wyżej

ERG – obszar pomiaru sygnału ERG.

Zgodnie z prawem Ohma:

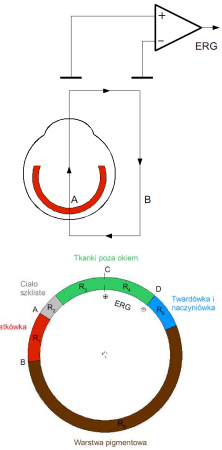
$$I_A R_1 = I_B (R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6)$$

Ponieważ suma oporów po prawej stronie jest większa niż R_1 , prąd I_A jest większy niż prąd I_B . Największa różnica potencjałów występuje bezpośrednio na R_1 , ale nie ma możliwości przeprowadzenia takiego pomiaru (nieinwazyjnego).

Miejszem nieinwazyjnego pomiaru są punkty C-D, dla których zachodzi:

$$V_C - V_D = I_B \cdot R_4$$

To właśnie jest mierzony sygnał ERG, na którego wartość wpływają wszystkie opory.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA INNOWACJI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

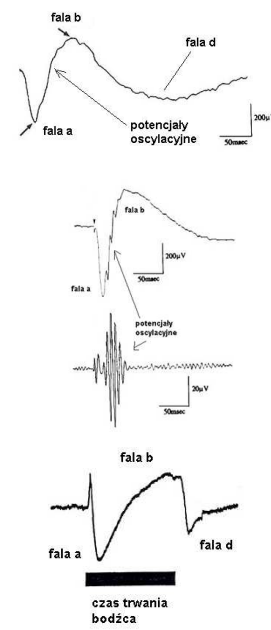
**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Składowe ERG

Fala a – aktywność fotoreceptorów
 Fala b – komórki bipolarnie (ale trwa dyskusja), komórki Mullera i amakrynowe
 Fala c – komórki pigmentowe, fotoreceptory, interakcja pomiędzy nimi
 Fala d – wykrywanie defektów w komórkach bipolarnych hiperpolaryzujących („OFF”) widoczna tylko przy długotrwałych bodźcach
 Potencjały oscylacyjne – wykorzystywane w ocenie zaburzeń systemu naczyniowego siatkówki

Inne – potencjał wczesny ERP, fala M, odpowiedź progowa skotopowa - trudne do odseparowania, wykorzystanie badawcze



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA INNOWACJI

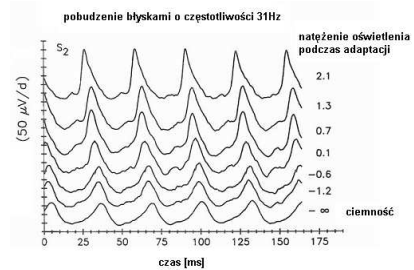
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Flicker ERG

Pobudzenie powtarzalnymi błyskami o pewnej częstotliwości. Okazuje się, że pręciki są w stanie odpowiadać na pobudzenia do 28Hz, natomiast czopki nawet do 50Hz. Rozdzielne badanie funkcji obu rodzajów fotoreceptorów wymaga zablokowania funkcji jednych z nich, pobudzania różnej długości światłem w odpowiednich warunkach – tj. w warunkach widzenia fotonowego (dziennego) wystąpi głównie odpowiedź czopków, skotopowego (nocnego) – pręcików.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA INNOWACJI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

Elektrody do odbioru ERG

elektroda Burian





elektroda wacikowa



elektrody układane na rogówce
lub obok oka



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

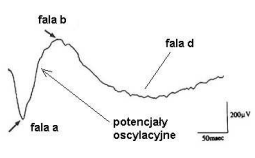
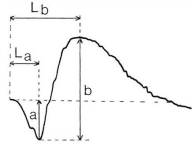
Wymagania stawiane wzmacniaczowi ERG


Pasma – 0.3 - 300Hz

Impedancja wejściowa - >10MΩ


Wysokie CMRR,

**Nie należy stosować filtrów sieciowych
50Hz/60Hz (pasmowozaporowych)**



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

ERG wieloogniskowe- multifocal ERG

Ograniczenie całopolowego ERG – uzyskiwana informacja dotyczy całej siatkówki. W przypadku schorzeń/uszkodzeń dotyczących mniej niż około 20% siatkówki uzyskuje się zazwyczaj prawidłowy wynik badania ERG.

Rozwiązanie – pobudzać selektywnie wybrane fragmenty siatkówki, odbierając potencjały powstające w wyniku reakcji części siatkówki. Zazwyczaj badanie obejmuje 61 lub 103 obszary, a sygnały są rejestrowane głównie w warunkach widzenia dziennego. Obszary pobudzane mają powierzchnię ok. 100 μ m², zbieranie danych trwa ok. 10s.

ISCEV Guidelines for clinical multifocal electroretinography (2007 edition).
International Society for Clinical Electrophysiology of Vision

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

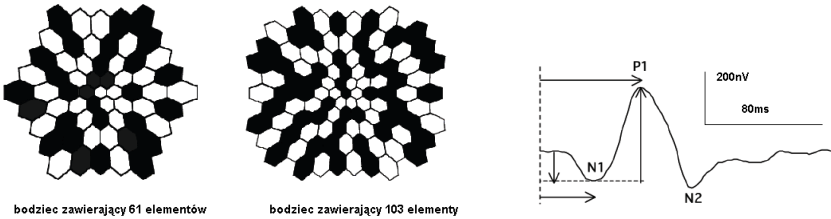
**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

ERG wieloogniskowe- multifocal ERG

Selektywne pobudzenie fragmentów siatkówki, odbierając potencjały powstające w wyniku reakcji części siatkówki. Zazwyczaj badanie obejmuje 61 lub 103 obszary, a sygnały są rejestrowane głównie w warunkach widzenia dziennego. Obszary pobudzane mają powierzchnię ok. 100 μ m², zbieranie danych trwa ok. 10s

Selektywny bodziec ma postać jak poniżej
(prezentowany na ekranie): pojedyncza odpowiedź mfERG



bodziec zawierający 61 elementów bodziec zawierający 103 elementy

ISCEV Guidelines for clinical multifocal electroretinography (2007 edition).
International Society for Clinical Electrophysiology of Vision

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

ERG wieloogniskowe- multifocal ERG

wyniki uzyskiwane przy bodźcu 61
i 103-elementowym
(500nV, 100ms)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

ISCEV Guidelines for clinical multifocal electroretinography (2007 edition).
International Society for Clinical Electrophysiology of Vision

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

ERG wieloogniskowe- multifocal ERG

Napięcia fal b osoby z AMD (Age-Related Macular Degeneration - starcza degeneracja plamki) ze 103 punktów pomiarowych przedstawione w 3D i kolorze – rys. lewy. Po prawej stronie wynik osoby zdrowej.

<http://webvision.med.utah.edu/ClinicalERG.html>

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

ERG wielogniskowe- multifocal ERG

Wymagania stawiane wzmacniaczowi

Dolna częstotliwość graniczna – 3-10Hz

Górna częstotliwość graniczna – 100-300Hz, opadanie ch-ki 12db/oct

Wzmocnienie rzędu 120-130dB

Nie należy stosować filtrów sieciowych 50Hz/60Hz

Wynik badania pola widzenia koreluje z wynikiem wielogniskowego ERG



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGICZNA INICJATYWA



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

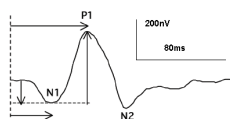
ERG wielogniskowe- multifocal ERG

Analiza sygnału

Uśrednianie przestrzenne – w celu eliminacji szumu i filtracji uzyskiwanych sygnałów możliwe jest uśrednienie odpowiedzi danego obszaru z fragmentami odpowiedzi obszarów sąsiadujących (filtracja dolnoprzepustowa)– może filtrować słabe zmiany na granicach obszarów o różnych właściwościach (dysfunkcja).

Analiza lokalnego ERG

Amplitudy N1, P1 i N2. Czasy latencji pików mierzone są od podania bodźca.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGICZNA INICJATYWA



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Badanie narządu wzroku

EOG

Malcolm Brown, Michael Marmor, Vaegan, Eberhard Zrenner, Mitchell Brigell

Michael Bach ISCEV Standard for Clinical Electro-oculography (EOG) 2006 Doc
Ophthalmol (2006) 113:205–212

Badanie narządu wzroku

EOG

EOG – potencjał powstający między błoną Brucha (błona podstawna) a rogówką. Potencjał ten zależny jest od oświetlenia (niższy przy braku oświetlenia, wyższy w warunkach oświetlenia). Ruch oczu powoduje zmianę tego potencjału. Jeśli badany porusza gałkami naprzemiennie w lewo i w prawo, stosując odpowiednią konfigurację elektrod i bodźce można zarejestrować zmiany tego potencjału.

Małe źródła czerwonego światła są usytuowane na skrajach kąta 30 stopni (w czaszy lub na ekranie). Elektroda odniesienia usytuowana jest na czole lub płatku ucha. Pomiar wykonywany jest w ciemności oraz przy natężeniu oświetlenia 100cd/m².

Potencjał ten świadczy o prawidłowości funkcjonowania siatkówki i warstwy pigmentowej.

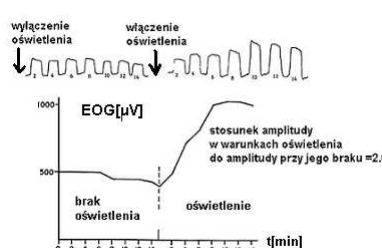
**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

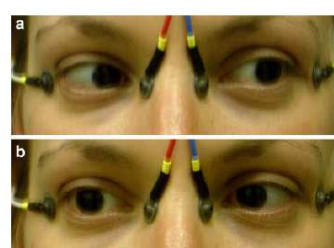
EOG

Wymagania stawiane wzmacniaczowi

Dolna częstotliwość graniczna – 0 lub 0.1Hz
 Górna częstotliwość graniczna – 30Hz
 Impedancja między dowolną parą elektrod poniżej 5kOhm



The figure shows an EOG waveform with two segments: 'wylączenie oświetlenia' (light off) and 'włączenie oświetlenia' (light on). Below it is a graph of EOG amplitude in microvolts (μV) over time in minutes (t[min]). The graph shows a baseline of approximately 500 μV during 'brak oświetlenia' (no light) and a rise to approximately 1300 μV during 'oświetlenie' (light). A note indicates that the ratio of amplitude with light to amplitude without light is 2.6.



Two photographs, labeled 'a' and 'b', show a person's eyes with EOG electrodes attached to the outer canthi of both eyes.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu równowagi

ENG

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Badanie narządu równowagi

Elektronystagmogram - ENG

ENG – potencjał związany ze spontaniczną aktywnością ruchową (tzw. oczopląsem) oka. Szczególnie istotny jest oczopląs w płaszczyźnie poziomej.

Analiza oczopląsu wywołanego określonymi bodźcami jest uważana za bardzo dobrą metodę badania narządu równowagi (badanie narządu przedsionkowego – błędnika - zmysł równowagi). Bodziec stanowi wlewanie w odstępach ok. 20s 10ml lub 100ml wody o temperaturze kolejno 20, 30 i 40C (próba Hollpike'a), co na skutek wstrząsu termicznego wywołuje oczopląs.

Sygnał ma pasmo 0-70Hz, powstaje między siatkówką a rogówką oka, różnica napięć między siatkówką (minus) a rogówką wynosi 10-30mV. Poziom sygnału na powierzchni skóry w okolicy oka wynosi ok. 7mv.

Badanie narządu równowagi

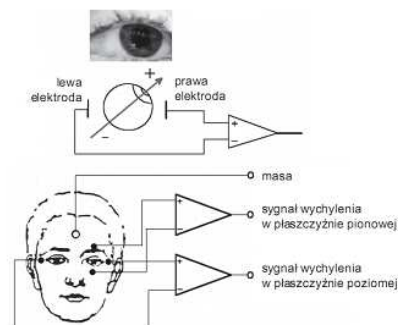
ENG

Wymagania stawiane wzmacniaczowi

Dolna częstotliwość graniczna – 0 lub 0.1Hz

Górna częstotliwość graniczna – 30Hz

Impedancja między dowolną parą elektrod poniżej 5kOhm



Badanie narządu wzroku

Wzrokowe potencjały wywołane

VEP

J. Vernon Odom, Michael Bach, Colin Barber, Mitchell Brigell, Michael F. Marmor, Alma Patrizia Tormene, Graham E. Holder & Vaegan Visual evoked potentials standard (2004) Documenta Ophthalmologica 108: 115–123, 2004

Badanie narządu wzroku

VEP

Wzrokowe potencjały wywołane (ang. visual evoked potential- VEP)- potencjały wywołane rejestrowane z powierzchni głowy w trakcie stymulacji osoby badanej bodźcem wzrokowym. Może być nim błysk światła lub pojawiająca się w polu widzenia czarno-biała szachownica o zmieniających się polach (czarne zmieniają się na białe np. co sekundę).

Badanie wzrokowych potencjałów wywołanych jest jedną z niewielu obiektywnych metod badania wzroku pacjenta poprzez rejestrację potencjałów elektrycznych powstających podczas przechodzenia sygnałów od siatkówki do mózgu. Z uwagi na niską amplitudę VEP względem tła, czyli spontanicznej czynności elektrycznej mózgu (EEG) konieczne jest zastosowanie uśredniania



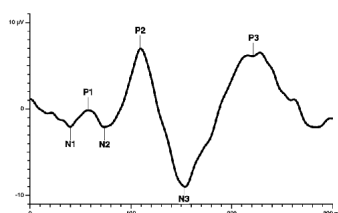
**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

VEP

VEP rejestruje się z powierzchni głowy położonej nad korą wzrokową, czyli w okolicy potylicznej. Podczas badania wzrokowego potencjału wywołanego dominujący załamek pojawia się z latencją około 100 milisekund (czyli odległości czasowej od bodźca stymulującego); jego wartość najczęściej jest dodatnia.

VEP: piki i czasy latencji:



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Badanie narządu wzroku

VEP

Wymagania stawiane wzmacniaczowi i systemowi akwizycji

Dolna częstotliwość graniczna – 1Hz lub poniżej, (filtr rzędu 2 lub niższego)

Górna częstotliwość graniczna – 100Hz lub powyżej (filtr rzędu 4 lub niższego)


Wzmocnienie $-20 \cdot 10^3 - 50 \cdot 10^3$ [V/V]

CMRR – >120 dB

Impedancja wejściowa wzmacniacza > 100 MOhm

Nie zaleca się używania filtrów sieciowych (pasmowozaporowych)




 **PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**


Badanie narządu wzroku


VEP

Wymagania stawiane wzmacniaczowi i systemowi akwizycji cd


Wymagane jest zastosowanie izolacji galwanicznej (bariery) (IEC- 601-1 typ BF)
Automatyczna eliminacja artefaktów (sygnał o amplitudzie powyżej $50\mu V$)
Impedancja między dowolną parą elektrod poniżej $5k\Omega$, elektrody Ag-AgCl2
Próbkowanie min. 500Hz,
Rozdzielczość konwersji A/C min. 12 bitów
Zalecana liczba uśrednień 64, czas trwania uśrednianego sygnału 250ms (lub 500ms)


 **KAPITAŁ LUDZKI**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY 

 **PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Kompatybilność elektromagnetyczna

 **KAPITAŁ LUDZKI**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY 



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Kompatybilność elektromagnetyczna

Kompatybilność elektromagnetyczna – odporność/wrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne

Źródła zakłóceń – emisja (pole elektromagnetyczne), przewodzenie, ładunki elektrostatyczne (wyładowania)

Emisje – wynik funkcjonowania nadajników (zwłaszcza TV, ale także telefonów komórkowych, walkie-talkie, telefonów bezprzewodowych, radio CB)

Ładunki elektrostatyczne gromadzą się w wyniku oddziaływań mechanicznych na ludziach, narzędziach etc. Układy mające małe napięcia przebicia mogą zostać uszkodzone.

Stopień wpływania zakłóceń elektromagnetycznych na systemy i urządzenia medyczne zależy np. od długości nieekranowanych przewodów elektrodowych, od relacji długość przewodu – długość fali (nieparzyste wielokrotności $\frac{1}{4}$ długości fali prowadzą do wzmocnienia indukowanej interferencji), zastosowanych technik uziemiania i ekranowania, organizacji układów elektronicznych urządzenia.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



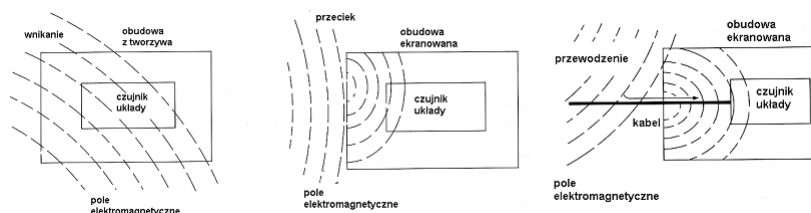
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Kompatybilność elektromagnetyczna

Sprzęt medyczny jest szczególnie wrażliwy na zakłócenia elektromagnetyczne – z racji niskich poziomów sygnałów powstających w sensorach



Możliwości przedostawania się zakłóceń do aparatury medycznej

Wnikanie

Przeciek – fala dostaje się do obudowy przez otwory/szczeliny, istotne zwłaszcza przy dużych f i odkształconych (obecność składowych harmonicznych) przebiegach (otwór „wpuszczający” ma wymiar ok. pół długości fali – dla 1GHz jest to szczelina 0.5mm).

Przewodzenie – indukowanie się prądów w przewodach



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Kompatybilność elektromagnetyczna

Kompatybilność elektromagnetyczna – odporność/wrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne

Jeden z istotnych problemów stanowią intermodulacje i modulacje skrośne – w wyniku których powstają produkty interferencji harmonicznych sygnałów mierzonych/odbieranych i zakłóceń.

Medyczne systemy zakłócone – systemy telemetryczne, stymulatory, systemy pomiarowe

Zapobieganie – ekranowanie, stosowanie pułapek/układów filtrów



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

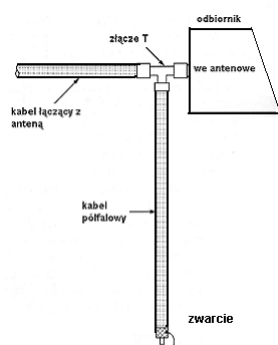


UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Kompatybilność elektromagnetyczna



Eliminacja zakłóceń – kabel o długości równej $\lambda/2$ ze zwarcie – impedancja wejściowa stanowi zwarcie dla częstotliwości $f=c/\lambda$.

$$Z_{we} = Z \frac{Z_{abc} + jZtg(kl)}{Z + jZ_{abc}tg(kl)} = Z \frac{Z_{abc} + jZtg(2\pi l / \lambda)}{Z + jZ_{abc}tg(2\pi l / \lambda)} = 0 \quad !!!!$$



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Kompatybilność elektromagnetyczna

Pałapki falowe/filtry

we wy
pałapka szeregową

we wy
pałapka równoległa

we wy
kaskadowe połączenie pałapek

ekran

wejście (antena)

pałapka 1

pałapka 2

wyjście (odbiornik)

moduł

częstość

pałapka 2

pałapka 1

Pałapki falowe lub filtry wstawiane w torze odbiorczym – pasmowozaporowe, pasmoprzepustowe, lub ich połączenia

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA WYKŁADKA SPRAWNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Kompatybilność elektromagnetyczna

Eliminacja zakłóceń elektromagnetycznych

złącze

ekran kabla

zasilanie

Wy

punkt wspólny (masa) sygnału i zasilania

Wy

ekran

dławik RF

dławik RF

dławik RF

dławik RF

C₁

C₂

C₃

C₄

C₅

C₆

czujnik

ekran

ekran

odgiętka lub gniazdo

przewód

ekran grzałka

ekran

kondensator przepustowy

czujnik układy

Filtracja zakłóceń (filtry dolno przepustowe typu pi na wszystkich liniach – sygnału i zasilania; pasmo dobrane tak by zniekształcać widma sygnału; przyjmuje się, że $f_g \ll 300/2L$, gdzie L – długość odsłoniętego przewodu czujnika (dla 20cm – $f_g \approx 50\text{MHz}$)

Podwójne ekranowanie + filtr

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA WYKŁADKA SPRAWNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY



PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Kompatybilność elektromagnetyczna

Eliminacja zakłóceń elektromagnetycznych

Sprzęt medyczny jest szczególnie wrażliwy na zakłócenia elektromagnetyczne
elektrokardiograf – pacjent stanowi antenę, która odbiera zakłócenia elektromagnetyczne, podobnie jak przewody elektrodowe (odsłonięte na końcach)
– rozwiązanie – zastosowanie filtrów dolnoprzepustowych na wejściu wzmacniacza (uwaga – może wpływać na symetrię i CMRR układu).

