

UTAS

Oprogramowanie Multifocal

Instrukcja obsługi

Data wydania: 2025-01-28



CE
2797

Rx only

Nr kat. 96-014-PL

EN - <http://www.lkc.com/IFUs> Printable instructions for use (IFU) in multiple languages are stored on the UTAS computer as PDF files in the IFU folder on the computer desktop screen, or go to www.lkc.com/IFUs

DE - Druckbare Nutzungsanweisungen (IFU) in mehreren Sprachen werden auf dem UTAS-Computer als PDF-Dateien im IFU Ordner auf Ihrem Desktop gespeichert. Alternativ können Sie www.lkc.com/IFUs besuchen.

ES - En el ordenador UTAS hay almacenadas como archivos PDF instrucciones imprimibles de uso en varios idiomas, en la carpeta IFU del escritorio del ordenador, o acceda a www.lkc.com/IFUs

FR - Des instructions d'utilisation à imprimer (IFU) dans plusieurs langues sont stockées sur l'ordinateur UTAS sous forme de fichiers PDF dans le dossier IFU présent sur le bureau. Vous pouvez également les obtenir sur www.lkc.com/IFUs

IT - Le istruzioni per l'uso stampabili (IFU) in più lingue sono archiviate sul computer UTAS come file PDF nella cartella IFU sul desktop. In alternativa, sono reperibili all'indirizzo www.lkc.com/IFUs

PL - Instrukcje obsługi (IFU) do druku w wielu językach przechowywane są na komputerze UTAS jako pliki PDF w folderze IFU na pulpicie komputera lub na stronie www.lkc.com/IFUs

Europejskie dane regulacyjne

Instrukcje użytkownika (IFU) w innych językach można znaleźć na stronie

www.lkc.com/IFUs

Aby poprosić o wydrukowaną kopię niniejszej instrukcji, wyślij wiadomość e-mail na adres support@lkc.com i dołącz następujące informacje:

- 1) Nazwa firmy
- 2) Imię i nazwisko
- 3) Adres korespondencyjny
- 4) Numer seryjny urządzenia
- 5) Numer części instrukcji, której potrzebujesz
Aby znaleźć prawidłowy numer części, otwórz plik pdf w instrukcji obsługi w żądanym języku i znajdź numer części, numer części pojawi się z przodu lub z tyłu instrukcji obsługi. Numer części instrukcji będzie wyglądał mniej więcej tak: 96-123-AB.

Twoja instrukcja zostanie wysłana do Ciebie w ciągu 7 dni.

Odniesienie 96-020 Podręcznik sprzętu UTAS zawiera pełne informacje prawne.

LKC Technologies, Inc..
2 Professional Drive, Suite 222
Gaithersburg, MD 20879
USA
301.840.1992
Support@LKC.com
www.LKC.com

Copyright © 2008 – 2025, LKC Technologies Inc., All Rights Reserved

POLITYKA CYKLU ŻYCIA LKC

UTAS to nazwa handlowa tego urządzenia i całego powiązanego oprogramowania. Żywotność UTAS wynosi 5 lat od pierwotnej daty wysyłki UTAS. LKC będzie serwisować każdy UTAS, który jest w okresie jego eksploatacji.

LICENCJA NA OPROGRAMOWANIE

Oprogramowanie UTAS jest chronionym prawem autorskim produktem firmy LKC Technologies, Inc. i jest dołączone do UTAS na mocy następującej umowy licencyjnej:

Oprogramowanie może być używane wyłącznie w połączeniu z UTAS. Nabywca UTAS może wykonać kopie oprogramowania dla wygody użytkowania, pod warunkiem, że informacja o prawach autorskich LKC jest zachowana z każdą kopią. Niniejsza licencja wyraźnie zabrania używania tego oprogramowania z urządzeniami, które nie zawierają jednostki interfejsu UTAS firmy LKC Technologies, Inc.. Dodatkowe kopie oprogramowania można zakupić w celu tworzenia raportów danych UTAS przy użyciu autonomicznego systemu komputerowego.

Spis treści

Spis treści	4
Zamierzone zastosowanie i zamierzeni użytkownicy	6
Korzyści kliniczne	6
Docelowe grupy docelowe	6
Wskazania do stosowania	6
Testy specyficzne dla oprogramowania wieloogniskowego	6
Środki ostrożności dotyczące instalacji oprogramowania	7
Konfiguracja UTAS	8
Rozmieszczenie sprzętu	8
Instalacja oprogramowania	8
Aktualizacja do MFERG lub MFVEP	9
Konfiguracja oprogramowania - Preferencje	9
Eksportowanie danych	11
Tworzenie kopii zapasowej danych	12
Wieloogniskowe ERG	13
1.0 Wprowadzenie	13
1.1 Co to jest test wieloogniskowy?	13
1.2 Jak działa wieloogniskowe ERG?	13
1.3 M-sekwencje i jądra	13
1.4 Pole widzenia	14
1.5 Kiedy przydaje się mfERG?	14
1.6 Kiedy mfERG nie jest przydatny?	15
2.0 Przygotowanie do nagrania mfERG	15
2.1 Pacjent	15
2.2 Elektrody	15
2.4 Oświetlenie otoczenia	20
2.5 Problemy z pacjentami niedowidzącymi	20
2.6 Monitorowanie fiksacji	20
3.0 Uruchamianie testu	21
3.1 Rodzaj testu	21
3.2 Informacje o pacjencie	22
3.3 Kanały i etykiety	22
3.4 Wybór wzoru	22
3.5 Nagrywanie danych	25
3.6 Rekord	26
4.0 Analiza i raport danych MFERG	29
4.1 Znajdowanie danych pacjenta	29
4.2 Analiza danych	30
Skrócona instrukcja nagrywania MFERG	36
Raport MFERG Skrócona instrukcja obsługi	37
Przewodnik po tłumaczeniach ustnych MFERG	38
Wieloogniskowy VEP	46
1.0 Wprowadzenie	46
1.1 Co to jest test wieloogniskowy?	46
1.2 Jak działa wieloogniskowy VEP?	46
1.3 M-sekwencje i jądra	46
1.4 Pole widzenia	46
1.5 Kiedy przydaje się mfVEP?	47
1.6 Kiedy mfVEP nie jest przydatny?	47

2 Przygotowanie do nagrania mfVEP	47
2.1 Pacjent	47
2.2 Elektrody	47
2.3 Oświetlenie otoczenia	49
2.4 Problemy z pacjentami niedowidzącymi	49
2.6 Monitorowanie fiksacji	49
3.0 Uruchamianie testu	50
3.1 Rodzaj testu	50
3.2 Informacje o pacjencie	51
3.3 Kanały i etykiety	51
3.4 Wybór wzoru	51
3.5 Nagrywanie danych	53
3.6 Rekord	54
4.0 Analiza i raport danych MFVEP	57
Przewodnik rozwiązywania problemów z wieloma ogniskowymi	59
Sprzątanie między pacjentami	60
Czyszczenie czoła i podbródka	60
Odwołania	61

Zamierzone zastosowanie i zamierzeni użytkownicy

UTAS to urządzenie do elektrofizjologii stosowane jako pomoc w diagnostyce i leczeniu chorób w dysfunkcjach dróg wzrokowych lub zaburzeniach okulistycznych.

UTAS wykonuje elektretinogram (ERG), elektro-okulogram (EOG), wzrokowy potencjał wywołany (VEP), wieloogniskowy ERG/VEP oraz pomiar reakcji psychofizycznych układu wzrokowego, w tym ciemną adaptometrię.

To oprogramowanie jest oferowane do sprzedaży wyłącznie wykwalifikowanym pracownikom służby zdrowia. Niewłaściwe użycie tego oprogramowania może spowodować obrażenia pacjenta.

Korzyści kliniczne

Pomaganie pracownikom służby zdrowia w diagnozowaniu i leczeniu dysfunkcji/chorób dróg okulistycznych lub wzrokowych lub w celu zapewnienia bezpieczeństwa leków.

Docelowe grupy docelowe

Nie ma konkretnych docelowych grup docelowych.

Wskazania do stosowania

UTAS jest wskazany do stosowania w pomiarach wzrokowych potencjałów elektrofizjologicznych, w tym elektretinogramu (ERG) i wzrokowego potencjału wywołanego (VEP). UTAS jest również wskazany do stosowania w pomiarach reakcji psychofizycznych układu wzrokowego, w tym w adaptometrii ciemności. UTAS jest przeznaczony jako pomoc w diagnostyce i leczeniu chorób w dysfunkcjach dróg wzrokowych lub zaburzeniach okulistycznych (e.g., retinopatia cukrzycowa, jaskra).

Testy specyficzne dla oprogramowania wieloogniskowego

Oprogramowanie LKC Technologies Multifocal wykonuje wieloogniskowe testy ERG i VEP, a także Pattern ERG i VEP, aby pomóc w diagnozowaniu i leczeniu dysfunkcji dróg wzrokowych lub zaburzeń okulistycznych.

Oprogramowanie LKC Technologies Multifocal jest przeznaczone wyłącznie do użytku z uruchomieniami na urządzeniu LKC UTAS. Oprogramowanie będzie działać tylko na komputerach z systemem operacyjnym Windows 10 lub nowszym i wyposażonymi w bardzo specyficzny sprzęt do sterowania wideo. LKC obsługuje tylko komputery UTAS, które zostały dostarczone przez LKC specjalnie dla tego oprogramowania. Numer referencyjny 96-020 Podręcznik użytkownika sprzętu UTAS, aby uzyskać szczegółowe informacje na temat sprzętu UTAS i informacje prawne.

Środki ostrożności dotyczące instalacji oprogramowania

Instalacja oprogramowania



OSTRZEŻENIE: Instalacja dowolnego oprogramowania na komputerze UTAS z systemem Windows, które nie jest dostarczane bezpośrednio przez LKC, może spowodować nieoczekiwane zatrzymanie działania lub awarię urządzenia UTAS.

LKC UTAS to precyzyjne, samodzielne urządzenie medyczne. Komputer dostarczony z urządzeniem został specjalnie wyprodukowany i skonfigurowany do określonego celu.

Gwarancja na system UTAS nie obejmuje problemów spowodowanych instalacją niezatwierdzonego oprogramowania na komputerze. UTAS to urządzenie medyczne korzystające z komputera z systemem Windows. Instalacja dodatkowego oprogramowania na komputerze UTAS może spowodować nieprawidłowe działanie UTAS. Obowiązkiem klienta jest zapewnienie, że żadne dodatkowe oprogramowanie zainstalowane na komputerze UTAS nie wpływa na działanie jego urządzenia UTAS. Firma LKC nie ponosi odpowiedzialności za nieprawidłowe działanie systemu UTAS spowodowane przez oprogramowanie zainstalowane przez klienta.

Dlatego LKC zdecydowanie zaleca, aby UTAS był używany jako samodzielny wyrób medyczny. LKC zaleca również, aby:

Użytkownik nie zmienia żadnych uprawnień ani ustawień oprogramowania.

Żadne oprogramowanie niezatwierdzone przez LKC nie może być instalowane w UTAS.

Ponadto dostarczone oprogramowanie Multifocal nie jest samodzielne i jest przeznaczone wyłącznie do użytku z UTAS.

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Access itp.) został przetestowany z naszym oprogramowaniem i nie przeszkadza. Dlatego można bezpiecznie zainstalować pakiet Microsoft Office na komputerze PC UTAS w celu generowania raportów i analizowania danych. Zaleca się, aby wszystkie aplikacje pakietu Office były zamknięte podczas uruchamiania oprogramowania Multifocal.

Konfiguracja UTAS

Rozmieszczenie sprzętu

W większości przypadków Twój sprzęt zostanie zainstalowany i zorganizowany przez inżynierów biomedycznych LKC Technologies. W przypadkach, w których tak nie jest, musisz postępować zgodnie z tymi wytycznymi.

Monitor wieloogniskowy należy umieścić za podstawą podbródka. Odległość od wyświetlacza do oczu pacjenta określa kątowe pole widzenia dla bodźca wieloogniskowego. Odległość od ekranu do środka oparcia czoła powinna odpowiadać wymiarowi podanemu na etykiecie z przodu monitora).

Wysokość podbródka powinna być wyregulowana tak, aby oczy normalnej osoby znajdowały się w przybliżeniu na poziomie fiksacji "X" na środku ekranu. Aby pomieścić 99% populacji, podbródek wystarczy

wyregulować o ± 1 cala od nominalnej lokalizacji. Ta niewielka korekta jest zwykle niepotrzebna, ponieważ pacjent może patrzeć lekko w górę lub w dół, aby prawidłowo się zafiksować.

Kamera fiksująca jest zamontowana na górnej krawędzi monitora, wyśrodkowana od prawej do lewej. Nachylenie aparatu powinno być wyregulowane tak, aby zapewnić dobry widok oczu obiektu, którego podbródek znajduje się na podbródku.



Instalacja oprogramowania

W większości przypadków oprogramowanie zostanie zainstalowane przez inżynierów biomedycznych LKC Technologies. W przypadkach, w których tak nie jest, postępuj zgodnie z poniższymi wskazówkami:

- Uruchom (kliknij dwukrotnie) plik *MFERGSETUP.EXE*.
- Postępuj zgodnie z instrukcjami, aby zainstalować oprogramowanie.

Po zainstalowaniu oprogramowania uruchom oprogramowanie wieloogniskowe. Pojawi się okno z prośbą o klucz oprogramowania. Ten klucz oprogramowania musi zostać wygenerowany przez personel LKC Technologies i jest specyficzny dla danego komputera. mfERG i mfVEP mają dwa różne klucze programowe. Jeśli zamówisz obie części oprogramowania, będziesz potrzebować dwóch kluczy. Aby wysłać niezbędne informacje do LKC, aby można było wygenerować klucze:

Poczekaj, aż prośba o numer pojawi się na ekranie, a następnie naciśnij PrtScr na klawiaturze. Spowoduje to skopiowanie obrazu bitmapowego ekranu do schowka systemu Windows.

Otwórz program WordPad (w menu Start kliknij All Programy -> Akcesoria -> WordPad) i wklej schowek do dokumentu.

Zapisz dokument i wyślij go do LKC.

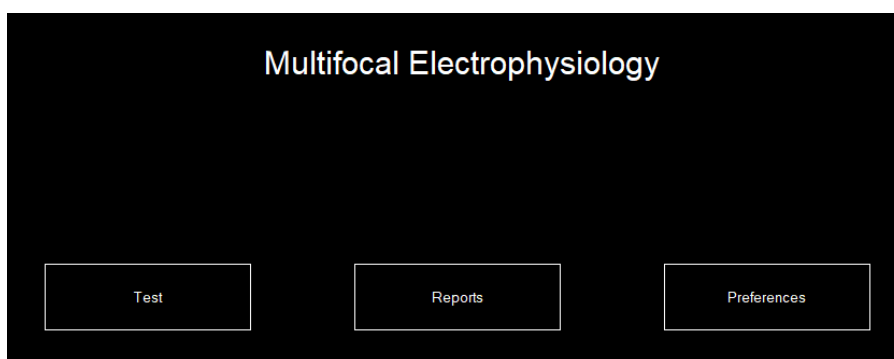
Po wysłaniu klucza (kluczy) wieloogniskowego zostaną one nazwane *MFERG. KEY* i *MFVEP. KLUCZ*. Skopiuj ten plik do katalogu C:\DataMFERG, aby włączyć oprogramowanie. Jeśli masz jakiegokolwiek pytania, zadzwoń lub wyślij e-mail na infolinię obsługi klienta LKC.

Aktualizacja do MFERG lub MFVEP

Jeśli masz już klucz licencyjny dla MFERG lub MFVEP i chcesz uaktualnić do pełnej konfiguracji MFERG + MFVEP, przejdź do strony Preferencje i zanotuj identyfikator komputera UTAS. Wyślij ten identyfikator# do support@lkc.com z prośbą o klucz licencyjny MFERG lub MFVEP (może obowiązywać koszt).

Konfiguracja oprogramowania - Preferencje

Kliknij dwukrotnie ikonę mfERG na pulpicie.



Przejdź do ekranu Preferencje

Institution Name: LKC Technologies

Address: 2 Professional Drive, Suite 222
Gaithersburg, MD 20879

Font: 12

MFERG Preferences

Report Format: Multi-focal ERG

Report Title: Multi-focal ERG

Font: 10

Database File: C:\Data\MFERG\mfERG.mdb

Select a Database Create a New Database

Date Format: MM/DD/YYYY

MFVEP Preferences

Report Format: Multi-focal VEP

Report Title: Multi-focal VEP

Database File: C:\Data\MFERG\mfvep.mdb

Select a Database Create a New Database

Max Report Font Size: 12

Report font size may be reduced to fit on printed page.

System Setup Back

Wprowadź informacje o swojej praktyce w górnych polach. Ten nagłówek będzie drukowany na każdej stronie raportu.

Można wprowadzić różne tytuły raportów MFERG i MFVEP, które będą wyświetlane na drukowanych raportach.

Wybierz bazę danych

Kliknięcie tego przycisku umożliwia zmianę domyślnej bazy danych. Po kliknięciu przycisku pojawi się ekran z nazwami wszystkich dostępnych baz danych mfERG. Kliknij dwukrotnie ten, który chcesz zaznaczyć lub kliknij go raz, a następnie kliknij **OK**. Nazwa domyślnej bazy danych jest wyświetlana po prawej stronie przycisku.

Tworzenie nowej bazy danych

Kliknięcie tego przycisku spowoduje wyświetlenie monitu o podanie nazwy nowej bazy danych. Nie będzie można utworzyć bazy danych, jeśli baza danych o tej samej nazwie już istnieje. Podczas tworzenia nowej bazy danych jest ona automatycznie wybierana jako domyślna baza danych.

Do przechowywania danych MFERG i MFVEP używane są różne bazy danych.

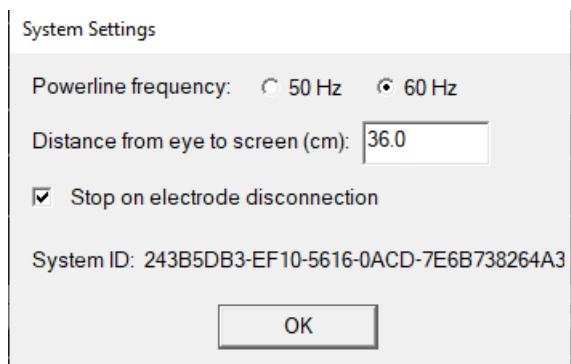
Wieloogniskowe bazy danych All są przechowywane w folderze C:\Data\MFERG



Nie wolno przechowywać danych z mfERG w wersji 2.0.0 lub nowszej w bazie danych zawierającej rekordy mfERG z poprzedniej wersji mfERG. Zapisy nie są zgodne.

Konfiguracja UTAS

Kliknięcie przycisku konfiguracji systemu umożliwi użytkownikom zmianę określonych ustawień oprogramowania:



System Settings

Powerline frequency: ☐ 50 Hz ☒ 60 Hz

Distance from eye to screen (cm):

☒ Stop on electrode disconnection

System ID: 243B5DB3-EF10-5616-0ACD-7E6B738264A3

OK

- Użytkownik może wybrać główną częstotliwość Powerline, którą urządzenie ustawi jako domyślną do filtrowania
- Użytkownik może dostosować odległość od oka do monitora w zależności od wielkości monitora i pola widzenia
- Użytkownik może wybrać, czy podczas testowania włączyć opcję odłączania elektrody. Wyłączenie opcji odłączania elektrod spowoduje, że urządzenie będzie ignorować zdarzenia rozłączania elektrody.

Eksportowanie danych

Aby wydrukować lub wyeksportować dane lub grafikę w dowolnym widoku analizy, kliknij jeden z przycisków w lewym dolnym rogu ekranu.

Po kliknięciu przycisku Drukuj pojawi się ekran opcji (patrz poniżej) umożliwiający wybór drukarki i żądanych widoków analizy. All wybrane widoki zostaną wydrukowane na tej samej stronie. Na jednej stronie można wydrukować jeden, kilka lub wszystkie widoki analizy.

Po kliknięciu przycisku **Eksportuj dane** lub **Eksportuj grafikę** pojawi się wyskakujące menu umożliwiające przesłanie wyeksportowanych danych/grafiki do schowka lub zapisanie bezpośrednio do pliku .txt (dla danych) lub pliku .png, .jpg lub .bmp (dla grafiki).

Print Settings

Printer

Name: SHARP MX-2640N PCL6 Properties

Status: Ready

Type: SHARP MX-2640N PCL6

Where: 192.168.25.200

Comment:

Print range

☒ All

☐ Pages from: 0 to: 0

☐ Selection

Copies

Number of copies: 1

3 1

Sections

☒ Trace Array ☐ Amplitude Time

☐ 3-D Plot ☐ Region / Ring Ratios

OK Cancel

Tworzenie kopii zapasowej danych

LKC zaleca tworzenie kopii zapasowych istniejących baz danych, aby upewnić się, że dane pacjentów nie zostaną nieoczekiwanie utracone. Dlatego dobrą praktyką jest częste tworzenie kopii zapasowych danych. To, jak często, zależy od tego, ile danych chce się utracić. Aby wykonać kopię zapasową bazy danych, przejdź do lokalnego dysku C. Na lokalnym dysku C znajdź folder DataMFERG. Zlokalizuj żądany plik bazy danych kończący się na typ pliku .mdb. Skopiuj bazę danych i zapisz ją na dysku zewnętrznym lub serwerze w celu wykonania kopii zapasowej. Zaleca się, aby kopie zapasowe baz danych były tworzone w innym systemie plików niż oryginalna baza danych.

Wieloogniskowe ERG

1.0 Wprowadzenie

1.1 Co to jest test wieloogniskowy?

Badanie wieloogniskowe to sposób rejestrowania elektroretinogramu (ERG) z wielu obszarów siatkówki w celu uzyskania mapy funkcji siatkówki. Test wieloogniskowy wykorzystuje wyświetlacz komputera jako stymulator i dzieli go na kilka mniejszych obszarów testowych. Każdy obszar testowy jest stymulowany za pomocą sekwencji włączania/wyłączania, która różni się w czasie od wszystkich innych obszarów testowych. Wywołane reakcje są zbierane jednocześnie ze wszystkich stymulowanych obszarów, a uzyskane dane są przetwarzane po nagraniu w celu wyodrębnienia poszczególnych odpowiedzi.

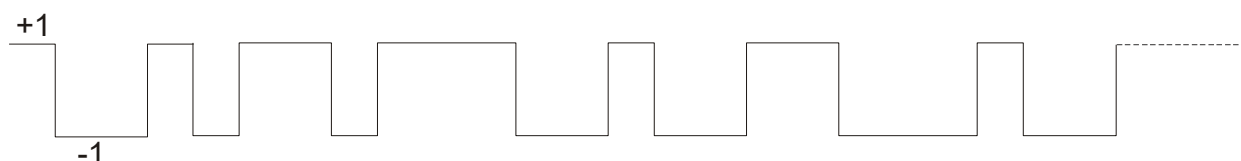
1.2 Jak działa wieloogniskowe ERG?

W mfERG ekran, który ogląda pacjent, podzielony jest na szereg elementów heksagonalnych – od 19 do 241. Każdy sześciokąt będzie stymulował niewielką część siatkówki, a mfERG pozwoli na zarejestrowanie odpowiedzi z tej części oddzielnie od innych części siatkówki. Amplituda odpowiedzi ze zdrowej siatkówki jest proporcjonalna do liczby fotoreceptorów zawartych w stymulowanym obszarze. Konwencjonalne jest skalowanie sześciokątów mfERG w taki sposób, aby w przybliżeniu równa liczba fotoreceptorów była stymulowana przez każdy sześciokąt, aby każdy sześciokąt miał podobny stosunek sygnału do szumu. Powoduje to wzór, który ma małe sześciokąty w centralnym obszarze i większe sześciokąty o rosnącej odległości od dołka centralnego.

Wieloogniskowe ERG są testami fotopowymi (przystosowanymi do światła) i dostarczają informacji o ścieżce wzrokowej opartej na czopkach. Podobnie jak w przypadku konwencjonalnych ERG, sygnał rejestrowany z oka pochodzi głównie z czopków, komórek on- i off-bipolarnych, komórek Müllera i ewentualnie komórek zwojowych. Jednak mfERG to nie tylko "mały ERG". Pełny discussion można znaleźć w [Hood, 2000].

1.3 M-sekwencje i jądra

Teoretycznie, o ile każdy z sześciokątów/sektorów jest migany w innej kolejności, możliwe jest odzyskanie odpowiedzi każdego z nich. W praktyce najlepszą metodą flashowania sześciokątów jest użycie *pseudolosowej sekwencji binarnej*. Pseudolosowa sekwencja binarna ma 2 stany, oznaczone jako +1 i -1, i zmienia stany w równych odstępach czasu. W każdym interwale prawdopodobieństwo, że sekwencja będzie +1 lub -1, wynosi 50%. Typowa sekwencja może wyglądać następująco:



Każdy około 1/4" na powyższym wykresie reprezentuje pojedynczy okres bodźca (13,9 ms) na ekranie; Gdy wartość sekwencji wynosi +1, sześciokąt/sektor, a gdy wartość sekwencji wynosi -1, sześciokąt/sektor nie. Czas trwania błysku wynosi około 7 ms. Każdy sześciokąt/sektor ma inną sekwencję błysków.

Pseudolosowe sekwencje binarne w końcu się powtarzają. Sekwencja, która przechodzi przez wszystkie możliwe permutacje grupy ciągłych stanów przed powtórzeniem, nazywana jest "sekwencją maksymalną" lub *sekwencją m*. Na przykład *sekwencje m* użyte w bodźcu 103 sześciokątnym wykorzystują permutacje grupy 15 lub 16 ciągłych stanów i powtarzają się po 32 768 lub 65 536 elementach. Są one określane jako "dłgie sekwencje m".

Wyodrębnienie sygnału dla pojedynczego sześciokąta z zarejestrowanych danych jest proste – wystarczy dodać wszystkie ślady, w których wystąpił błysk (wartość sekwencji = +1) i odjąć od tego wszystkie ślady, w których błysk nie wystąpił (wartość sekwencji = -1). Rezultatem jest reakcja siatkówki pokrytej tym sześciokątem na błysk światła. Jest to również określane jako jądro *pierwszego rzędu* mfERG.

Korzystając z pseudolosowej sekwencji binarnej o maksymalnej długości (sekwencja m), możliwe jest również badanie innych efektów. Jądro *drugiego rzędu* mfERG mierzy wpływ wcześniejszego błysku na odpowiedź na bieżący błysk, a zatem jest miarą adaptacji siatkówki (zwłaszcza aktywności komórek zwojowych). Jądro drugiego rzędu jest trudniejsze do zarejestrowania i zinterpretowania i nie jest powszechnie używane klinicznie.

1.4 Pole widzenia

Pole widzenia multifokalne zależy od 2 czynników – wielkości ekranu monitora oraz odległości od monitora do pacjenta. Wielkość wzorów zastosowanych w LKC multifokalnemu zależy od wielkości ekranu, zgodnie z naszymi wytycznymi dotyczącymi odległości oglądania, a następnie całkowitego pola widzenia 45° ($\pm 5^\circ$). Aby uzyskać więcej informacji na temat obliczania podciśnienia wzrokowego bodźców opartych na monitorze, zapoznaj się z wytycznymi dotyczącymi kalibracji ISCEV. [CSC, 2003]

1.5 Kiedy przydaje się mfERG?

mfERG jest przydatny przede wszystkim w wykrywaniu zaburzeń siatkówki centralnej i środkowej obwodowej, w których mogą występować plamy dysfunkcji siatkówki. Zaburzenia, w których mfERG okazał się szczególnie przydatny, obejmują:

- Retinopatia hydroksychlorochiny (Plaquenil)
- Retinopatia cukrzycowa
- Wczesne zwyrodnienie plamki żółtej związane z wiekiem
- Zespoły białych kropek, takie jak MEWDS, AZOOR i wieloogniskowe zapalenie naczyńówki
- Niedrożność żył gałęzi i niedrożność żyły środkowej siatkówki
- Choroba Stargarda
- Utajona dystrofia plamki żółtej / ogniskowa dystrofia czopków
- Niewyjaśniona utrata wzroku

1.6 Kiedy mfERG nie jest przydatny?

Ponieważ mfERG opiera się na starannej fiksacji pacjenta w celu uzyskania znaczących zapisów, jest mniej przydatny w zaburzeniach, w których pacjent ma dużego mroczka centralnego. W zaburzeniach tego typu pacjent albo 1) unieruchamia się z preferowanym locus siatkówki innym niż dołek centralny, albo 2) nieregularnie się utrwała. W obu przypadkach można uzyskać niedokładne lub wprowadzające w błąd wyniki mfERG. Zaburzenia z dużymi mroczkami centralnymi obejmują:

- Zaawansowane zwyrodnienie plamki żółtej związane z wiekiem
- Znaczny cukrzycowy obrzęk plamki żółtej
- Zaawansowana choroba Stargarda
- Zaawansowane barwnikowe zwyrodnienie siatkówki z pogorszeniem plamki żółtej

Inne zaburzenia, które mogą również powodować, że pacjent nie jest w stanie ustabilizować się w wystarczającym stopniu do badania mfERG, obejmują:

- Oczopląs
- Głaskać
- Urazowe uszkodzenie mózgu

2.0 Przygotowanie do nagrania mfERG

2.1 Pacjent

Przed rejestracją pacjent powinien być rozszerzony krótkotrwałym środkiem rozszerzającym źrenice, takim jak 1% tropikamid (*Mydriacyl*, *Mydral* itp.). Oczekaj co najmniej 15 minut, aby lek zaczął działać. Pacjent **nie powinien** być ciemny przystosowany do tego badania, ale jeśli był wystawiony na działanie jasnego światła (np. z lampy szczelinowej, fotografii dna oka, angiografii fluoresceinowej), odczekaj co najmniej 10 minut przed badaniem.

Ponieważ ten test wymaga długich okresów stabilizacji bez mrugania (15 sekund na raz), zalecamy stosowanie znieczulenia miejscowego zarówno w oku, nawet jeśli nagrywasz tylko z jednego oka. Znieczulenie w przeciwległym oku ułatwi pacjentowi uniknięcie mrugania podczas badania.

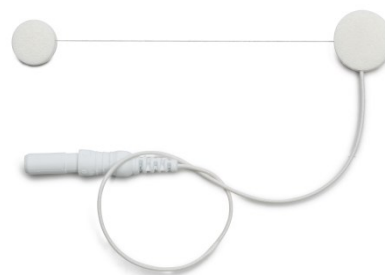
2.2 Elektrody



Słaby lub niestabilny kontakt z elektrodą jest główną przyczyną niskiej jakości nagrań mfERG. Zalecamy zwrócenie szczególnej uwagi na prawidłowe przygotowanie, umieszczenie i czyszczenie elektrod do rejestracji mfERG.

2.2.1 Elektroda aktywna

Najlepsze zapisy mfERG zostaną uzyskane przy użyciu bipolarnych elektrod soczewek kontaktowych, takich jak elektroda Burian-Allen pokazana po prawej stronie lub elektroda bipolarna Mayo. Jeśli używasz elektrody bipolarnej, podłącz soczewkę kontaktową (biały lub czerwony przewód) do kanału 1 +, a wziernik (przewód) do kanału 1 -. W przypadku nagrywania przez lornetkę podłącz drugą elektrodę w podobny sposób w kanale 2. Elektroda Burian-Allen jest również dostępna w konfiguracji monopolarnej; monopolarne elektrody Buriana-Allena wymagają użycia oddzielnej obojętnej elektrody (patrz sekcja 2.2.2). Za pomocą tej elektrody należy zastosować środek znieczulający na oko.



Dobre nagrania mfERG można uzyskać za pomocą elektrody DTL. Elektroda DTL Plus (dostępna w LKC Technologies) ma 2 samoprzylepne podkładki piankowe, które utrzymują nić na miejscu. Oczyść nos w pobliżu kantu nosowego i skórę w pobliżu kantu skroniowego alkoholem i pozostaw do wyschnięcia. Umieść mniejszą samoprzylepną podkładkę piankową na kancie nosa z gwintem skierowanym w stronę oka. Gdy pacjent patrzy w górę, ułóż nić na twarłowce nad dolną powieką, a następnie przymocuj większą samoprzylepną podkładkę piankową do skóry w pobliżu kości skroniowej. Gdy pacjent patrzy prosto przed siebie, nić powinna stykać się z rogówką. Znieczulenie jest opcjonalne w przypadku tej elektrody.



Elektrody ERG Jet mogą być również stosowane jako elektrody monopolarne. Elektrody te są elektrodami do soczewek kontaktowych z obszarem styku ze złotym pierścieniem. Za pomocą tej elektrody należy zastosować środek znieczulający na oko.

2.2.2 Obojętna elektroda

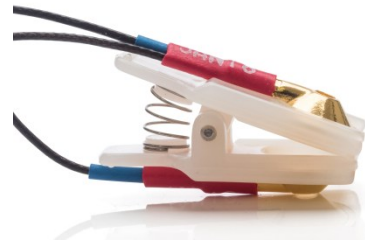
Jeśli używasz elektrody monopolarnej, umieść elektrodę obojętną (referencyjną) w pobliżu kości skroniowej oka, z którego nagrywasz, lub naprzemiennie na czole. Tak czy inaczej, oczyść miejsce elektrody za pomocą podkładki przygotowawczej lub alkoholu, aby usunąć olejki ze skóry, makijaż itp. przed założeniem elektrody.

Jeśli używasz kantu skroniowego, użyj elektrody ze złotym kubkiem (VEP) z kremem elektrodowym (nie żelem) i umieść ją jak najbliżej kantu skroniowego. (Jeśli użyłeś elektrody DTL Plus, najpierw umieść DTL, ponieważ samoprzylepna podkładka piankowa musi być dokładnie umieszczona. Następnie umieść obojętną elektrodę.) Podłącz elektrody aktywne do kanału 1 + (i 2 + w przypadku nagrywania z obojga oczu), a elektrodę obojętną do kanału 1 - (i 2 -).

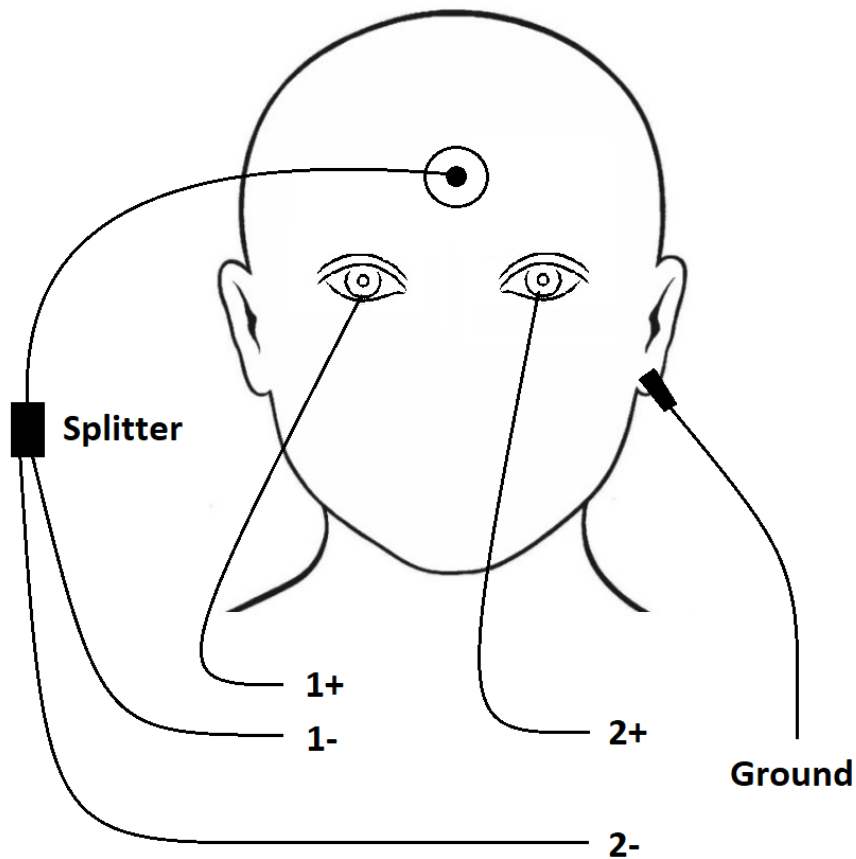
Jeśli wybierzesz czoło dla swojej obojętnej elektrody, użyj ECG elektrody i klipsa uziemiającego. Możesz też użyć elektrody ze złotym kubkiem (VEP) z kremem elektrodowym.

2.2.3 Elektroda uziemiająca

Elektroda z klipsem na ucho stanowi doskonałe uziemienie. Oczyszczyć jeden płatek ucha alkoholem i pozostawić do wyschnięcia. Umieścić żel elektrodowy (nie krem) w obu miseczkach elektrody i umieścić go na przygotowanym płatkach ucha. Podłączyć tę elektrodę do wejścia uziemienia (G).

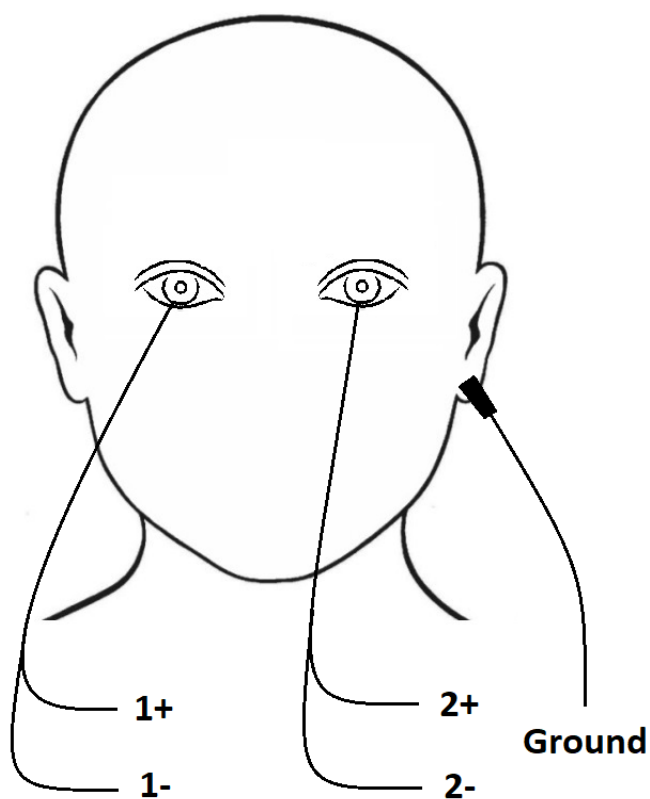


Konfiguracja ERG przy użyciu elektrod monopolarnych (tj. ERG-Jet, DTL). Zwróć uwagę, że elektroda uziemiająca to klips do ucha wypełniony żelą, elektrody referencyjne to elektrody ze złotym kubkiem wypełnione kremem, a elektroda dodatnia lub aktywna jest pokazana tutaj z monopolarną elektrodą typu soczewki rogówki (zachowaj tę samą konfigurację dla każdego innego typu monopolarnej elektrody ERG).



Umieszczanie elektrod monopolarnych (ERG-Jet, DTL...)

Konfiguracja ERG/MFERG przy użyciu elektrod bipolarnych (Burian-Allen).
Zwróć uwagę, że elektroda uziemiająca to klips do ucha wypełniony żel.



Bipolarne umieszczenie elektrody do soczewek kontaktowych

2.3 Refrakcja

"Istnieją pewne kontrowersje co do tego, czy ostrość ma kluczowe znaczenie dla mfERG, przynajmniej w zakresie $\pm 6D$ od emmetropii, więc niektórzy eksperci uważają, że refrakcja jest niepotrzebna w tych granicach". [Marmor, 2003]

Jeśli zdecydujesz się na refrakcję pacjentów przed rejestracją, zalecamy dodanie +3 D (soczewka dioptrii), aby skompensować odległość ekranu nagrywania (~30 cm). Ponadto należy mieć świadomość, że znaczna korekcja refrakcji zmieni rozmiar siatkówki elementów wzoru i może ograniczyć zdolność do porównywania wyników między pacjentami.

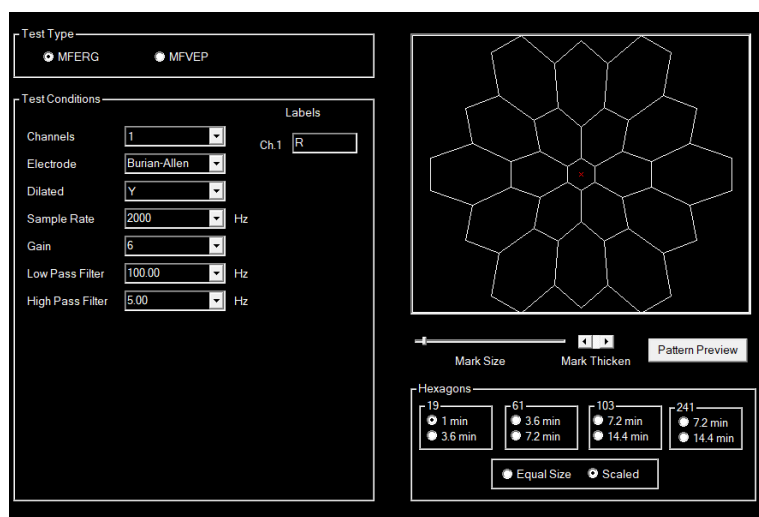
2.4 Oświetlenie otoczenia

mfERG jest badaniem fotopowym i powinno być przeprowadzane przy włączonym oświetleniu pomieszczenia. Idealne natężenie światła dla oświetlenia pomieszczenia to takie, które zapewnia oświetlenie obiektu zbliżone do średniej ekranu bodźca ($100 \text{ cd} / \text{m}^2$). Jeśli światła w pomieszczeniu są zbyt jasne, mogą wystąpić odbicia od wyświetlacza pacjenta, które będą zakłócać zapis mfERG.

2.5 Problemy z pacjentami niedowidzącymi

Pacjenci ze znacznym upośledzeniem widzenia centralnego będą mieli trudności z fiksacją na ekranie. Zwykłym celem fiksacji jest mały "X" w środku środkowego sześciokąta. Ten cel fiksacji można wydłużyć i pogrubić. Kontrolka **Rozmiar** znacznika określa długość ramion "X", podczas gdy kontrolka **Pogrubienie znaku** określa grubość ramion.

Pacjenci ze słabym widzeniem centralnym mogą czasami fiksować się poprzez wyśrodkowanie powiększonego "X" w pozostałym widzeniu. Jest to jednak desperackie posunięcie, ponieważ jest mało prawdopodobne, aby ich fiksacja pozostała wystarczająco stabilna, aby uzyskać dobre nagrania mfERG. Ogólnie rzecz biorąc, nie należy zmieniać fiksacji "X" z domyślnego rozmiaru, ponieważ zasłanianie to większą część sześciokątów mfERG, prowadząc do zmniejszenia amplitudy odpowiedzi.



2.6 Monitorowanie fiksacji

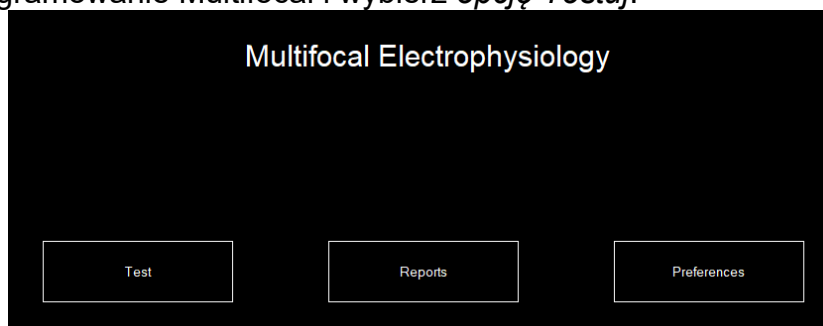
Kamera umożliwia monitorowanie pacjenta podczas badania wieloogniskowego. Kamera montowana jest do górnej krawędzi monitora stymulatora. Obraz z kamery jest wyświetlany na ekranie operatora komputera. Ten aparat pozwala sprawdzić, czy:

- pacjent mruga lub porusza oczami,
- elektroda wypadła, lub
- Pacjent jest rażąco niestabilny.

Kamera nie pozwala określić, czy pacjent jest lekko przesunięty w fiksacji, jak w przypadku pacjenta z mroczkiem centralnym przy użyciu alternatywnego preferowanego locus siatkówki. Nic innego jak kamera siatkówki nie pozwoli Ci określić, czy centralny sześciokąt spada bezpośrednio na dołek centralny.

3.0 Uruchamianie testu

Otwórz oprogramowanie Multifocal i wybierz *opcję Testuj*.



Test Type

☒ MFERG
 ☐ MFVEP

Test Conditions

Channels

1

Electrode

Burian-Allen

Dilated

Y

Sample Rate

2000

Hz

Gain

6

Low Pass Filter

100.00

Hz

High Pass Filter

5.00

Hz

Labels

Ch.1

R

Mark Size

Mark Thicken

Pattern Preview

Hexagons

19

☒ 1 min
 ☐ 3.6 min

61

☐ 3.6 min
 ☐ 7.2 min

103

☐ 7.2 min
 ☐ 14.4 min

241

☐ 7.2 min
 ☐ 14.4 min

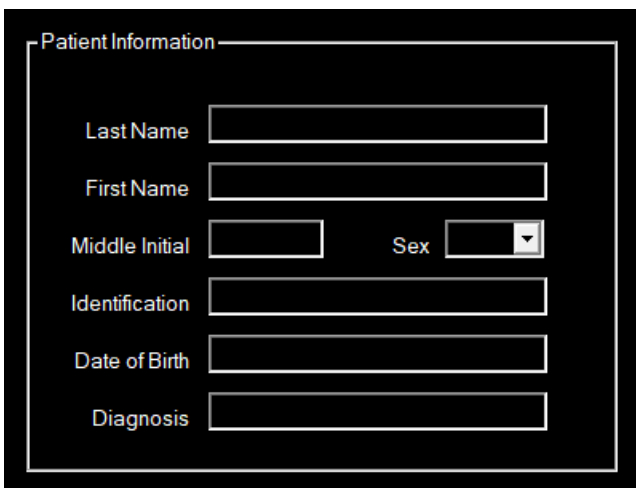
☐ Equal Size
 ☒ Scaled

3.1 Rodzaj testu

Wybierz MFERG, jeśli opcja się nie pojawi, oznacza to, że nie masz licencji MFERG. Zapoznaj się z sekcją konfiguracji UTAS w tym podręczniku, aby dokonać aktualizacji.

3.2 Informacje o pacjencie

Nazwisko lub identyfikacja i data urodzenia są wymagane do rozpoczęcia testu.

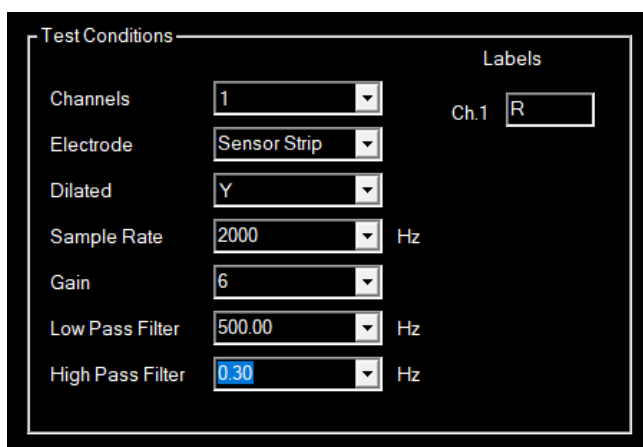
A screenshot of a 'Patient Information' form. It contains several input fields: 'Last Name', 'First Name', 'Middle Initial', 'Identification', 'Date of Birth', and 'Diagnosis'. There is also a 'Sex' field with a dropdown arrow. The form is titled 'Patient Information' at the top left.

3.3 Kanały i etykiety

Numer kanału: wszystkie urządzenia UTAS mogą nagrywać jednoocześnie lub przez lornetkę. Oprogramowanie automatycznie ustawia domyślnie prawe oko na kanale 1 i lewe oko na kanale 2.



Jeśli nagrywasz tylko z 1 oka/1 kanału na raz, zawsze używaj kanału 1.

A screenshot of a 'Test Conditions' form. It has two sections: 'Test Conditions' and 'Labels'. The 'Test Conditions' section includes dropdown menus for 'Channels' (set to 1), 'Electrode' (set to Sensor Strip), 'Dilated' (set to Y), 'Sample Rate' (set to 2000 Hz), 'Gain' (set to 6), 'Low Pass Filter' (set to 500.00 Hz), and 'High Pass Filter' (set to 0.30 Hz). The 'Labels' section has a 'Ch.1' label with a dropdown set to 'R'.

3.4 Wybór wzoru

Istnieją trzy elementy, które należy wziąć pod uwagę przy wyborze testu mfERG:

- Liczba sześciokątów
- Skalowanie sześciokątów
- Długość sekwencji *m*

Oprogramowanie mfERG zapewnia kilka możliwości wyboru liczby sześciokątów i długości sekwencji *m*, aby spełnić Twoje potrzeby kliniczne.

Liczba sześciokątów

Im większa liczba sześciokątów, z których nagrywasz, tym mniejszy będzie sygnał z każdego sześciokąta. Ponieważ szum generowany podczas nagrywania jest niezależny od rozmiaru sześciokąta, większe sześciokąty (które wytwarzają wyższe sygnały) zapewniają lepszy stosunek sygnału do szumu, a tym samym pozwalają na krótszy czas nagrywania od pacjenta. Tak więc, ogólnie rzecz biorąc, powinieneś nagrywać przy użyciu najmniejszej liczby sześciokątów, które pozwolą ci rozwiązać

zaburzenie. Okazuje się, że 61 sześciokątów stanowi dobry kompromis dla wielu zaburzeń.

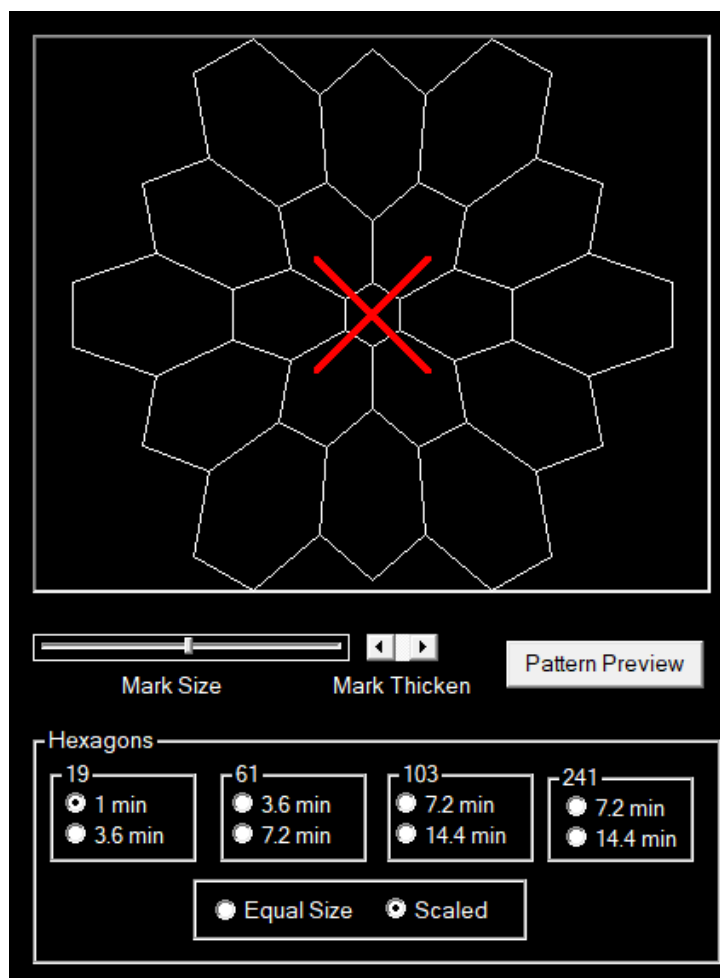
Skalowanie sześciokątów

Jeśli nagrywasz z ludzkich oczu, zalecamy użycie wyskalowanych sześciokątów. Skalowanie sześciokątów z mimośrodem jest takie, że każdy sześciokąt stymuluje w przybliżeniu taką samą liczbę czopków, co prowadzi do w przybliżeniu równych odpowiedzi amplitudy w każdym sześciokącie.

Jeśli nagrywasz ze zwierząt, zalecamy użycie sześciokątów o jednakowej wielkości. mfERG wykorzystujące sześciokąty o jednakowej wielkości są łatwiejsze do interpretacji, gdy fiksacja jest niepewna. Co więcej, wiele gatunków zwierząt ma profile gęstości czopków, które znacznie różnią się od profili zagęszczenia ludzi.

M-sekwencje

Dłuższe sekwencje *m* pozwalają na większe uśrednianie danych, a tym samym zapewniają cichsze nagrania. W przypadku stosowania głośniejszych elektrod, takich jak elektrody DTL, należy użyć dłuższej sekwencji *m*. Ogólnie rzecz biorąc, szum zmniejsza się o pierwiastek kwadratowy z czasu nagrywania, więc nagrywanie przez 4 razy dłuższy czas zmniejszy szum do około 1/2 jego pierwotnej wartości. LKC klasyfikuje *m*-sekwencje według przybliżonego czasu potrzebnego do ukończenia nagrania. (Ponieważ prezentujemy bodźce z częstotliwością 72 Hz, jest $72 \times 60 = 4320$ bodźców na minutę.)



Nagrywanie Time	Długość sekwencji m
Czas trwania: 1 min	4 096 (12 bitów)
Czas trwania: 4 min	16 384 (14 bitów)
Czas trwania: 8 min	32 768 (15 bitów)
Czas trwania: 15 min	65 536 (16 bitów)

Zalecane czasy nagrywania dla różnych elektrod to:

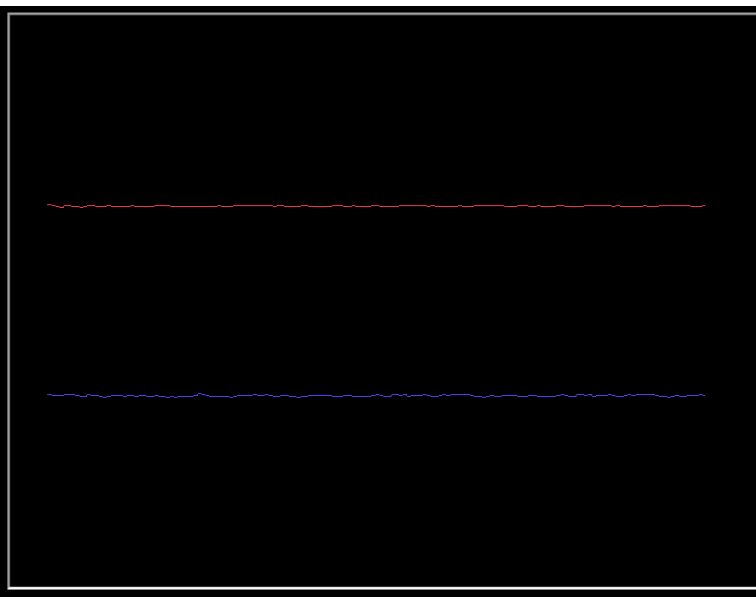
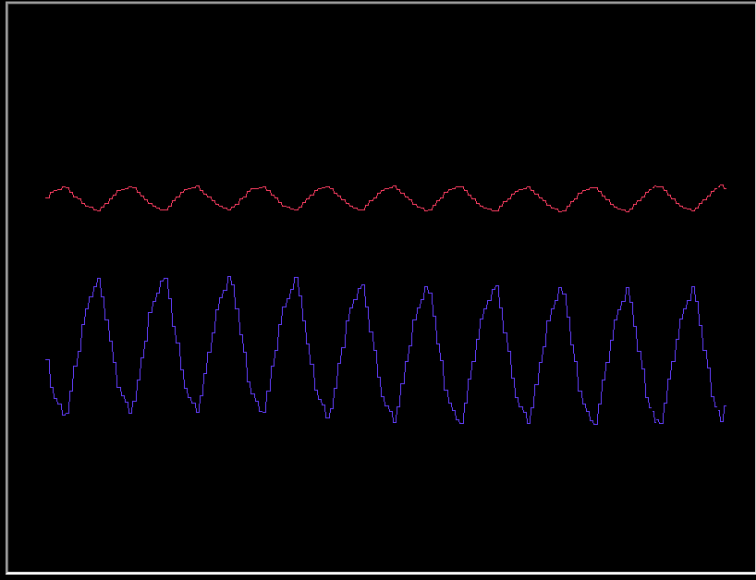
Sześciokątów	Nagrywanie za pomocą elektrod Burian-Allen	Nagrywanie za pomocą elektrod DTL lub ERG Jet
19	Czas trwania: 1 min	Czas trwania: 4 min
61	Czas trwania: 4 min	Czas trwania: 8 min
103	Czas trwania: 8 min	Czas trwania: 15 min
241	8 min nagrane dwukrotnie i uśrednione	15 minut nagrane 4 razy i uśrednione

3.5 Nagrywanie danych



Linia bazowa

Po umieszczeniu elektrod na pacjencie i podłączeniu do wzmacniacza lub pacjenta, należy uruchomić linię bazową, aby upewnić się, że wszystkie połączenia działają prawidłowo i że pacjent jest w stanie utrzymać stabilną stabilizację. Poproś pacjenta o umieszczenie podbródka w podbródku i w razie potrzeby wyreguluj wysokość podparcia czoła. Następnie poproś pacjenta, aby spojrzał bezpośrednio na czerwoną fixację "X" na ekranie. Kliknij opcję **Linia bazowa**. UTAS rozpocznie zbieranie danych bez prezentowania bodźca i pozwoli obserwować podstawowe dane pacjenta. Poniżej przedstawiono przykłady dobrych i słabych danych wyjściowych.

Dobry punkt odniesienia	
Zła linia bazowa Ta linia bazowa ma nadmierny szum sieciowy (50/60 Hz). Najprawdopodobniej jest to spowodowane złym połączeniem elektrod, chociaż istnieją inne możliwe wyjaśnienia hałasu. Analiza obejmuje usunięcie zakłóceń linii energetycznej, więc całkowita eliminacja zakłóceń linii energetycznej nie jest wymagana.	

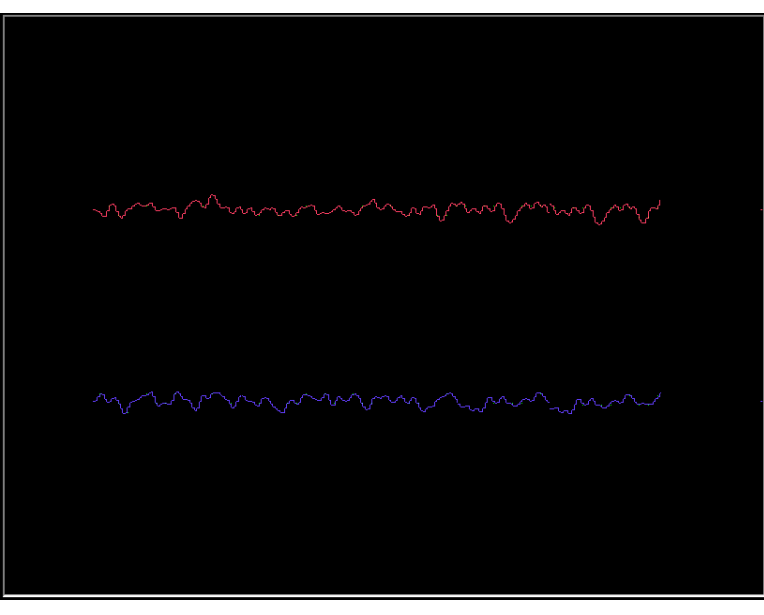
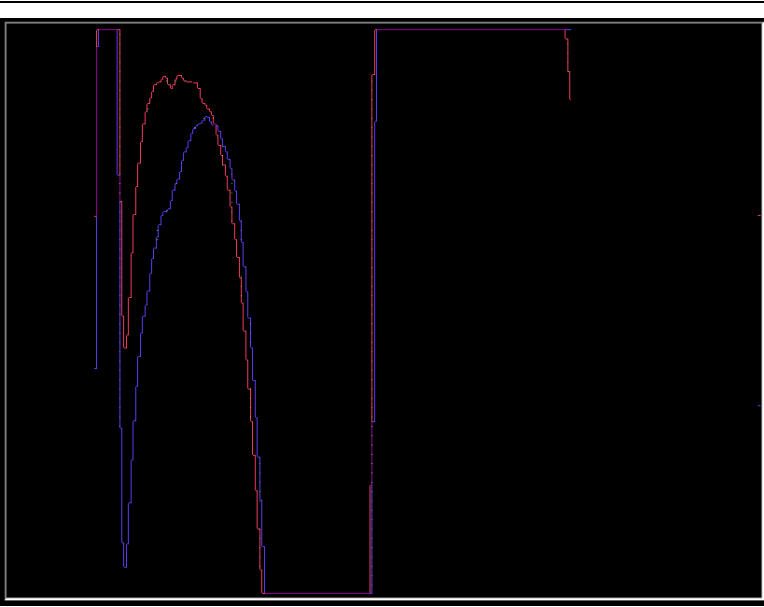
3.6 Rekord

Oprogramowanie LKC mfERG dzieli nagrania na szereg **segmentów**. Podczas każdego segmentu pacjent musi skupić się na celu fiksacji bez mrugania. Po każdym segmencie pacjent może mrugnąć lub odpocząć przed kontynuowaniem. Dłuższe *m-sekwencje mają więcej segmentów*.

Każdy segment składa się z kilku **kroków**. Każdy krok to jedna prezentacja bodźca, więc są 72 kroki na sekundę. Na każdy segment przypadają 1024 kroki, więc segment ma długość $1024 / 72 = 14$ sekund plus kolejny ułamek sekundy na synchronizację i mieszanie segmentów. Postęp każdego segmentu jest wyświetlany na ekranie jako ułamek całkowitej liczby kroków w segmencie, na przykład 257/1024. Postęp segmentu jest aktualizowany co 16 kroków.

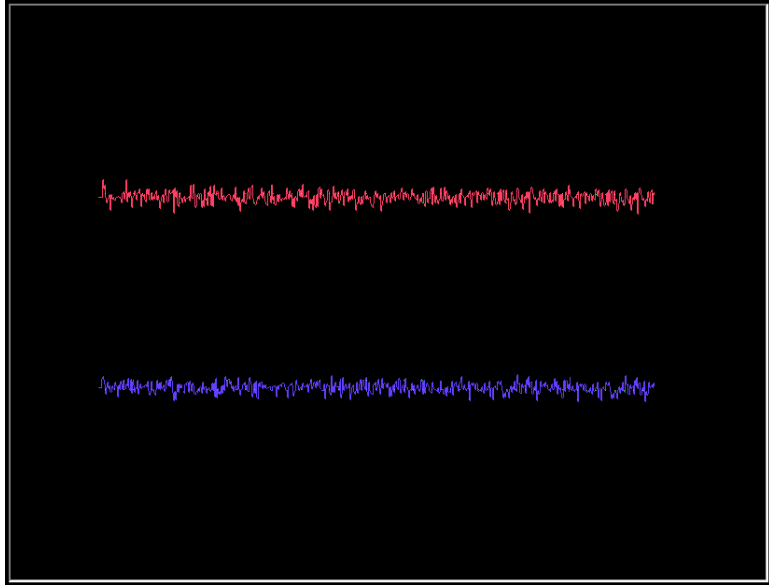
Podczas nagrywania w oknie zostaną wyświetlone dane z każdych 16 kroków. Należy uważnie obserwować wyświetlane dane, aby upewnić się, że żadne ruchy gałek ocznych ani inne artefakty nie zanieczyszczają nagrania. Przykłady dobrych i złych tras przedstawiono poniżej. Ogólnie rzecz biorąc, jeśli zarejestrowane dane wydają się wychodzić poza okno, artefakt jest niedopuszczalnie duży i ten segment powinien zostać ponownie zarejestrowany.

Podczas nagrywania segmentu **można użyć funkcji Przerwij**, jeśli pacjent mrugnął lub poruszył się i konieczne jest powtórzenie bieżącego segmentu.

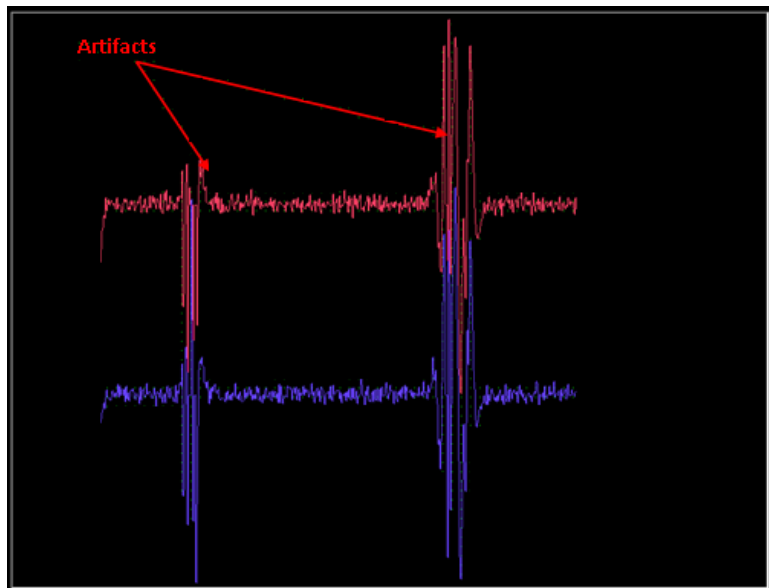
Jest to dobry ślad nagrania podczas akwizycji.	
Jest to przykład artefaktu mrugnięcia podczas nagrywania. Jeśli wystąpi zbyt wiele artefaktów, segment powinien zostać przerwany (kliknij przycisk Przerwij) i powtórzony (kliknij przycisk Repeat).	

Na końcu segmentu wykonywane jest wstępne przetwarzanie w celu wyeliminowania artefaktów i wyświetlany jest segment. W tym momencie segment można powtórzyć lub przejść do segmentu **Next**.

To dobre nagranie. Odpowiedź oka na sygnał mfERG jest widoczna (małe falki), nie ma dużych ruchów gałek ocznych, a wszystkie dane mieszczą się w granicach wyświetlacza i są stosunkowo spójne pod względem amplitudy.



Jest to segment zawierający dwa duże ruchy gałek ocznych. Ruch gałek ocznych ma większą amplitudę niż reszta przebiegu. Artefakty zostaną usunięte przez algorytmy przetwarzania. Jeśli jednak % artefaktów wyświetlanych nad wykresem jest większy niż kilka procent, segment powinien zostać ponownie zarejestrowany. W takim przypadku wybierz **opcję Repeat Segment** do ponownego nagrania.



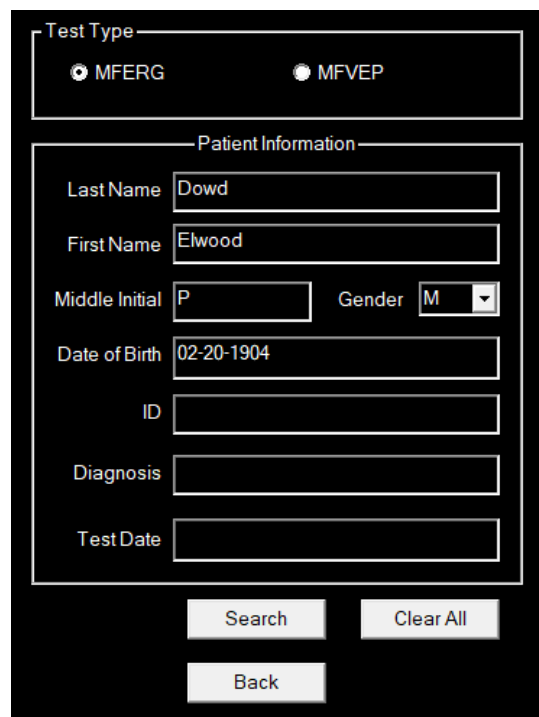
Kontynuuj nagrywanie, aż wszystkie segmenty zostaną ukończone. Następnie kliknij **Zapisz test** , aby zapisać dane.

Po zapisaniu danych **zostanie wyświetlony ekran Analiza**.

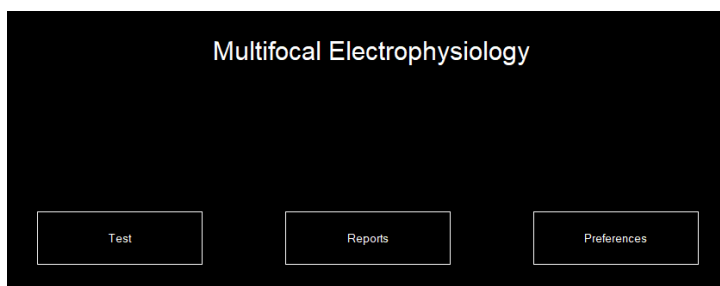
4.0 Analiza i raport danych MFERG

Na wyniki mfERG może mieć wpływ dokładny zastosowany stymulator, dlatego producent i model stymulatora powinny być zawarte w raportach, aby pomóc porównać dane mfERG z wynikami z UTAS wykorzystującego inny typ stymulatora.

4.1 Znajdowanie danych pacjenta



The screenshot shows a software interface for patient information. At the top, there is a 'Test Type' section with two radio buttons: 'MFERG' (selected) and 'MFVEP'. Below this is a 'Patient Information' section containing several input fields: 'Last Name' (Dowd), 'First Name' (Elwood), 'Middle Initial' (P), 'Gender' (M, selected from a dropdown), 'Date of Birth' (02-20-1904), 'ID', 'Diagnosis', and 'Test Date'. At the bottom of the form are three buttons: 'Search', 'Clear All', and 'Back'.



Uruchom oprogramowanie Multifocal i przejdź do **sekcji Raporty**.

Wybierz MFERG w Typie testu

Następnie wprowadź parametry wyszukiwania (przykład po prawej)

Kliknięcie **przycisku Szukaj** powoduje wyświetlenie wszystkich nagrań mfERG z pasującymi parametrami.

Clear All wyczyści wszystkie pola informacji o pacjencie

Kliknij **przycisk Wstecz**, aby przejść do Main Menu

Wybierz do 4 nagrań z listy. Nagrania będą musiały mieć ten sam **typ** testu i **długość testu**, aby można je było pobrać razem.

Wybierz, klikając lewym przyciskiem myszy.

Index	Name	BirthDate	TestDate	TestType	TestLength	Label/Eye
0	test	01/01/2011	09/23/2019	19	1 min	R
1	test	01/01/2011	09/23/2019	19	1 min	R
2	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	19	1 min	R
3	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	19	1 min	L
4	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	61	3.6 min	R
5	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	61	3.6 min	L
6	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	103	7.2 min	R
7	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	103	7.2 min	L
8	mf557	08/08/1999	10/30/2019	19	1 min	R
9	JS	09/06/1990	10/31/2019	61	7.2 min	R
10	JS	09/06/1990	10/31/2019	61	7.2 min	L
11	mf570	08/08/1999	11/18/2019	19	1 min	R
12	mf553	08/08/1999	11/18/2019	19	1 min	Right
13	mf553	08/08/1999	11/18/2019	19	1 min	Left

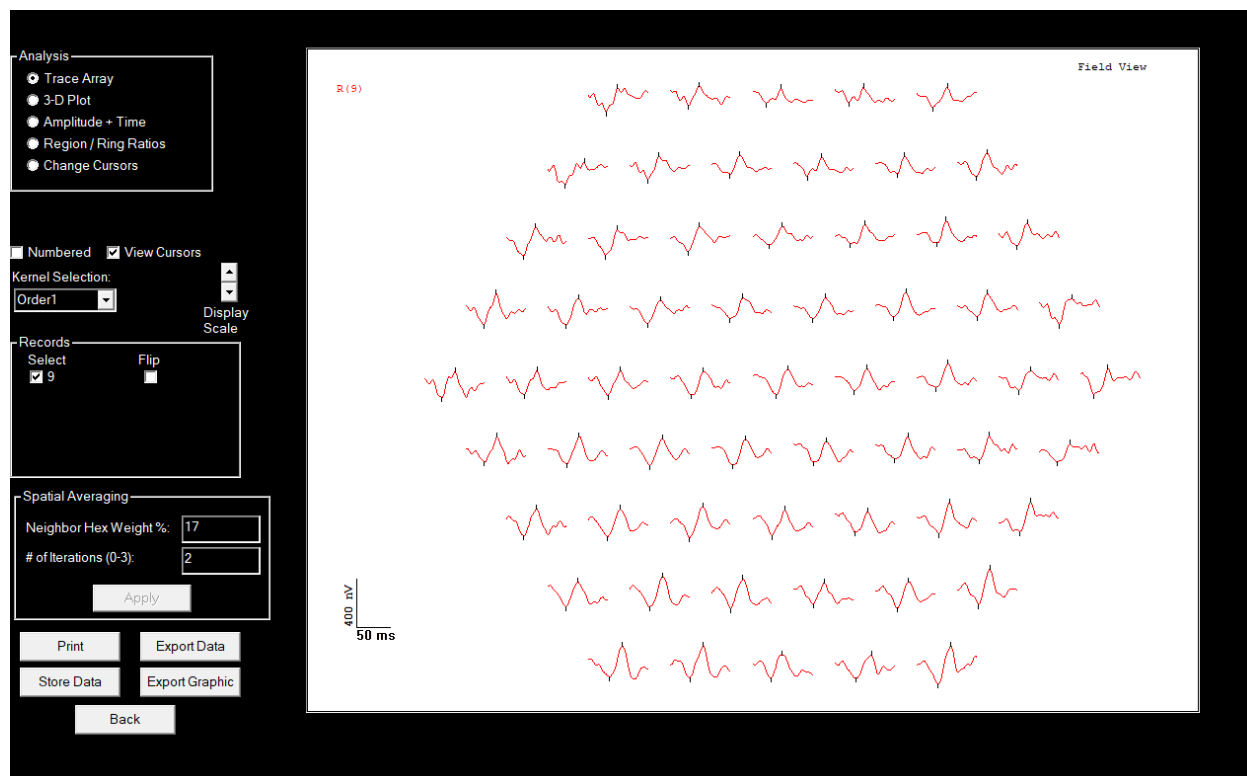
Kliknij **Next**, aby przejść do strony Analiza

4.2 Analiza danych

Dla wszystkich analiz mfERG jądro 1. rzędu jest domyślnym wyborem.

Tablica śledzenia

Widok **Trace Array** pokazuje poszczególne przebiegi mfERG dla każdego sześciokąta. Jest to najważniejszy widok danych, ponieważ pokazuje, czy występują artefakty i najlepiej pozwala interpretować przebiegi mfERG. Widok Trace Waveform należy zawsze drukować jako część raportu. Tablice ścieżek są prezentowane w widoku pola: skrajny prawy przebieg wynika z skrajnego prawego sześciokąta na wyświetlaczu (chyba że **zaznaczona jest opcja Odwróć**), a górny rząd przebiegów wynika z górnego rzędu sześciokątów na wyświetlaczu.



Powiększenie przebiegów na ekranie można dostosować za pomocą suwaka **Skala wyświetlania** . Kliknięcie strzałki w górę powiększy przebiegi. Skala w lewym dolnym rogu ekranu zmieni się tak, aby wyświetlana była prawidłowa amplituda przebiegu.

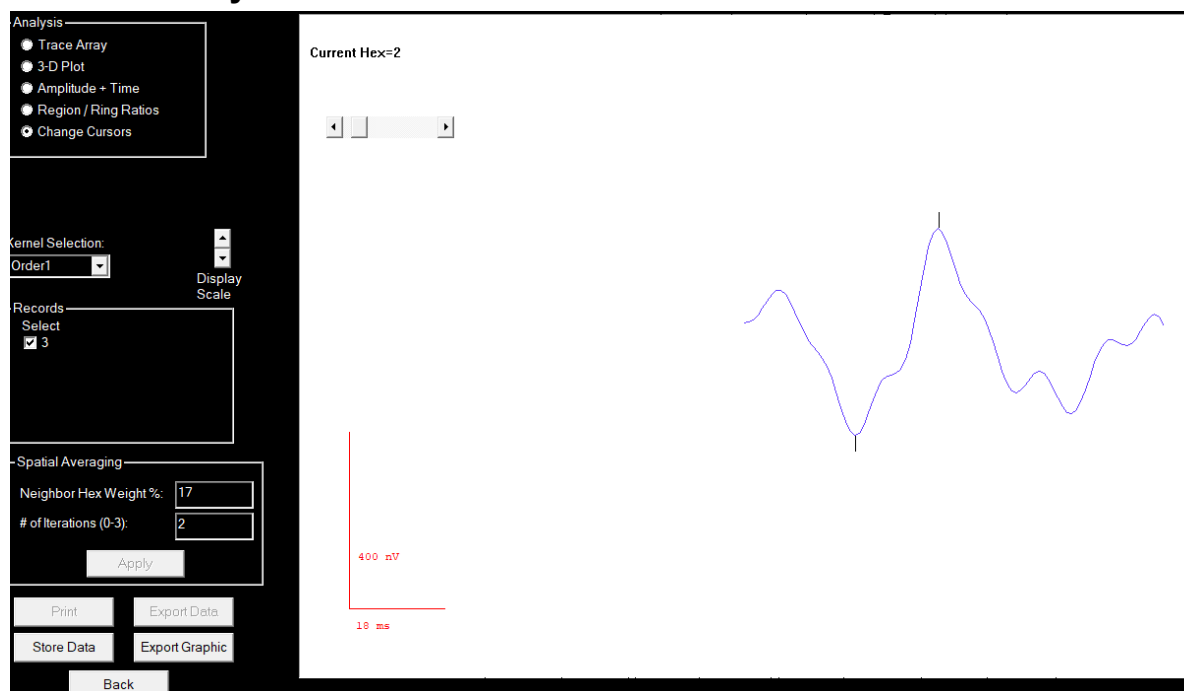
- **Numerowane** Włącza sekwencyjne numerowanie poszczególnych ścieżek.
- **View Cursors (Wyświetlanie kursorów)** Pokazuje znaczniki umieszczone przez oprogramowanie dla N1 i P1 (domyślnie zaznaczone)
- **Przerzucać** Odzwierciedla przebiegi wokół linii pionowej. Sprawia, że prawe oko wygląda jak lewe oko lub odwrotnie. Może być przydatny w nakładaniu się prawego i lewego oka.

Na tym ekranie należy przyjrzeć się położeniu kursorów na przebiegach (pole **Wyświetl kursory** musi być zaznaczone, aby zobaczyć kursory). Jeśli istnieją sześciokąty, dla których kursory wydają się być rozmieszczone nieprawidłowo, można je dostosować za pomocą **opcji Zmień kursory w trakcie analizy** w lewym górnym rogu ekranu, opisanej poniżej.

Jeśli masz wybranych kilka rekordów, możesz włączyć lub wyłączyć wyświetlanie poszczególnych przebiegów, zaznaczając **pole Wybierz** obok nich.

Zaznaczenie pola **Średnia** spowoduje wyświetlenie średniej ze wszystkich wybranych przebiegów.

Zmień kursory



Kursory są automatycznie umieszczane na przebiegach za pomocą procedury rozciągania szablonu. [Hood 1998]. Chociaż ta technika prawie zawsze umieszcza kursory dla N1 i P1 we właściwym miejscu, należy przejrzeć rozmieszczenie kursorów na przebiegu. Jeśli uważasz, że należy je dostosować, możesz to zrobić na ekranie **Zmień kursory**. Jeśli klikniesz przycisk radiowy **Zmień kursory**, zostanie wyświetlony ekran po prawej stronie.

Możesz wyświetlić odpowiedź z każdego sześciokąta, klikając suwak w lewym górnym rogu ekranu. Jeśli nie zgadzasz się z pozycją kursora, możesz użyć myszy, aby dostosować położenie cursorów na N1 i P1.

Kliknij poniżej przebiegu, aby umieścić kursor dla N1

Kliknij nad przebiegiem, aby umieścić kursor dla P1

Po poprawieniu błędów umieszczania kursora można przystąpić do dalszej analizy przebiegów. Uwaga: Korekty pozycji kursora nie są przechowywane wraz z przebiegiem.

Jeśli wybrano kilka przebiegów i uśredniono je **Zmień kursory** pozwoli na zmianę położenia kursora na średniej z wybranych przebiegów.

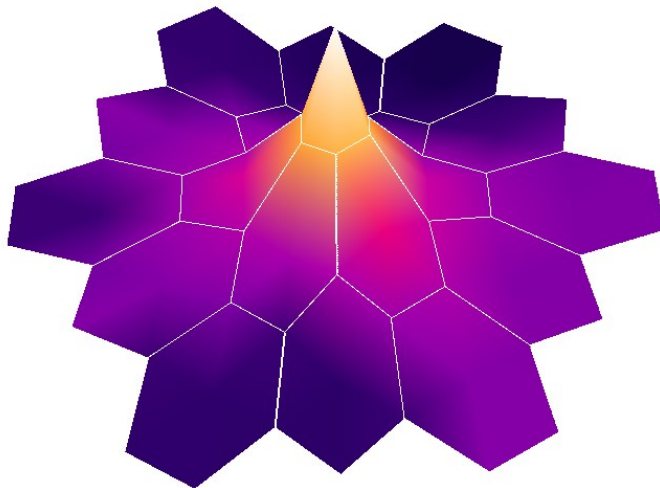
Amplitude i Time

Jeśli chcesz zobaczyć wartości liczbowe poszczególnych amplitud sześciokątnych i czasów niejawnych, kliknij analizę **Amplitude i Time**. Ekran pokaże amplitudę przebiegu (P1 – N1) jako napięcie i czas niejawny P1 w milisekundach. Jest to oznaczone legendą w lewym dolnym rogu obszaru wykresu. Numerację sześciokątów można wyłączyć, usuwając zaznaczenie pola **Numerowane**.



Jeśli wybrano i uśredniono kilka przebiegów, w tym widoku zostanie wyświetlona amplituda i czas kursorów uśrednionego przebiegu.

Wykres 3D

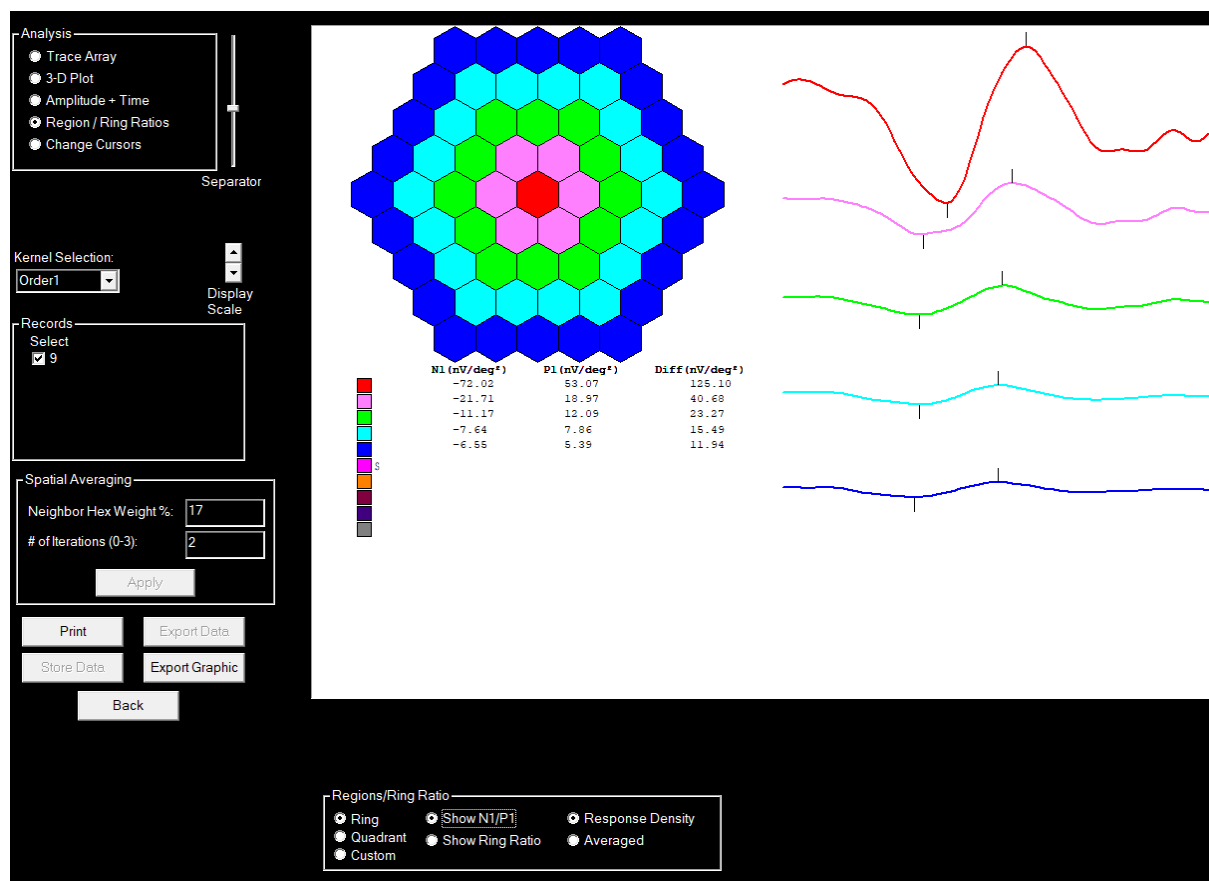


Wykres 3D jest prawdopodobnie najczęściej nadużywanym z wyświetlaczy danych mfERG. Na wykresie 3D dane są reprezentowane w nV/deg^2 . Oznacza to, że wartość mfERG dla sześciokąta jest dzielona przez pole sześciokąta (w stopniach kwadratowych kąta widzenia). Ponieważ gęstość czopków jest największa w dołku centralnym, wykres 3D powinien pokazywać skok amplitudy w dołku centralnym. Jednak dr Don Hood z Columbia University wykazał, że przekonująco normalny wykres 3D można wygenerować, umieszczając elektrody w zlewce z solą fizjologiczną. Jest to prawda, ponieważ szum w każdym sześciokącie jest stały, a zatem skalowany wykres 3D ma prawie normalny wygląd. Dlatego ważne jest, aby zobaczyć przebiegi śladowe przed próbą interpretacji wykresu 3D.

Wygląd wykresu 3D można zmienić, przechylając jedną z 2 płaszczyzn za pomocą suwaków bezpośrednio w prawo i bezpośrednio pod obszarem wykresu.

Regiony uśredniania

W niektórych zaburzeniach mfERG jest dotknięty w pewnym regionalnym wzorcu. Na przykład w toksyczności Plaquenilu amplitudy mfERG są zaburzone w pierścieniach okołocentralnych. W takich przypadkach sensowne może być pogrupowanie regionów mfERG do analizy. Zobacz [Lyons 2007] jako dobry przykład tego. Gdy po raz pierwszy klikniesz **przycisk Region/Współczynnik pierścienia**, zostanie wyświetlony ekran, na którym wszystkie sześciokąty są uśredniane w jedną odpowiedź.



Oprogramowanie mfERG zapewnia możliwość tworzenia własnych regionów oraz dwóch wspólnych domyślnych grup regionalnych.

Tworzenie własnych regionów

Aby utworzyć region własnego projektu, najpierw musisz kliknąć **Niestandardowy** w polu **Regiony/Współczynnik pierścienia**. A następnie wybierz jedno z kolorowych pól w lewym dolnym rogu ekranu. Obok pola powinna pojawić się mała litera "S", wskazująca, że jest ono zaznaczone. Kliknij sześciokąty, które chcesz uwzględnić w tym regionie. Kontynuuj wybieranie grup i dołączanie sześciokątów, aż wszystkie grupy zostaną zdefiniowane. Można zdefiniować do 10 grup.

Predefiniowane regiony

Najczęstszymi obszarami analizy danych mfERG są pierścienie i ćwiartki.

Jeśli wybierzesz **opcję Wybierz regiony pierścienia**, oprogramowanie automatycznie utworzy regiony pierścieniowe, jak pokazano na rysunku u góry strony. Zobacz przykład 19-sześciokątnego obszaru pierścienia mfERG powyżej.

Jeśli wybierzesz **regiony kwadrantowe**, oprogramowanie automatycznie podzieli sześciokąty na ćwiartki. Niektóre sześciokąty mogą być zawarte w więcej niż jednej ćwiartce; Jeśli tak, zostanie to pokazane na wykresie.

Mierzenie

Po zdefiniowaniu regionów można je zmierzyć, wybierając z menu **opcję Pokaż N1/P1**. Oprogramowanie automatycznie umieści kursory na uśrednionych przebiegach dla każdego regionu i określi amplitudę i opóźnienie N1, P1 i P1-N1. Zostaną one wyświetlone w obszarze wykresu. Możesz ręcznie dostosować położenie tych kursorów, klikając pole pasujące do koloru fali, którą chcesz dostosować (obok wybranego pola pojawi się "S", aby pokazać, że zostało wybrane), a następnie klikając i przeciągając kursory do żądanej pozycji. Wartości amplitudy i opóźnienia będą automatycznie aktualizowane po wprowadzeniu zmian.

Jeśli jako zaznaczenie regionu **wybrano opcję Pierścień**, można również wybrać **opcję Pokaż współczynnik pierścienia** jako miarę.

Jednostki analizy pierścieniowej

Istnieją dwie opcje jednostek do wyświetlania przebiegów: **albo gęstość odpowiedzi**, która daje średnie pierścieniowe wyskalowane z rozmiarem sześciokąta w nV/stopień², albo **uśredniona**, która jest prostą średnią wszystkich sześciokątów tego samego koloru w nV.

Skrócona instrukcja nagrywania MFERG

1. Przed rozpoczęciem badania pacjent powinien mieć pełne rozszerzenie (patrz instrukcja dotycząca refrakcji pacjenta).
2. Na komputerze zamknij wszystkie inne aplikacje i uruchom oprogramowanie multifokalne.
3. Wybierz MFERG jako typ testu. Wprowadź wszystkie odpowiednie informacje o pacjencie i informacje o kanale (wybierz 2 kanały, jeśli nagrywasz przez lornetkę). Należy podać co najmniej nazwisko lub dane identyfikacyjne oraz datę urodzenia.
4. Wybierz żądany wzór (19 sześciokątów – 1 min, 61 – 4 min, 103 sześciokąty – 8 min, 241 sześciokątów – nagraj 8 minut dwukrotnie).
5. W umiarkowanie jasnym pomieszczeniu podłącz elektrody zgodnie ze schematem konfiguracji mfERG. Pamiętaj, aby znieczulić oczy znieczuleniem miejscowym i napełnić soczewkę kontaktową goniosolem lub innym 2% metylocelulozą. Umieść elektrody zgodnie z rysunkiem. **UWAGA: JEŚLI NAGRYWASZ TYLKO Z 1 OKA, ZAWSZE UŻYWAJ KANAŁU 1 DO NAGRYWANIA** Znieczulenie przeciwległego oka, jeśli nagrywasz tylko z jednego oka, aby zmniejszyć mruganie.
6. Umieść pacjenta na podbródku w odległości 14 cali od monitora wzoru. W razie potrzeby wyreguluj kamerę fiksacyjną.
7. Uruchom **podgląd wzoru**, a następnie dostosuj rozmiar znacznika, aby pacjent mógł go utrwalić (zmienić rozmiar lub grubość).
8. Kliknij **Next**, aby przejść do ekranu nagrywania. Kliknij **Linia bazowa**, aby sprawdzić poziom hałasu. Linia bazowa powinna być stosunkowo wolna od zakłóceń.
9. Gdy masz stosunkowo płaską linię bazową, wybierz przycisk **Nagraj**. Spowoduje to rozpoczęcie nagrywania pierwszego segmentu.
10. Jeśli segment nagrywania nie, przejdź do następnego segmentu, klikając **Next Segment** (jeśli chcesz powtórzyć ten segment, kliknij **Segment Repeat**).
11. Przejdź przez wszystkie segmenty (4 segmenty dla 19 sześciokątów, 16 dla 61 sześciokątów i 32 segmenty dla 103 sześciokątów...). Na końcu wszystkich segmentów zapisz dane, klikając **przycisk Zapisz test**.
12. Zostanie **wyświetlony ekran Analiza**. Oceń wyniki i powtórz nagrywanie, jeśli to konieczne.
13. Jeśli nagrywasz z wzoru 241 sześciokątów, będziesz musiał nagrać dwa razy dla każdego oka i uśrednić później.
14. Usuń elektrody z pacjenta.
15. Zobacz instrukcję obsługi LKC dla analizy danych.

Raport MFERG Skrócona instrukcja obsługi

1. Na komputerze uruchom oprogramowanie wieloogniskowe i przejdź do raportów
2. Wybierz MFERG w typie testu
3. Wpisz nazwisko pacjenta lub numer identyfikacyjny i kliknij przycisk **Szukaj**
4. Wybierz nagranie(a)
5. Wybierz nagranie, które chcesz wydrukować (e.g., 19 Hexagons Right Eye). W przypadku 241 heksagonów powinieneś nagrać dwa razy – zaznacz dwa zapisy i uśrednij je.
6. Przejrzyj położenie kursora w **widoku Tablica śledzenia**, w razie potrzeby przesunij kursory w **widoku Przesunij kursor**
7. Wydrukuj pożądane widoki

Przewodnik po tłumaczeniach ustnych MFERG

Wprowadzenie

Istnieje wiele sposobów przeglądania i analizowania wieloogniskowego ERG. Poniżej znajdują się ogólne wytyczne dotyczące zrozumienia i interpretacji danych mfERG.

Tablice śledzenia

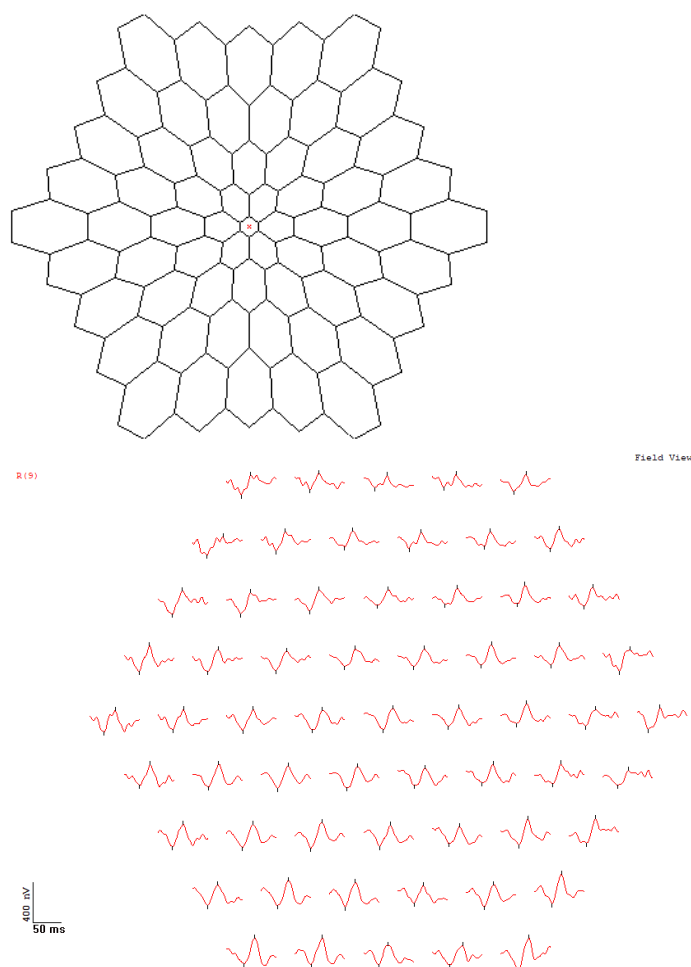
"Tablica śladów jest podstawowym wyświetlaczem mfERG i zawsze powinna być uwzględniana w raporcie z wyników klinicznych".

— Wytyczne ISCEV mfERG [2]

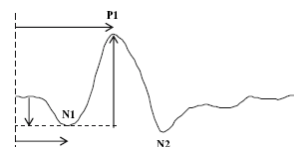
Trace Array jest najbardziej użytecznym sposobem wizualizacji i zrozumienia wieloogniskowego ERG. Analizę mfERG należy zawsze rozpoczynać od przyjrzenia się tablicy śledzenia.

Jak wygląda dobre nagranie?

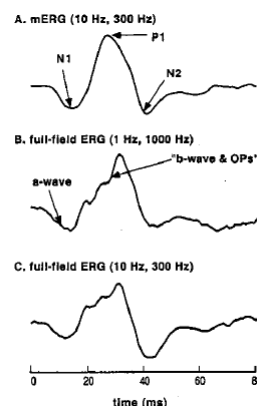
Trace Array to wyświetlanie poszczególnych wieloogniskowych falek ERG ułożonych w taki sam sposób, jak prezentacja bodźca. Sześciokąty w bodźcu wieloogniskowym są skalowane w taki sposób, że u zdrowych osób odpowiedź mfERG ma w przybliżeniu taką samą amplitudę w każdym sześciokącie. Skalowana tablica bodźców i typowa 61-sześciokątna tablica śladów z normalnego obiektu są pokazane poniżej.



Każda falka wieloogniskowa ma 3 podstawowe cechy, początkowe ugięcie ujemne (N1), po którym następuje odchylenie dodatnie (P1), a następnie kolejne ugięcie ujemne (N2). Przykład pokazano po prawej stronie (Zdjęcie zaczerpnięte z [2]).



Wieloogniskową odpowiedź ERG na każdy sześciokąt można traktować jako "mini fotopową ERG". Elementy składowe śledzenia mfERG nie są dokładnie takie same jak w przypadku GG fotopowej Ganzfelda, ale są bardzo podobne. N₁ składa się z tych samych elementów, co a-wave Grupy Roboczej Ganzfelda, a P1 składa się z tych samych elementów, co b-wave i PO Grupy Roboczej Ganzfelda. Zobacz [1] na stronie 42, aby uzyskać więcej informacji. Porównanie z komponentami standardowego fotopowego ERG pokazano po prawej stronie (Zdjęcie zaczerpnięte z [1]). Górne śledzenie pokazuje wieloogniskowy zapis ERG. 2 dolne ślady pokazują fotopowy ganzfeld ERG z normalnymi ustawieniami wzmacniacza i filtra oraz z ustawieniami wzmacniacza i filtra, które odpowiadają warunkom nagrywania mfERG. Zauważ, że P1 pojawia się wcześniej w mfERG niż b-wave w ganzfeld ERG.



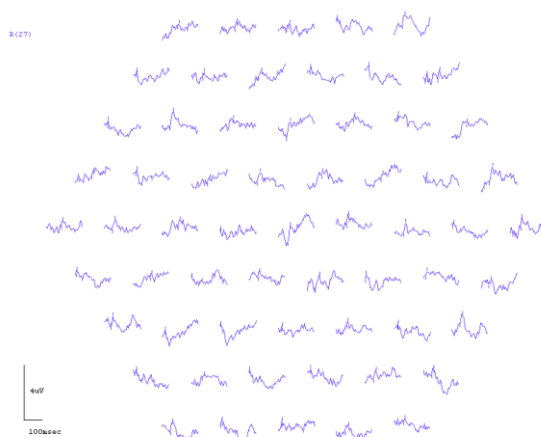
Najbardziej użyteczną miarą diagnostyczną indywidualnego śledzenia mfERG jest amplituda P1, mierzona od N1. Nazywa się to "amplitudą N 1-P1". Amplituda N 1-P1 jest zwykle wyrażana w nanowoltach ($1 \text{ nV} = 0,001 \mu\text{s}$). $\Omega \nu \iota \epsilon \kappa \tau$ przypadkach amplituda N1-P1 jest normalizowana przez pole stymulującego sześciokąta w stopniach kwadratowych; jest to określane jako "gęstość odpowiedzi" i jest wyrażane w nanowoltach na stopień kwadratowy (nV/deg^2). Inną miarą diagnostyczną, która jest czasami stosowana, jest czas niejawny P1 – czas do szczytu P1. Cechy N2 nie mają znaczenia klinicznego.

Amplituda przebiegu ERG jest proporcjonalna do stymulowanego obszaru (mierzonego w stopniach kwadratowych) oraz do średniej gęstości fotoreceptorów. W ERG Ganzfelda stymulowany obszar oka (około $150^\circ \times 120^\circ$) jest rzędu 20 000 stopni², podczas gdy typowy sześciokąt wieloogniskowy (dla bodźca 61-sześciokątnego) jest rzędu 100 stopni². Tak więc, podczas gdy amplituda normalnego fotopowego ERG Ganzfelda jest rzędu

100 μs , αμπιτιυδα τυπωωεγο sześciokąta mfERG jest rzędu 1/2 μs , χζψλι oko≥o 500 nV.

Dla tych, którzy dopiero zaczynają przygodę z mfERG, zdecydowanie zalecamy nagranie serii co najmniej 10 normalnych kontroli. Zapewni to, że 1) technika nagrywania jest prawidłowa i 2) będziesz w stanie rozpoznać normalny mfERG.

Źródła artefaktów w mfERG.



Ruchy gałek ocznych. Prawdopodobnie najczęstszym źródłem artefaktów w mfERG jest nadmierny ruch gałek ocznych, mrużenie oczu i mruganie. Ponieważ sygnał mięśniowy (EMG) z ruchów gałek ocznych lub powiek może mierzyć setki



μs, $\mu\Omega \geq \alpha\omega\omega \zeta\alpha\chi\epsilon\mu\nu\iota$ ποδσταωοωσ σπγνα $\geq$ ωιελοογνισκοωσ. Ποδσταωοωσ $\neq$ $\chi\epsilon\chi$ $\eta \neq$ ιδεντιφικυφ $\neq \chi \neq$ τεν αρτεφакт φεστ ναχησλωνα λινια βαζωωα ζ νιεωιελκιμ λυβ $\perp$ αδνιμ ροζποζναωαλνιμ kształtem fali mfERG. Nachylenie może być dodatnie lub ujemne.

Hałas sieciowy. Szumy sieciowe wynikają z sprzężonych z elektrodami używanymi do rejestracji mfERG. Najczęstszą przyczyną zanieczyszczenia sieciowego jest słaby kontakt z elektrodą. Szum sieciowy można łatwo rozpoznać po jego okresowym sinusoidalnym wyglądzie. Przykład zakłóceń sieciowych (zarejestrowanych liniami energetycznymi 60 Hz) pokazano po prawej stronie. W tym nagraniu nie ma sygnału mfERG; To czysty artefakt. Jeśli Twój mfERG wygląda tak, należy go ponownie zarejestrować.



Artefakt monitorowania. Monitor służący do rejestracji mfERG generuje niewielką ilość zakłóceń w synchronizacji z prezentacją bodźca. Zakłócenia te mogą być wychwytywane przez elektrody i pojawiać się w ramach śledzenia mfERG. Typową przyczyną zakłóceń jest słaby kontakt z elektrodą lub zbyt blisko monitora. Interferencja objawia się jako skok (który może być dodatni lub ujemny) na początku przebiegu śladowego. Przykład artefaktu monitora jest pokazany w wielu śladach w nagraniu po prawej stronie.

A co z martwym polem?

W nagraniach mfERG wykorzystujących 19, 61 lub 103 wzory sześciokątne jest bardzo możliwe, że żaden sześciokąt bodźca nie znajdzie się całkowicie w tarczy nerwu wzrokowego. Dodatkowo, niewielka niestabilność fiksacji może powodować pewną stymulację sąsiedniej siatkówki, nawet jeśli sześciokąt w dużej mierze mieści się w tarczy nerwu wzrokowego. Tak więc dla wzorów sześciokątnych 19 i 61 martwe pole prawdopodobnie nie będzie widoczne; W przypadku wzoru sześciokątnego 103 martwe pole może, ale nie musi być widoczne. Przy wyświetlaczu składającym się z 241 elementów, co najmniej jeden sześciokąt powinien w całości mieścić się w tarczy

nerwu wzrokowego, jeśli utrzymywane jest stałe mocowanie, co powoduje widoczne martwe pole na matrycy ścieżek mfERG.

Wpływ wieku na mfERG

mfERG N₁-Amplituda P1 wykazuje liniowy spadek wraz z wiekiem o około 0,9% rocznie od 10 do 80 roku życia, podczas gdy czas utajony P1 wzrasta w tempie około 1,3% rocznie. [5] Ta zmiana wieku powinna być brana pod uwagę przy analizowaniu wyników liczbowych dla konkretnego pacjenta.

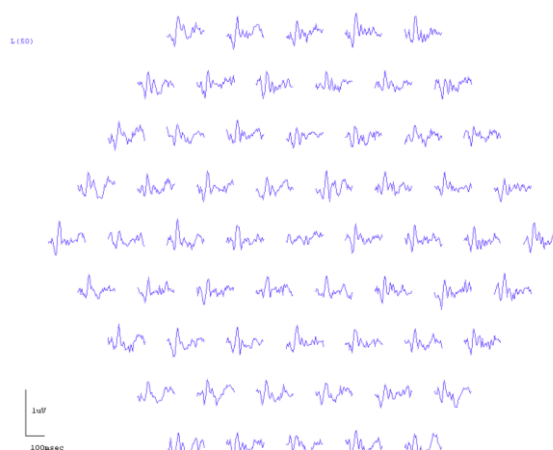
Wpływ zaburzeń siatkówki na mfERG

Ponieważ mfERG mierzy ERG lokalnie, jest bardzo przydatny w identyfikacji miejsc zlokalizowanej choroby lub – w przypadku chorób takich jak barwnikowe zwyrodnienie siatkówki – miejsc zlokalizowanej pozostałej funkcji. Głównym skutkiem większości zaburzeń siatkówki jest zmniejszenie amplitudy P₁.

W większości warunków, w których mfERG jest przydatny, tablica śledzenia pokaże niektóre obszary normalnego działania i niektóre obszary nieprawidłowego funkcjonowania. Na przykład pacjent z wczesnym zwyrodnieniem plamki żółtej zwykle wykazuje normalne ślady obwodowe i osłabione falki mfERG w środku macierzy śladów.

Symulowane śledzenie AMD można zobaczyć po prawej stronie. Symulacja została stworzona poprzez zablokowanie światła z centralnego sześciokąta podczas nagrywania z normalnego oka.

Inne zaburzenia objawiają się w macierzy śladowej jako obszary o zmniejszonej amplitudzie N₁ – P₁ w obszarach z upośledzeniem funkcjonalnym.



Miejsca i mechanizmy uszkodzenia siatkówki oraz zmiany w mfERG

[Na podstawie Reference 1]

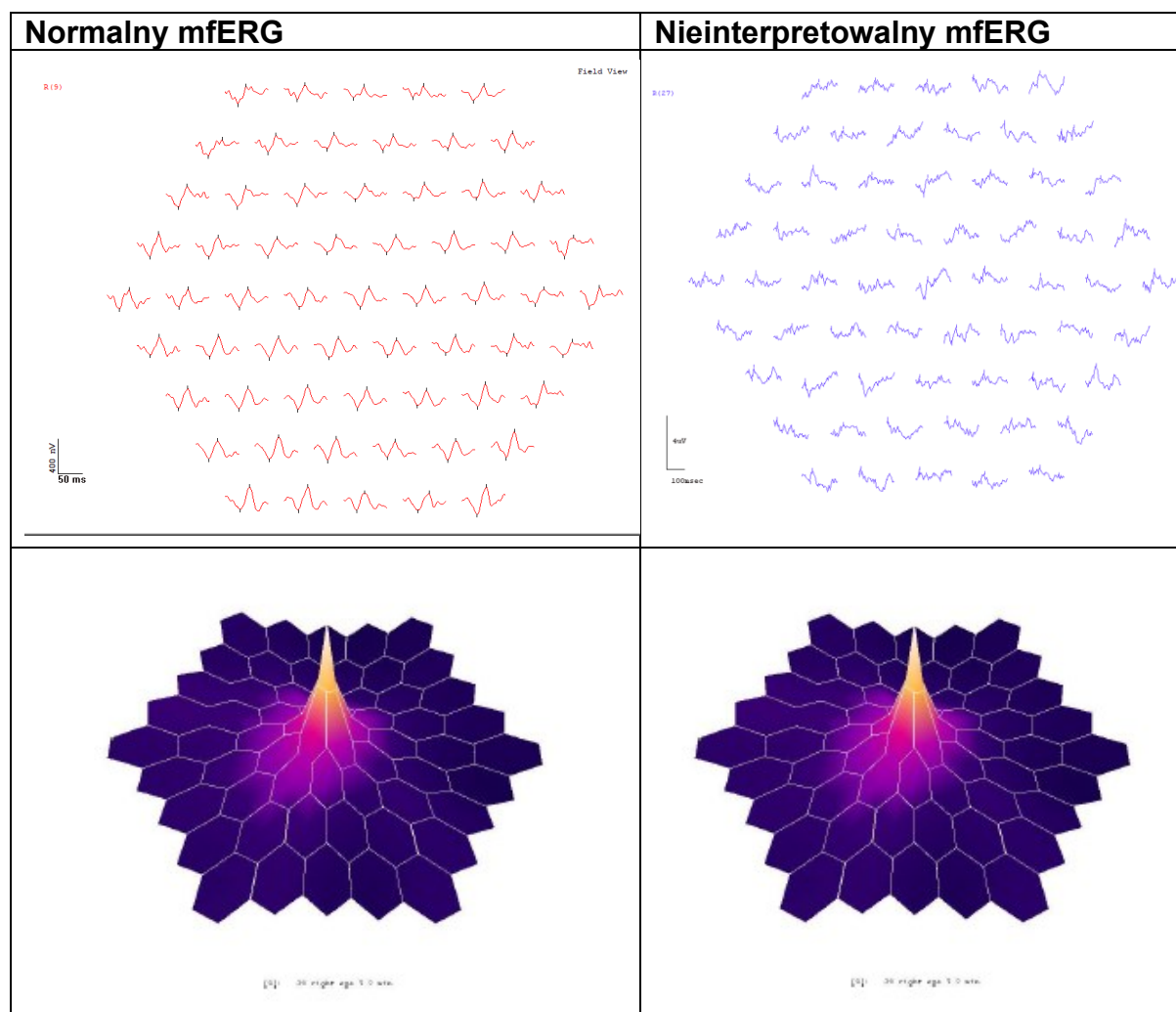
Uszkodzenie	Mechanizm	Amplituda P1	P1 Time
Receptor czopków	Uszkodzenie segmentu zewnętrznego	Mniejszy	Umiarkowane opóźnienie
	Utrata komórek	Mniejszy	Normalny
Zewnętrzna warstwa pleksiglasu	Zmienione przekąźnictwo synaptyczne	Mniejszy lub większy	Duże opóźnienie
Komórki on-bipolarne	Utrata komórek	Mniejszy	Umiarkowane opóźnienie
Ogniwa off-bipolarne	Utrata komórek	Większy	Nieco szybciej (?)
Wewnętrzna warstwa pleksiglasu	Zmienione przekąźnictwo synaptyczne lub utrata komórek	W przybliżeniu normalny	Małe opóźnienie

		(zmiany kształtu)	
Komórki zwojowe	Utrata komórek	W przybliżeniu normalny	W przybliżeniu normalny

Wykres 3D

Wykres 3D jest wykresem powierzchniowym o amplitudzie P1 – N1 przeskalowanym przez rozmiar sześciokąta. Jest więc podawany w nanowoltach na stopień kwadratowy (nV/deg^2). Teoretycznie pozwala to na wizualizację funkcji w obszarze dołka. Chociaż wykres 3D zapewnia ładny obraz, nie jest ogólnie przydatny do diagnozy.

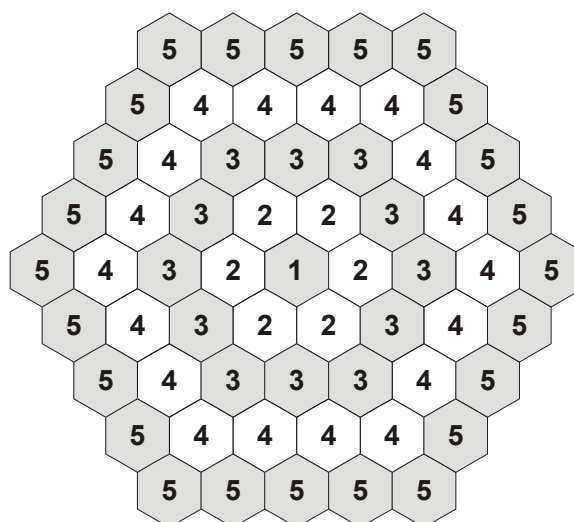
Nie można tego wystarczająco podkreślić: **wykres 3D może być niezwykle zwodniczy w swoim wyglądzie i generalnie nie powinien być używany do diagnozy.** Poniżej znajdują się przykłady dobrego mfERG i całkowicie nieinterpretowalnego mfERG oraz odpowiadających im wykresów 3D:



Zwróć uwagę, że "śmięciowy" mfERG po prawej stronie ma całkowicie normalnie wyglądający wykres 3D. Jeden z wybitnych badaczy mfERG (Don Hood z Columbia University) wykazał, że normalnie wyglądający wykres 3D wynika z umieszczenia elektrod rejestrujących w zlewce z solą fizjologiczną.

Proporcje pierścienia

Współczynniki pierścieni mfERG są miarami gęstości odpowiedzi (w nV/st.²) utworzonej przez pierścienie uśredniające koncentryczne do punktu fiksacji. Są one najczęściej używane z 61-sześciokątnym mfERG, który jest pokazany po prawej stronie. (Skalowanie sześciokątów z gęstością stożka nie jest pokazane dla przejrzystości). Współczynniki pierścieni są tworzone przez przyjęcie stosunku gęstości odpowiedzi sześciokąta centralnego (pierścień 1) do średniej gęstości odpowiedzi pierścienia obwodowego.



Współczynniki pierścieniowe mają kilka przydatnych właściwości diagnostycznych: nie zmieniają się wraz z wiekiem, a ich zmienność (współczynnik zmienności) jest znacznie mniejsza niż średnich pierścieniowych.

Współczynniki pierścieniowe zapewniają bardzo czułe i specyficzne wczesne wykrywanie toksyczności Plaquenilu. [3] Podwyższone wartości R1:R2 i (lub) R1:R3 wskazują na toksyczność u pacjentów przyjmujących Plaquenil. Współczynniki pierścienia obliczone przez oprogramowanie mfERG można porównać z wartościami granicznymi opublikowanymi w [3, 4].

Współczynniki pierścienia są również przydatne w wykrywaniu chorób plamki żółtej, gdzie niskie wartości R₁:R₄ może wskazywać na znacznie zmniejszoną odpowiedź plamki żółtej w stosunku do obwodu. Dolne granice normy do stosowania w ocenie choroby plamki żółtej można znaleźć w [4].

Źródło bodźca

Dokładny typ stymulatora zastosowanego w mfERG może wpływać na amplitudę i kształt fali mfERG, co sprawia, że konieczne jest zgłaszanie typu wyświetlacza oraz określanie szczegółów producenta i modelu podczas raportowania wyników, które można porównać z UTAS z różnymi stymulatorami.

Odwołania:

1. Hood DC. Assessing retinal function with the multifocal technique. *Progr Retin Eye Res.* 19:607-46, 2000.
2. Hoffmann, M.B., Bach, M., Kondo, M. et al. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2021 update). *Doc Ophthalmol* 142, 5–16 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10633-020-09812-w>
3. Lyons JS, Severns ML. Wykrywanie wczesnej toksyczności siatkówki hydroksychlorochiny wzmocnionej analizą współczynnika pierścieni w elektretinografii wieloogniskowej. *Am J Ophthalmol* 143:801-9, 2007.
4. Lyons JS, Severns ML. Wykorzystanie wieloogniskowych współczynników pierścieni ERG do wykrywania i śledzenia toksyczności siatkówki Plaquenil: przegląd. *Doc Ophthalmol* 118:29-36, 2009.
5. Tzekov RT, Gerth C, Werner JS. Scenscencja ludzkich wieloogniskowych elementów elektretinogramu: podejście zlokalizowane. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 242:549-60, 2004.

Wieloogniskowy VEP

1.0 Wprowadzenie

1.1 Co to jest test wieloogniskowy?

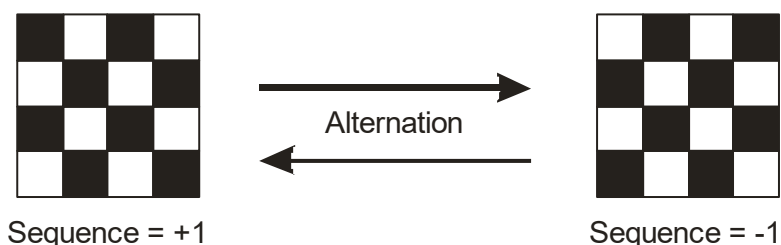
Testy wieloogniskowe to sposób rejestrowania wizualnie wywołanego potencjału (VEP) z wielu regionów w celu uzyskania mapy funkcji wzrokowych. Test wieloogniskowy wykorzystuje ekran komputera jako stymulator i dzieli go na kilka mniejszych obszarów testowych. Każdy obszar testowy jest stymulowany za pomocą sekwencji włączania/wyłączania, która różni się w czasie od wszystkich innych obszarów testowych. Wywołane reakcje są zbierane jednocześnie ze wszystkich stymulowanych obszarów, a uzyskane dane są przetwarzane po nagraniu w celu wyodrębnienia poszczególnych odpowiedzi.

1.2 Jak działa wieloogniskowy VEP?

W mfVEP ekran, który ogląda pacjent, podzielony jest na kilka sektorów – od 4 do 60. Każda sekcja będzie stymulować niewielką część siatkówki, a informacja zostanie przekazana do kory wzrokowej przez nerw wzrokowy. mfVEP pozwoli na rejestrowanie odpowiedzi z tej części oddzielnie od innych części kory wzrokowej.

1.3 M-sekwencje i jądra

Zapoznaj się z sekcją "m-sekwencje i jądra" w sekcji mfERG tego podręcznika, aby zrozumieć podstawy. W przeciwieństwie do mfERG, bodziec w mfVEP nie jest zwykle bodźcem. Zamiast tego jest to zmiana wzorca w określonym sektorze.



Bodziec jest wywoływany ze wzorca VEP tylko wtedy, gdy występuje zmiana, tj. Gdy wzorzec jest w jednym stanie podczas jednej klatki, a drugi w następnej klatce. Aby wyodrębnić sygnał dla pojedynczego sektora z zarejestrowanych danych, dodaje się wszystkie ślady, w których nastąpiła zmiana (sekwencja zmieniona z +1 → -1 lub z -1 → +1) i odejmuje wszystkie ślady, w których zmiana nie nastąpiła (wartość sekwencji +1 → +1 lub -1 → -1). Rezultatem jest odpowiedź układu wzrokowego (od siatkówki przez nerw wzrokowy do pierwszorzędowej kory wzrokowej) na bodziec naprzemienny. Jest to określane jako jądro *drugiego rzędu* mfVEP.

1.4 Pole widzenia

Pole widzenia bodźca wieloogniskowego zależy od 2 czynników – wielkości ekranu monitora oraz odległości od monitora do pacjenta. Ustaw monitor tak, aby odległość od pacjenta do monitora odpowiadała odległości określonej na etykiecie z przodu monitora. Podążanie za odległością oglądania z przodu monitora daje całkowite pole widzenia 45° (±5°). Aby uzyskać więcej informacji na temat obliczania podciśnienia

wzrokowego bodźców opartych na monitorze, zapoznaj się z wytycznymi dotyczącymi kalibracji ISCEV. [CSC, 2003]

1.5 Kiedy przydaje się mfVEP?

mfVEP zapewnia obiektywną ocenę topograficznej funkcji wzrokowej. Dla normalnego obiektu mfVEP lewego i prawego oka są prawie identyczne. Każda znacząca różnica między dwójkiem oczu wskazuje na nieprawidłowość. mfVEP ma wysoką rozdzielczość przestrzenną w obszarze dołka centralnego.

Używa:

- Pomoc w diagnozowaniu jaskry.
- Aby potwierdzić niewiarygodne badanie pola widzenia.
- Pomoc w diagnozowaniu zapalenia nerwu wzrokowego, stwardnienia rozsianego i guza kompresyjnego w szlaku wzrokowym. Opóźnienie mfVEP zostanie zmienione przez te warunki. Należy zauważyć, że niedokrwienna neuropatia nerwu wzrokowego (ION) jest bardzo podobna do ostrej fazy SM pod względem zespołu, ale nie powoduje opóźnień w VEP.
- Aby potwierdzić funkcjonalne pole widzenia.

1.6 Kiedy mfVEP nie jest przydatny?

Urządzenie mfVEP wymaga zarówno odpowiedniego utrwalenia, jak i odpowiedniej ostrości w celu dokładnego nagrywania. Każde zaburzenie, które uniemożliwia odpowiednie utrwalenie (e.g., mroczek centralny) lub odpowiednie skupienie (e.g., gęsta zaćma lub rozszerzenie źrenic)

2 Przygotowanie do nagrania mfVEP

2.1 Pacjent

- Pacjent **nie powinien** być ciemny przystosowany do tego badania. Jeśli zostały wystawione na działanie bardzo jasnego światła (np. z lampy szczelinowej, fotografii dna oka, angiografii fluoresceinowej), odczekaj co najmniej 10 minut przed badaniem.
- Pacjent **nie powinien** mieć rozwarcia do tego testu.
- Dobra **refrakcja bliska** jest ważna. Cały ekran musi być ostry, dlatego pacjenci ze starczowzrocznością z soczewkami wieloogniskowymi (w tym dwuogniskowymi / trójogniskowymi) powinni być refrakcyjni za pomocą opravek próbnych z dodatkiem plus, aby skompensować odległość ekranu (wymagająca około 3,5D plus add).

2.2 Elektrody



Słaby lub niestabilny kontakt z elektrodą jest główną przyczyną niskiej jakości nagrań mfVEP. Zalecamy zwrócenie szczególnej uwagi na prawidłowe przygotowanie, umieszczenie i czyszczenie elektrod do nagrywania mfVEP.

Elektrody rejestrujące to elektrody ze złotym kubkiem, jak pokazano po prawej stronie. Jedna z tych elektrod jest potrzebna dla każdego miejsca rejestracji (do 3 kanałów). Inna elektroda do uziemienia, zwykle umieszczana na czole lub płatku ucha, a druga do odniesienia, zwykle umieszczana w Cz.



Dokładnie wyczyść, aby usunąć wszystkie oleje ze skóry i inne zanieczyszczenia, które mogą zakłócić dobry kontakt, i pozwól alkoholowi wyschnąć.

Używając rozdzielaczy 2 do 1 lub 3 do 1, połącz ze sobą ujemne (-) pozycje kanału referencyjnego czoła. Podłącz elektrodę odniesienia (Cz) do rozgałęźnika.

Zlokalizuj każde miejsce elektrody rejestrującej. Rozdziel włosy, aby odsłonić skórę głowy w miejscu nagrywania, i energicznie wyszoruj elektrodą. (Jeśli włosy pacjenta są długie, wsuwki mogą pomóc utrzymać włosy z dala od drogi podczas tego procesu).

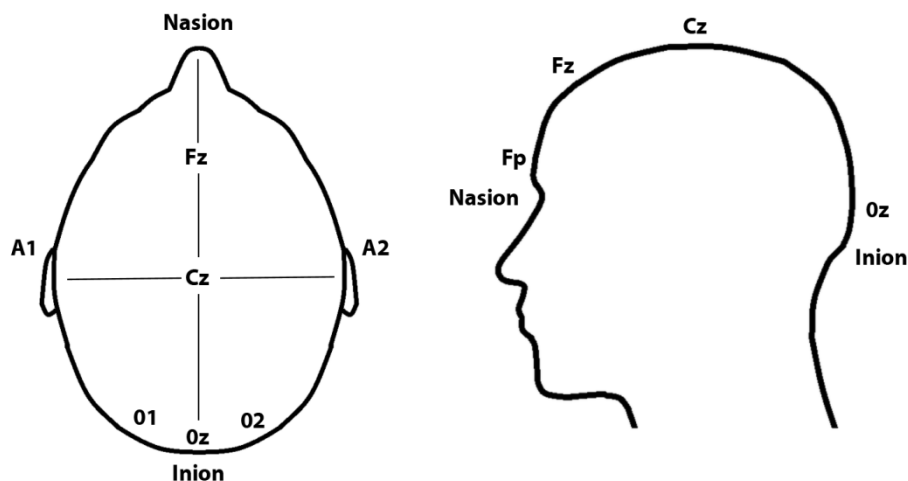
Ważne jest, aby dokładnie oczyścić skórę głowy, aby uzyskać dobry kontakt z elektrodami.

Używając obfitej porcji kremu elektrodowego (nie żelu), wklej włosy z każdej strony do skóry głowy. Jest to niechlujne, ale jest to najlepszy sposób, aby skóra głowy była odsłonięta. Po wklejeniu włosów nałóż dużą porcję kremu elektrodowego do miseczki elektrody i mocno dociśnij elektrodę na miejsce. Przykryj elektrodę kwadratem bibuły o długości od 2 do 3 cm (1 do 1 1/2 cala) i ponownie mocno dociśnij.

Repeat tę procedurę dla każdej elektrody. Podłącz elektrody do dodatniej (+) strony Amplifier jednostkę, zwracając uwagę, która elektroda jest podłączona do którego kanału.

Sugerowane rozmieszczenie elektrod (istnieje wiele możliwych układów elektrod):

Lokalizacja elektrod	Podłączenie wzmacniacza
Szlifowanie w Fp lub płatku ucha	Grunt
Odniesienie w Cz z rozdzielaczem od 1 do 3	1- 2- i 3-
Elektroda rejestrująca #1 w Oz	1+
Elektroda nagrywająca #2 jeden cal nad Ozem	2+
Elektroda rejestrująca #3 jeden cal poniżej Oz.	3+



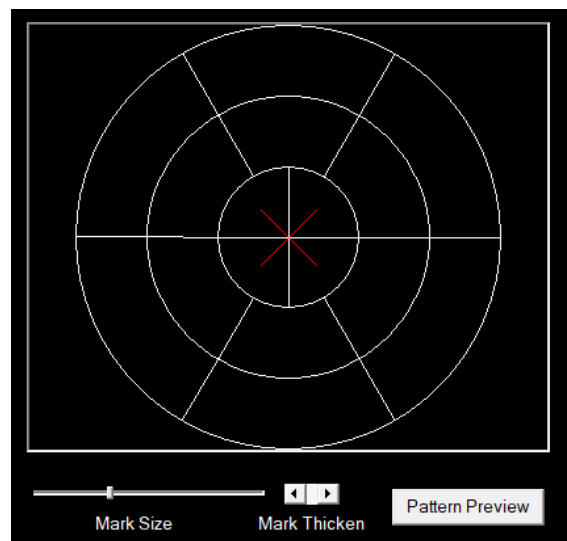
2.3 Oświetlenie otoczenia

Badanie mfVEP należy przeprowadzić przy włączonym oświetleniu pomieszczenia. Idealne natężenie światła dla oświetlenia pomieszczenia to takie, które zapewnia oświetlenie obiektu zbliżone do średniej ekranu bodźca ($100 \text{ cd} / \text{m}^2$). Jeśli światła w pomieszczeniu są zbyt jasne, mogą wystąpić odbicia od wyświetlacza pacjenta, które będą zakłócać nagrywanie mfVEP.

2.4 Problemy z pacjentami niedowidzącymi

Pacjenci ze znacznym upośledzeniem widzenia centralnego będą mieli trudności z fiksacją na ekranie. Zwykłym celem fiksacji jest mały "X" na środku ekranu. Ten cel fiksacji można wydłużyć i pogrubić. Kontrolka **Rozmiar** znacznika określa długość ramion "X", podczas gdy kontrolka **Pogrubienie znaku** określa grubość ramion.

Pacjenci ze słabym widzeniem centralnym mogą czasami fiksować się poprzez wyśrodkowanie powiększonego "X" w pozostałym widzeniu.



2.6 Monitorowanie fiksacji

Kamera umożliwia monitorowanie pacjenta podczas badania wieloogniskowego. Kamera jest zamontowana na zespole podbródka poniżej i przed monitorem stymulatora wzoru. Obraz z kamery jest wyświetlany na ekranie operatora komputera. Ten aparat pozwala sprawdzić, czy:

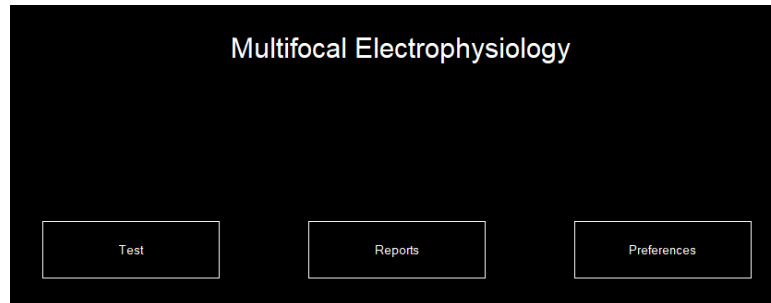
- pacjent zamyka oczy,
- Pacjent jest rażąco niestabilny.

Kamera nie pozwala określić, czy pacjent jest lekko przesunięty w fiksacji, jak w przypadku pacjenta z mroczkiem centralnym przy użyciu alternatywnego

preferowanego locus siatkówki. Nic innego jak kamera siatkówki nie pozwoli Ci określić, czy bodziec jest skoncentrowany na dołku centralnym.

3.0 Uruchamianie testu

Otwórz oprogramowanie Multifocal i wybierz *opcję Testuj*.

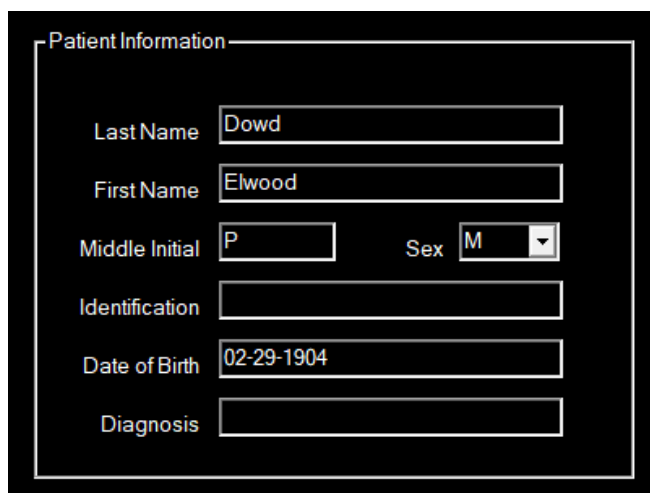
The screenshot displays the configuration screen of the Multifocal Electrophysiology software, divided into several sections. On the left is the 'Patient Information' section with input fields for Last Name, First Name, Middle Initial, Sex (a dropdown menu), Identification, Date of Birth, and Diagnosis. The 'Test Type' section at the top center has two radio buttons: 'MFERG' and 'MFVEP', with 'MFVEP' selected. Below this is the 'Test Conditions' section, which includes dropdown menus for Channels (set to 2), Electrode (set to Gold Cup), Sample Rate (2000 Hz), Gain (6), Low Pass Filter (100.00 Hz), and High Pass Filter (5.00 Hz). To the right of these are 'Labels' for Ch. 1 (Horizontal) and Ch. 2 (Vertical). The 'Eyes Tested' section has three radio buttons: 'Right', 'Left', and 'Both', with 'Both' selected. On the right side of the screen is a large circular 'Pattern Preview' showing a grid of concentric circles and radial lines. Below the preview are sliders for 'Mark Size' and 'Mark Thicken', and a 'Pattern Preview' button. At the bottom right, there is a 'Sectors' section with three buttons: '4 1.8 min', '16 3.6 min' (which is selected), and '60 7.2 min'. Below these is a 'Reversal' button. At the very bottom right are 'Back' and 'Next' buttons.

3.1 Rodzaj testu

Wybierz MFVEP, jeśli opcja się nie pojawi, oznacza to, że nie masz licencji mfVEP. Zapoznaj się z sekcją konfiguracji UTAS w tym podręczniku, aby dowiedzieć się, jak uaktualnić.

3.2 Informacje o pacjencie

Nazwisko lub identyfikacja i data urodzenia są wymagane do rozpoczęcia testu.



A screenshot of a 'Patient Information' form. It contains several input fields: 'Last Name' with 'Dowd', 'First Name' with 'Elwood', 'Middle Initial' with 'P', 'Sex' with a dropdown menu showing 'M', 'Identification' (empty), 'Date of Birth' with '02-29-1904', and 'Diagnosis' (empty).

3.3 Kanały i etykiety

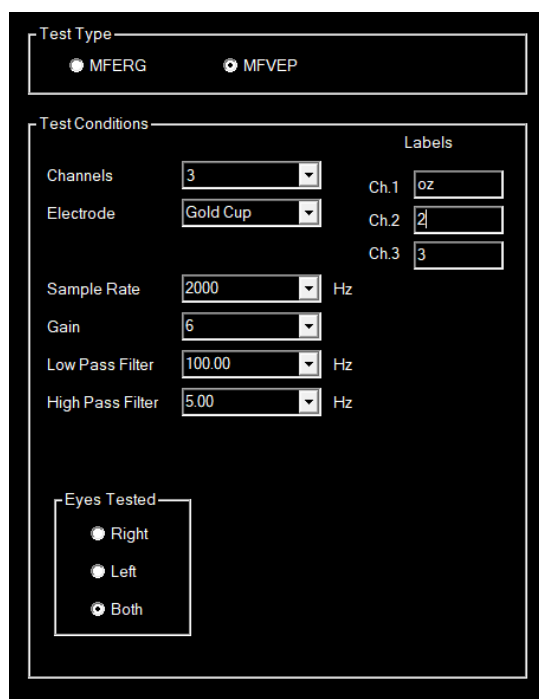
Im więcej kanałów nagrywasz, tym lepszy wynik.

Wybierz liczbę kanałów, z których chcesz nagrywać, i wprowadź etykiety.

Wybierz oko lub oczy, które mają być badane. Zaklej wszystkie oczy, które nie mają być badane.

3.4 Wybór wzoru

Oprogramowanie mfVEP zapewnia kilka możliwości wyboru liczby segmentów pierścienia (sektorów) i długości sekwencji *m*, aby spełnić Twoje potrzeby kliniczne.

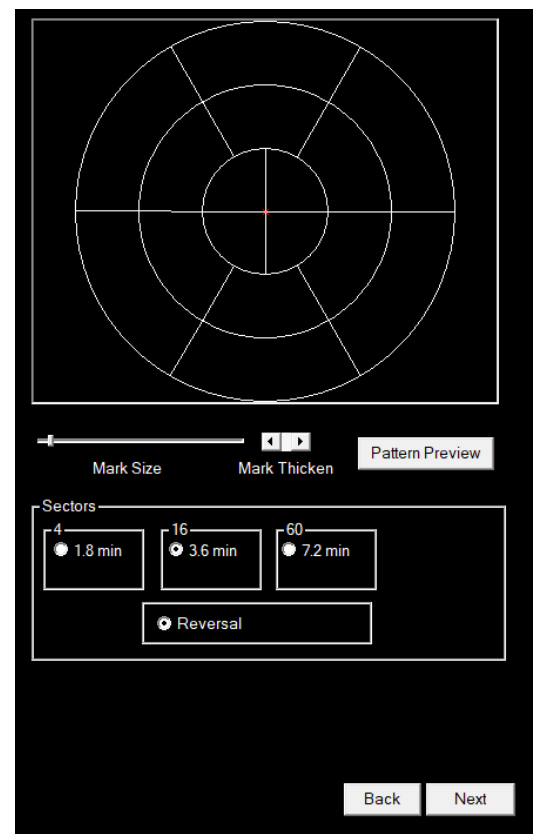


A screenshot of a 'Test Type' and 'Test Conditions' form. The 'Test Type' section has two radio buttons: 'MFERG' and 'MFVEP', with 'MFVEP' selected. The 'Test Conditions' section includes several dropdown menus and input fields: 'Channels' (3), 'Electrode' (Gold Cup), 'Sample Rate' (2000 Hz), 'Gain' (6), 'Low Pass Filter' (100.00 Hz), and 'High Pass Filter' (5.00 Hz). To the right, under 'Labels', there are three input fields: 'Ch.1' (02), 'Ch.2' (2), and 'Ch.3' (3). At the bottom, the 'Eyes Tested' section has three radio buttons: 'Right', 'Left', and 'Both', with 'Both' selected.

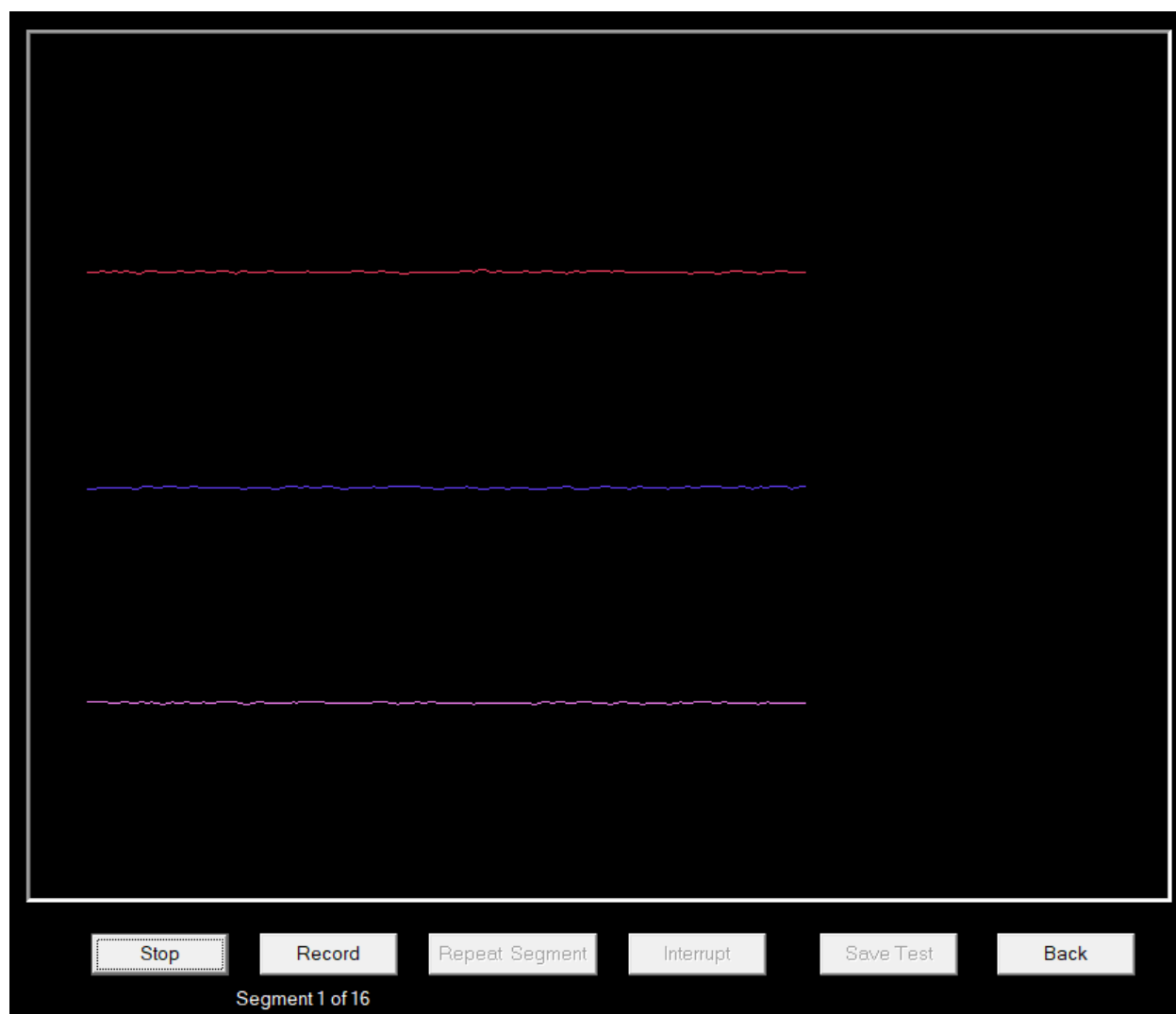
Liczba sektorów

Im większa liczba sektorów, z których nagrywasz, tym mniejszy będzie sygnał z każdego sektora. Ponieważ szum generowany podczas nagrywania jest niezależny od wielkości sektora, większe sektory (które generują wyższe sygnały) zapewniają lepszy stosunek sygnału do szumu, a tym samym pozwalają na krótszy czas nagrywania od pacjenta.

Kontrolka **Rozmiar** znacznika określa długość ramion "X", podczas gdy kontrolka **Pogrubienie znaku** określa grubość ramion.

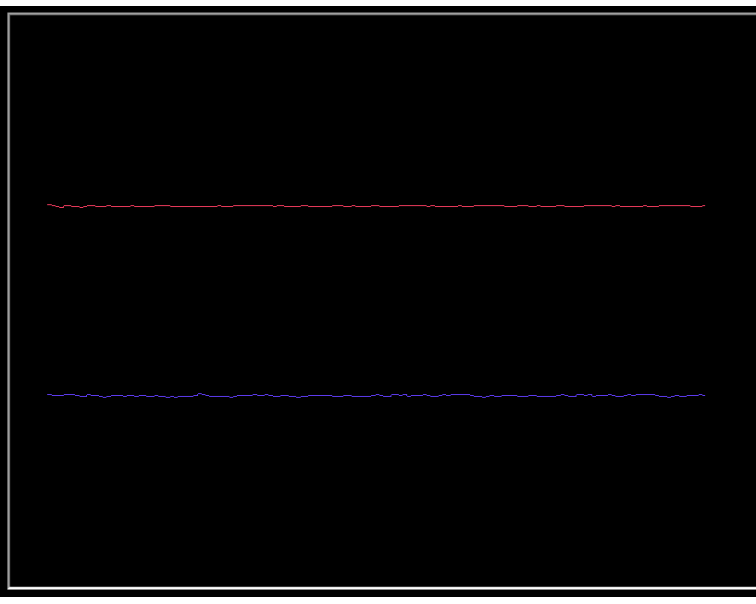
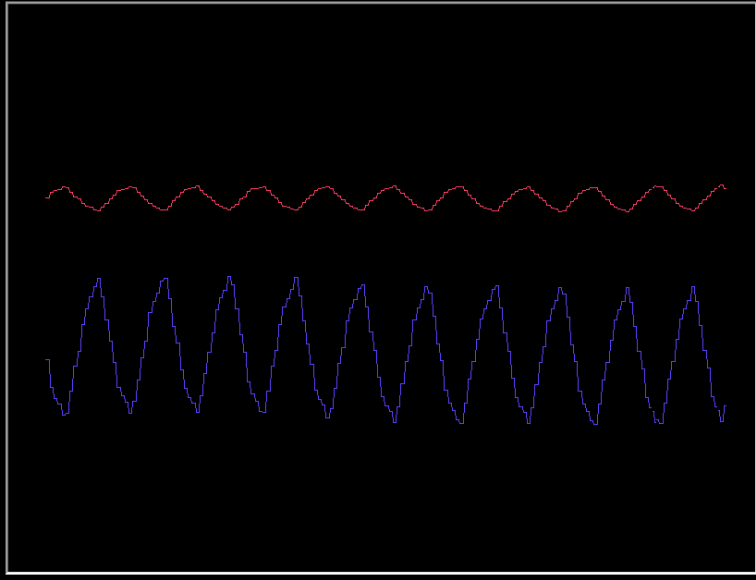


3.5 Nagrywanie danych



Linia bazowa

Po umieszczeniu elektrod na pacjencie i podłączeniu do wzmacniacza lub pacjenta, należy uruchomić linię bazową, aby upewnić się, że wszystkie połączenia działają prawidłowo i że pacjent jest w stanie utrzymać stabilną stabilizację. Poproś pacjenta o umieszczenie podbródka w podbródku i w razie potrzeby wyreguluj wysokość podparcia czoła. Następnie poproś pacjenta, aby spojrzał bezpośrednio na czerwoną fiksację "X" na ekranie. Kliknij opcję **Linia bazowa**. UTAS rozpocznie zbieranie danych bez prezentowania bodźca i pozwoli obserwować podstawowe dane pacjenta. Poniżej przedstawiono przykłady dobrych i słabych danych wyjściowych.

Dobry punkt odniesienia	
Zła linia bazowa Ta linia bazowa ma nadmierny szum sieciowy (50/60 Hz). Najprawdopodobniej jest to spowodowane złym połączeniem elektrod, chociaż istnieją inne możliwe wyjaśnienia hałasu. Analiza obejmuje usunięcie zakłóceń linii energetycznej, więc całkowita eliminacja zakłóceń linii energetycznej nie jest wymagana.	

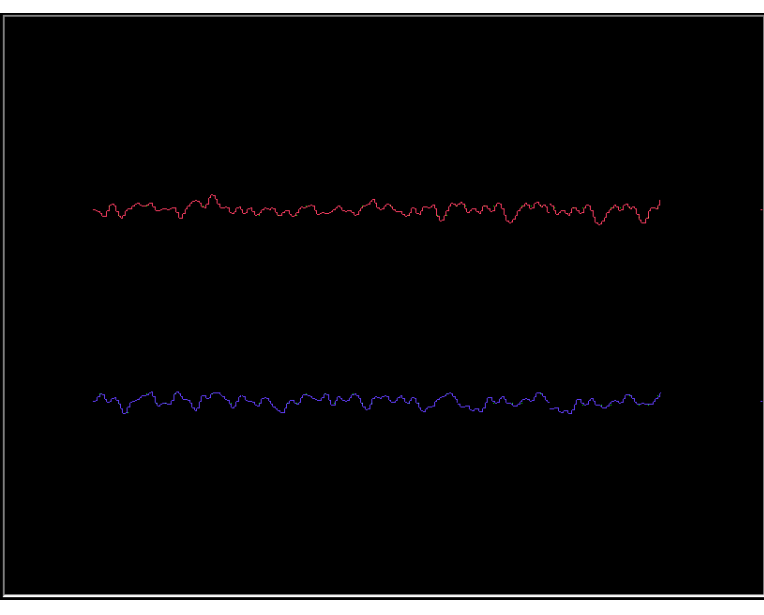
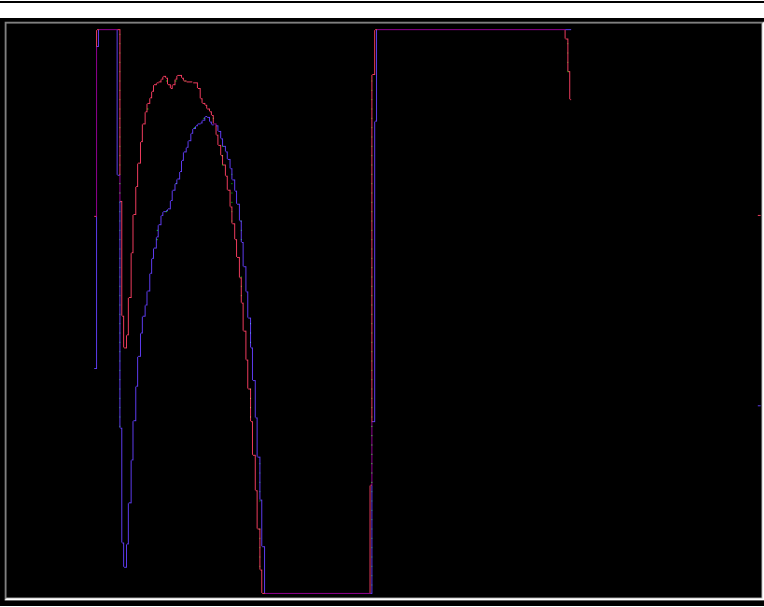
3.6 Rekord

Oprogramowanie LKC mfERG dzieli nagrania na szereg **segmentów**. Podczas każdego segmentu pacjent musi skupić się na celu fiksacji bez mrugania. Po każdym segmencie pacjent może mrugnąć lub odpocząć przed kontynuowaniem. Dłuższe *m-sekwencje mają więcej segmentów*.

Każdy segment składa się z kilku **kroków**. Każdy krok to jedna prezentacja bodźca, więc są 72 kroki na sekundę. Na każdy segment przypadają 1024 kroki, więc segment ma długość $1024 / 72 = 14$ sekund plus kolejny ułamek sekundy na synchronizację i mieszanie segmentów. Postęp każdego segmentu jest wyświetlany na ekranie jako ułamek całkowitej liczby kroków w segmencie, na przykład 257/1024. Postęp segmentu jest aktualizowany co 16 kroków.

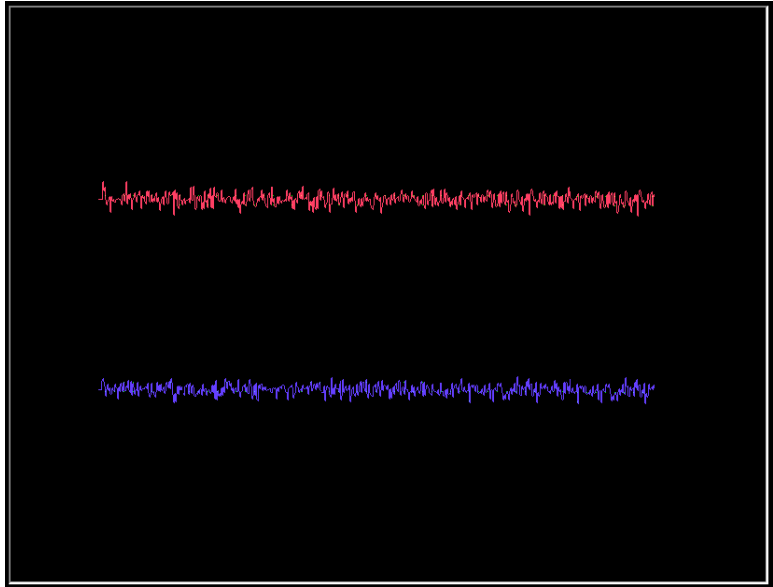
Podczas nagrywania w oknie zostaną wyświetlone dane z każdych 16 kroków. Należy uważnie obserwować wyświetlane dane, aby upewnić się, że żadne ruchy gałek ocznych ani inne artefakty nie zanieczyszczają nagrania. Przykłady dobrych i złych tras przedstawiono poniżej. Ogólnie rzecz biorąc, jeśli zarejestrowane dane wydają się wychodzić poza okno, artefakt jest niedopuszczalnie duży i ten segment powinien zostać ponownie zarejestrowany.

Podczas nagrywania segmentu **można użyć funkcji Przerwij**, jeśli pacjent mrugnął lub poruszył się i konieczne jest powtórzenie bieżącego segmentu.

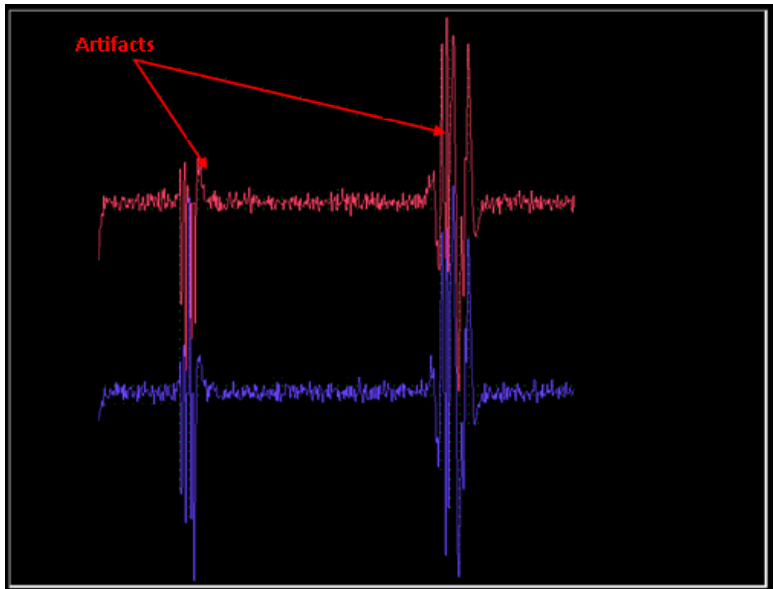
Jest to dobry ślad nagrania podczas akwizycji.	
Jest to przykład artefaktu mrugania lub drgania mięśni podczas nagrywania. Jeśli wystąpi zbyt wiele artefaktów, segment powinien zostać przerwany (kliknij przycisk Przerwij) i powtórzony (kliknij przycisk Repeat).	

Na końcu segmentu wykonywane jest wstępne przetwarzanie w celu wyeliminowania artefaktów i wyświetlany jest segment. W tym momencie segment można powtórzyć lub przejść do segmentu **Next**.

To dobre nagranie. Odpowiedź oka na sygnał mfERG jest widoczna (małe falki), nie ma dużych ruchów gałek ocznych, a wszystkie dane mieszczą się w granicach wyświetlacza i są względnie spójne pod względem amplitudy



Jest to segment zawierający dwa duże ruchy gałek ocznych. Ruch gałek ocznych ma większą amplitudę niż reszta przebiegu. Artefakty zostaną usunięte przez algorytmy przetwarzania. Jeśli jednak % artefaktów wyświetlanych nad wykresem jest większy niż kilka procent, segment powinien zostać ponownie zarejestrowany. W takim przypadku wybierz **opcję Repeat Segment** do ponownego nagrania.



Kontynuuj nagrywanie, aż wszystkie segmenty zostaną ukończone. Następnie kliknij **Zapisz test** , aby zapisać dane.

Po zapisaniu danych **zostanie wyświetlony ekran Analiza**.

Aby uzyskać dobrej jakości MFVEP, zaleca się powtórzenie nagrania co najmniej jeszcze 2 razy, a następnie uśrednienie wyników.

4.0 Analiza i raport danych MFVEP

Uruchom oprogramowanie Multifocal i przejdź do **sekcji Raporty**.

Clear All wyczyści wszystkie pola informacji o pacjencie

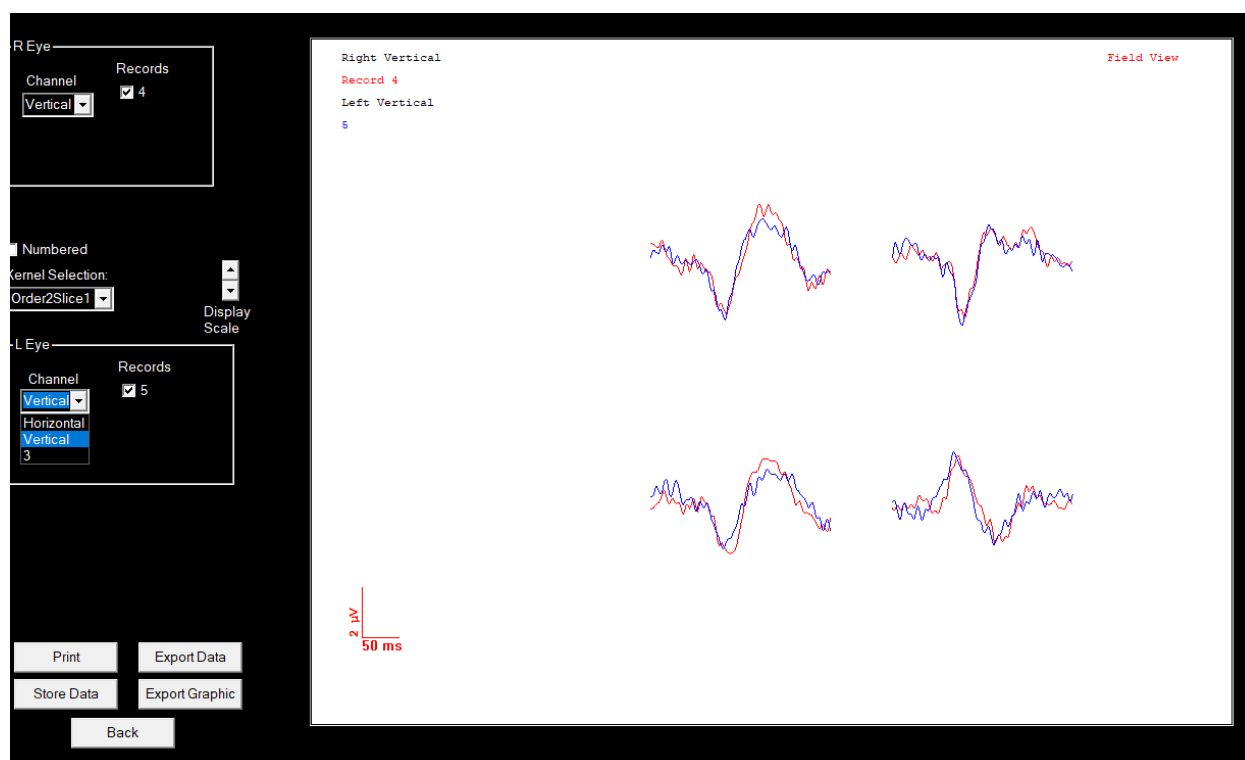
Kliknij **przycisk Wstecz** , aby przejść do Main Menu

Wybierz **MFVEP** w obszarze **Typ testu**, baza danych pokaże wszystkie zapisane testy.

Wpisz nazwisko lub identyfikator pacjenta, dla którego chcesz utworzyć raport, i kliknij **Szukaj**.

Wybierz łącznie maksymalnie 4 nagrania. Nagrania prawego oka można wybrać z nagrań lewego oka lub nagrań obojga oczu, nagrania lewego oka można wybrać z nagrań prawego oka lub nagrań obojga oczu, ale nagrania lewego oka, prawego oka i obojga oczu nie mogą być jednocześnie analizowane. Nagrania muszą być również tego samego **typu** testu i **długości testu** , aby można je było pobrać razem.

Wybierz, klikając lewym przyciskiem myszy. Wybierz **Next**, a zostanie wyświetlony ekran analizy



Upewnij się, że odpowiednie rekordy są sprawdzane w celu sprawdzenia żądanych przebiegów. Porównaj każdy kanał i przejrzyj przebiegi pod kątem ewentualnych defektów.

Możesz użyć strzałek w górę i w dół **skali wyświetlania** , aby dostosować rozmiar przebiegu.

Aby zmienić kanały, użyj listy rozwijanej w polu R eye. W tym przykładzie użyliśmy 3 elektrod rejestrujących oznaczonych w pozycji poziomej, pionowej i 3.

Jakościowo, obniżone lub opóźnione reakcje reprezentują nieprawidłowości. Przegląd każdego kanału da ci wgląd w to, jakie są obszary utraty wzroku w porównaniu z sąsiednimi sektorami lub oddzielnymi kanałami.

Odpowiedzi mfVEP można wykorzystać do określenia przestrzennie zlokalizowanych odpowiedzi VEP. Ponieważ elektrody są umieszczone w okolicy potylicznej, zapis pozwala na reakcje zdominowane przez składnik pierwszorzędowej kory wzrokowej. Istnieje wiele zastosowań tego testu w dziedzinie neurookulistyki jako pomoc w diagnostyce. Obejmuje to następujące elementy:

1. **Stwardnienie rozsiane, jaskra, zaniki nerwu wzrokowego, niedokrwienne neuropatie nerwu wzrokowego:** wykazano, że odpowiedzi mfVEP mogą być liniowo skorelowane z lokalnymi zmianami w behawioralnych testach czułości, takich jak pola widzenia Humphreya. Sugeruje to, że mfVEP jest metodą charakteryzowania utraty komórek zwojowych siatkówki. W niektórych przypadkach stosowanie mfVEP może wykazywać nieprawidłowości w zlokalizowanych obszarach przed nieprawidłowościami pola widzenia. Może być również stosowany u pacjentów, którzy mają problem z wykonaniem testu HVF.
2. **Nieorganiczna utrata wzroku:** Podobnie jak w przypadku konwencjonalnego VEP, mfVEP można wykorzystać do wykluczenia funkcjonalnej utraty wzroku. Zaletą tego rozwiązania jest również uzyskanie topograficznej reprezentacji utraty wzroku, która może być następnie skorelowana z polem widzenia pacjenta.

Chociaż wieloogniskowy VEP ma wiele zastosowań klinicznych, wciąż jest badany i rozwijany w kontekście klinicznym i badawczym.

Przewodnik rozwiązywania problemów z wieloma ogniskowymi

Objaw	Sugerowane działania
W oknie nagrywania brakuje wstawki ekranu z obrazem z kamery.	Upewnij się, że aparat jest podłączony do portu USB Spróbuj ponownie uruchomić oprogramowanie — czasami kamera nie rejestruje się za pierwszym razem.
Otrzymuję całkowicie płaską linię podczas uruchamiania linii bazowej lub rekordu.	Odłącz połączenie USB od urządzenia UBA do komputera, a następnie podłącz je ponownie.
Nadmierne zakłócenia 50 Hz / 60 Hz	Elektroda może nie mieć dobrego kontaktu. Sprawdź elektrody referencyjne i rejestrujące Wewnątrz elektrody może zostać przerwany przewód.
Pęknięta elektroda Buriana-Allena (pęknięta soczewka lub wziernik)	Wymień elektrodę

Sprzątanie między pacjentami

Czyszczenie czoła i podbródka

Podczas badania pacjent będzie miał kontakt z podpórką pod czoło i podbródek. Należy je czyścić i dezynfekować między użyciami, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się infekcji skóry.

Najprostszą metodą czyszczenia i dezynfekcji oparcia czoła i podbródka jest przetarcie ich 70% roztworem alkoholu izopropylowego. Dobrym sposobem na to jest użycie chusteczki dezynfekującej. Możesz również wyczyścić podpórkę pod czoło i podbródek za pomocą roztworu aldehydu glutarowego.

Odwołania

W podręczniku znajdują się odniesienia do poniższych publikacji.

- [CSC 2003] Calibration Standards Committee of ISCEV. Guidelines for calibration of stimulus and recording parameters used in clinical electrophysiology of vision. *Documenta Ophthalmologica* 107: 185–93, 2003.
- [Hood 1998] Hood DC, Li J. A technique for measuring individual multifocal ERG records. In Yager D (ed.) *Non-invasive assessment of the visual system. Optical Society of America, Trends in Optics and Photonics* 11:33-41, 1998.
- [Hood 2000] Hood DC. Assessing retinal function with the multifocal technique. *Prog Retinal Eye Res* 19:607-646, 2000.
- [Hood 2002] Hood DC, Zhang X, Hong J, and Chen C. Quantifying the benefits of additional channels of multifocal VEP recording. *Documenta Ophthalmologica* 104:303-320, 2002.
- [Hood 2002] Hood DC. The multifocal electroretinographic and visual evoked potential techniques. *Principles and practice of clinical electrophysiology of vision* 197-205, 2006.
- [Hoffman 2021] Hoffmann, M.B., Bach, M., Kondo, M. *et al.* ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2021 update). *Doc Ophthalmol* **142**, 5–16 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10633-020-09812-w>
- [Marmor 2003] Marmor M, et al. Guidelines for basic multifocal electroretinography (mfERG). *Doc Ophthalmol* 106:105-15, 2003.
- [Lyons 2007] Lyons JS, Severns ML. Detection of early hydroxychloroquine toxicity enhanced by ring ration analysis of multifocal electroretinography. *Am J Ophthalmol* 143:801-9, 2007.
- [Sutter 1986] Retinal area response mapping using simultaneous multi-area stimulation with binary sequences and objective response analysis. US Patent Number 4,846,567.
- [Sutter 2001] Sutter EE. Imaging visual function with the multifocal m-sequence technique. *Vision Res* 41:1241-55, 2001.