# 電気生理検査－網膜電位検査　electroretinogram（ERG）;網膜電位図　例）Neuropack2

**準備物** ERG 本体・接続コード・散瞳薬（ミドリン P®）・表面麻酔剤（ベノキシール®）・角膜保護剤（スコピゾル液®）・アルコール綿又は皮膚洗浄剤（スキンピュア®）・カット綿・電極装着ペースト（エレフィックス®）・ふき取りテイッシュ・装着テープ・赤色LED又は赤いテープで遮光したペンライト

**目的**
網膜機能の検査　（主に視能矯正より）
①前眼部・中間透光体の混濁のため、眼底が透見困難な疾患の網膜全体の機能検査
②網膜疾患の補助診断(網膜の循環障害・夜盲性疾患)
③網膜の層別機能診断

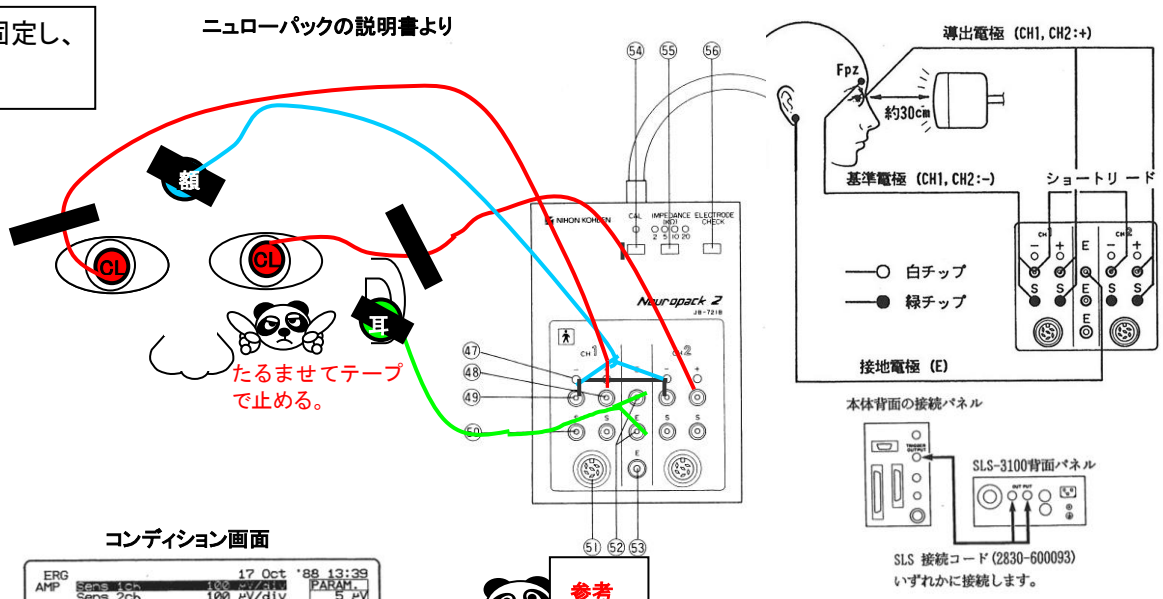
## 検査の準備をする

被検者と本器は 1m以上離し、電極のリードは束ねて固定し、発光量はフラッシ刺激装置を 20 又は 40J に設定する

左図のように電極を接続して、額・耳朶はアルコールで清拭し、（スキンピュア®でこすって皮脂をとり）ペーストを皿電極に塗って皮膚に接地し、テープでとめる(CL 電極は除く)

一般的なことは電気生理の準備及び後片付けを参照すること。基準電極は、発光時のアーチファクト防止のため、上から黒いテープなどをはって遮光する。

ニューロパックの説明書より




**参考**
**関電極（記録電極・導出電極）　＋に接続**
目的とする生体信号を検出する為の電極
**不関電極（基準電極）－に接続**
電位変化の少ない部位に装着し、この電極を基準として関電極との間の電位変化を記録
**設置（アース）電極　耳たぶ又は額**
機器のアースは漏れ電流が人体への感電防止
ボディアースは人体の余分な電気的ノイズを地球に逃がし軽減させる作用

逆に接続すると、波形が逆になるよ。

## 設定をする

主電源を入れ、MENUnext1→2→3キーを押してメニュー画面を表示し、メニュー選択の手順で<ERG>を選択する

CONDITION キーを押して、コンディションを確認する

コンディション画面

これ押すとプリントされる

**キー色々**

| RECORD | MENU | CONDITION | STORE | ERASE |
|---|---|---|---|---|
| 記録 | 選択 | 設定 | 保存 | 消去 |

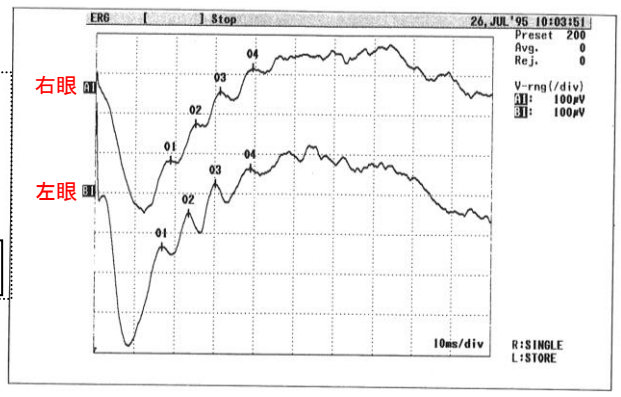
| PAPER STOP | MONITOR | STIM/SWEEP | ANALYSIS |
|---|---|---|---|
| 紙の先端を揃える | 画面表示 | フラッシュ | 波形加算 | 停止 |

CHANEL キーを押して、使用するチャンネルを選択する（CHANEL キーを押すたびに、CH1→CH2→CH1 &CH2→CH1のように繰り返し変更になるので、使用するチャンネルを選択）

フラッシュ刺激のスイッチを入れ、CHANEL キーを押して、使用するチャンネルを選択する（CHANEL キーを押すたびに、CH1→CH2→CH1 &CH2→CH1のように繰り返し変更になるので、使用するチャンネルを選択）

インピーダンスチェックで比較値を5kΩで選択し、エレクトロチェックのボタンを押して、全て緑が点灯して電極抵抗値が 5kΩ以下であることを確認して点灯を消す

コンタクト電極装用中は禁忌。電流が流れる。インピーダンス表示を消さないとモニターが動かないので注意。




## 被検者の準備をする

ミドリン P®を点眼し、被検者を椅子にゆったりと腰掛けさせ頭部を固定するか、ベッドに寝かせ FLASH ランプの高さを被検者の眼から約 30cmの距離にて眼の高さに合わせ、刺激中は FLASH ランプ上の赤い LED を注視して瞬目しないように指示する

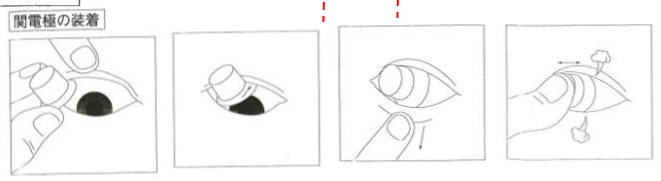
15（～30 分）分間、暗室にて赤色暗室灯下にて暗順応させる

15（～30 分）

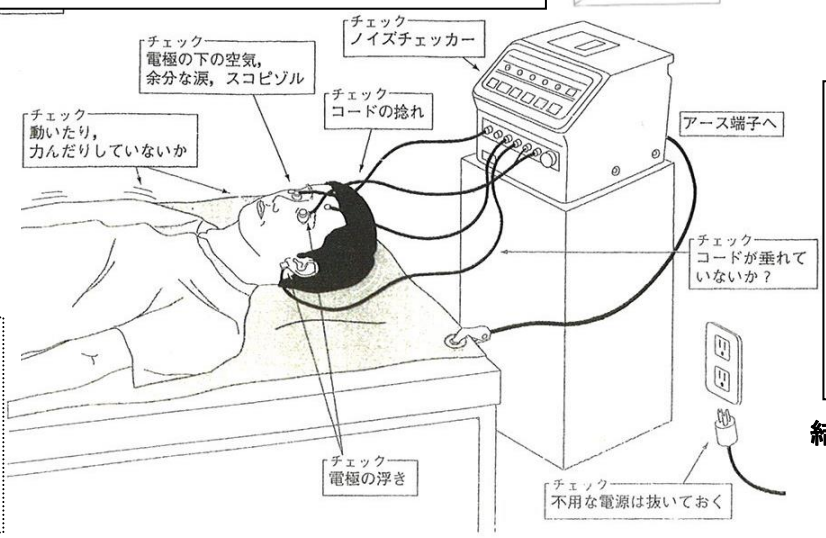
山本修一他編：どうとる？どう読む？ ERG P46

赤色光下でベノキシール®を点眼し、10 秒過ぎてからスコピゾル液®をコンタクトレンズの凹面に 1、2 滴下し、やや下(上)方を向いてもらい静かに上（下)眼瞼を引いてレンズ上（下）側のふちから先に挿入し、続いて下（上)眼瞼を引き上げて装着する

関電極の装着



山本修一他編：どうとる？どう読む？ ERG P46




**参考**
**暗順応して**
①杆体応答(Scotopic ERG；rod ERG)
②最大応答(Maximum response；standard combined ERG)
③律動様小波（oscillatory potentials）
**明順応して（10 分後）**
④錐体応答(Photopic ERG；single－flash Cone ERG)
⑤flicker 応答（30Hz flicker ERG）の順で記録する

**雑音・ノイズの原因チェック**

①皮脂が充分に取れているか？
②ペーストがきちんと塗れており、皮膚の凸凹がなくなり皮膚にきちんと接地できていて明りが入らないか？
③散瞳は十分か？（散瞳薬は使用した方が良い）
④コンドロン・スコピゾール・生理食塩水は必要な場合使用しているか？
⑤電極がはずれていないか？
⑥本体の向き、位置を変えてみては？
⑦被検者から本体を離してみては？
⑧周囲の電気製品の電源を抜いたり、移動しているか？
⑨被検者の緊張は解かれているか？

## 検査を開始する

MONITOR キーを押して入力波形をモニタし、アーチファクトが混入していないことを確認する

被検者が緊張していると、首や顎の筋電図が波形に混入することがある。

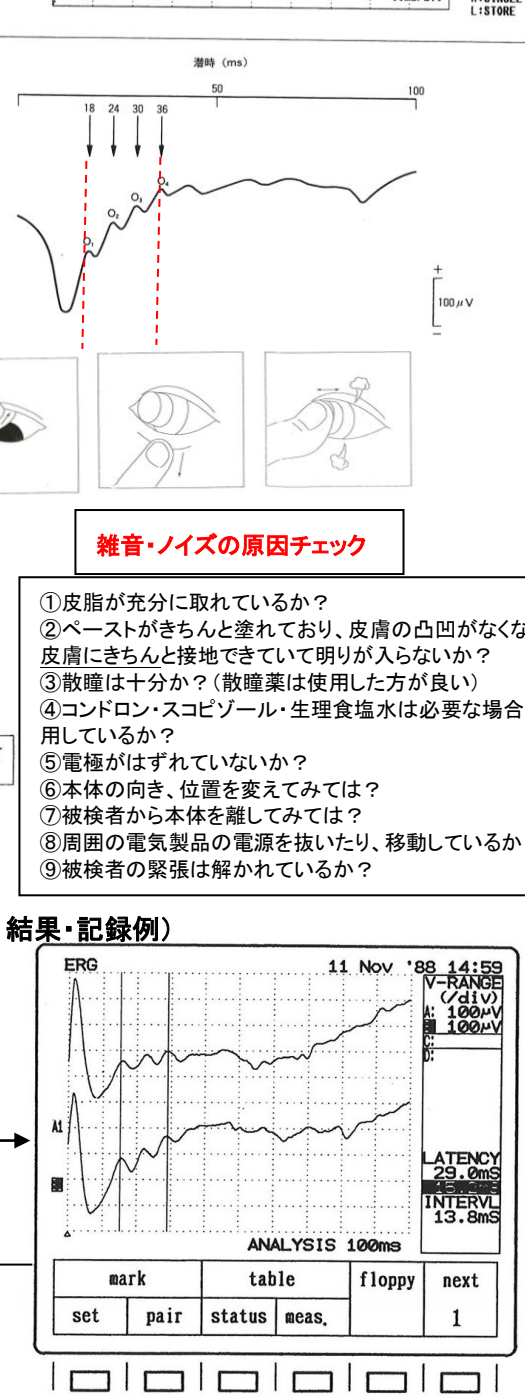
モニタ波形が平坦になった時をみはからって、STIM/SWEEP を押して（フットスイッチを踏んで）単発刺激を行うと、反応波形が取り込まれ、自動的にストップする

反応波形が得られないときなどは、被検者が刺激用ランプを注視していない場合があるので確認すること。

VERTICAL GAIN で振幅の調整を行い、繰返し測定を行う場合は波形をストアする（再現性の確認、他側の測定など）

先程と同様に再現性の確認又は他眼測定を行い、必要に応じて、潜時や振幅の測定を行う

**結果・記録例）**




自分の結果を縮小して貼っておこう。

## 検査を終了する

RECORD キーを押して PRINT OUT をし、必要に応じてフロッピーに測定結果を記録する

# ERG 波形の記録順序と見方

機器に応じた設定をする

前準備をする → 暗順応する

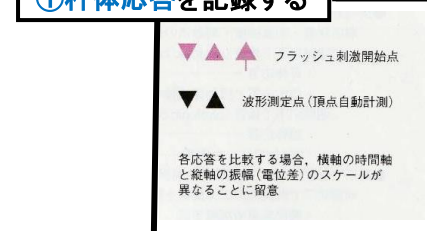
約 20 分

点眼麻酔後、電極を装着する

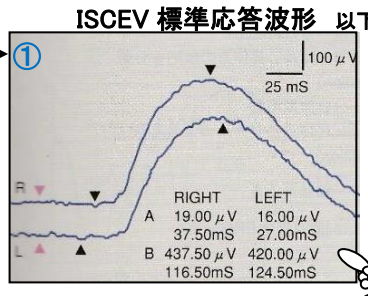
**用語**

潜時 latency(msec ms　1／1000 秒)各波形の頂点に至る時間(電位差)
振幅 Amplitude(μV)波の高さ(電位差)
時定数 τタウ;コンデンサーの充電・放電現象の変化の速さを表す時間的尺度
速さを変化させることで得られた波形から速い動きや遅い動きだけを算出できる
・速い動きのみの観察→微分回路　low　cut　filter
・遅い動きのみの観察→積分回路　high　cut　filter

①杆体応答を記録する



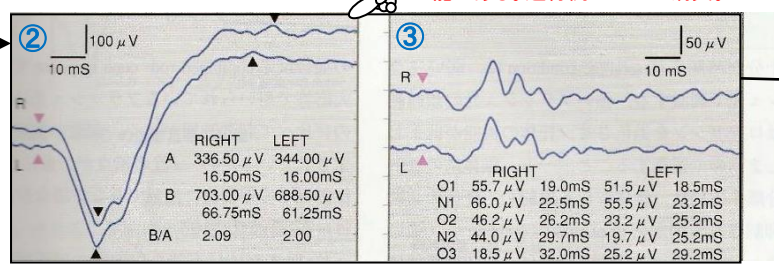

ISCEV 標準応答波形　以下　新井田孝裕：視能学第2版 P87




定型例の網膜色素変性では①が消失し、②が著しい減弱を示すが病初期には④と⑤は減弱するが記録可能である。進行例では全て消失。

②最大応答・③律動様小波を記録する

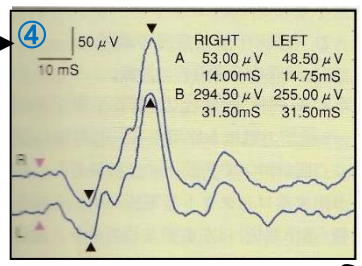
ローカットフィルタの時定数を短くすれば③のみが強調されるので同時に記録できるね。



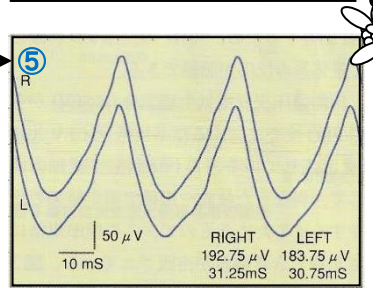

電極を外して明順応する → 約 10 分 → 点眼麻酔後電極を再装着する

明順応を省略してそのまま続行する場合もある。

④錐体応答を記録する

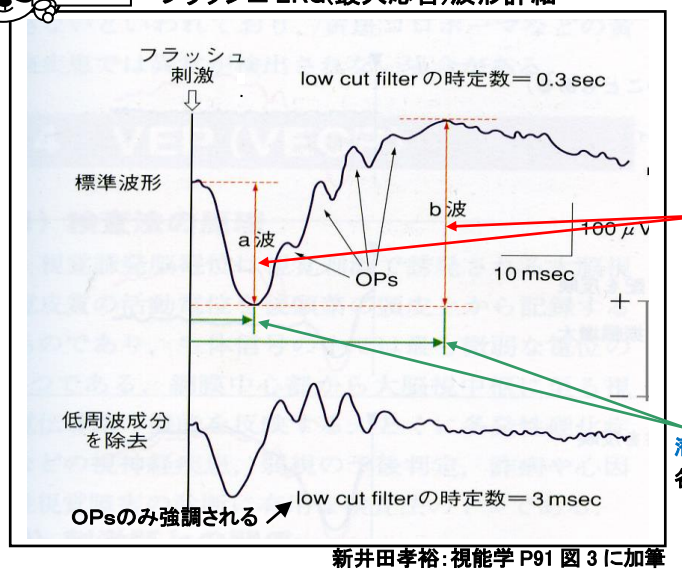



⑤30Hz フリッカ応答を記録する




錐体ジストロフィでは①②は正常だが、④⑤は著しく減弱する。

**図1**　フラッシュ ERG(最大応答)波形詳細




新井田孝裕：視能学 P91 図 3 に加筆

正常波形と比較する

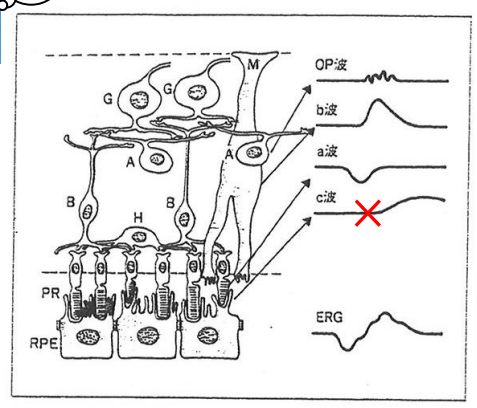
判定基準）

①～⑤までの標準応答波形と比較して充分な振幅があり著しい潜時の遅れがないかを見る
特に図1フラッシュ ERG(最大応答)波形詳細では
200msec 以内に
・a波（下向きの陰性波）
・b波(上向きの大きな陽性波)
・b波の上行脚に重なる4個の律動様小波（OPs）
があるか？

新生児と高齢者では振幅は低値、頂点潜時は延長する。

それぞれの波の発生源を知る

a波 ⟶ 視細胞（杆体＋錐体）
b波 ⟶ 双極細胞・ミューラー細胞
律動様小波⟶ 網膜内層神経回路網
（アマクリン細胞、網状層間細胞）
（c波）⟶ 網膜色素上皮層




出典不明

網膜を構成する神経細胞および膠細胞
G：神経節細胞，A：アマクリン細胞，B：双極細胞，H：水平細胞，PR：視細胞，RPE：網膜色素上皮，M：Müller 細胞，ILM：内境界膜，OLM：外境界膜

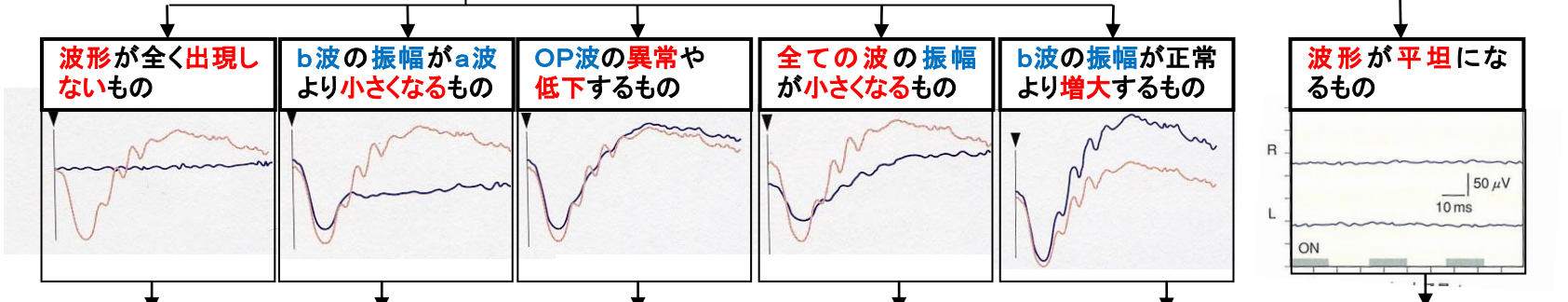
フラッシュ ERG では、視神経、網膜神経節細胞やその軸索の障害は反映されない。又、光刺激から数秒後に見られる遅い応答の陽性波C波は眼球電位図でないと測定出来ない。

異常所見を分類する

**フラッシュERGの場合**　新井田孝裕：視能学 P92 図 5、6

**フリッカERGの場合**

| 波形が全く出現しないもの | b波の振幅がa波より小さくなるもの | OP波の異常や低下するもの | 全ての波の振幅が小さくなるもの | b波の振幅が正常より増大するもの | 波形が平坦になるもの |
|---|---|---|---|---|---|
| 平坦型・消失型 Non-recordable ERG | 陰性型 Negative ERG | 律動様小波異常型 OP低下型 | 減弱型・準正常 Subnormal ERG | 増強型 Supernormal ERG | 平坦・消失 Non-recordable F・ERG |




視細胞(a 波)に比べ双極細胞層(網膜中層b波)の障害が大きい為。

網膜の低酸素状態、軽度循環障害を反映。

網膜の限局性障害ではb波の頂点潜時は正常だが網膜の広範囲障害中間透光体の強い混濁b波の頂点潜時は延長。

＊注）英語名での分類は基本的には日本語名と一致しない。

疾患例）

同一疾患でも障害の程度や病期によって異なる場合があり、様々なバリエーションがある。

- 進行性夜盲（初期には減弱型、陰性型のこともある）
  - 網膜色素変性
  - 白点状網膜症（白点状網膜ジストロフィ）
- 網膜全剥離
- 眼球癆
- コロイデレミア

- 網膜中心動脈閉塞症（網膜内層は障害されるが脈絡膜血管で栄養される視細胞が温存されa波が残存）
- 狭義先天停止性夜盲
- 小口病、白点状眼底（長時間の暗順応で増幅増大）
- X連鎖性若年性網膜分離症（先天性網膜分離症）

- 糖尿病網膜症（初期より）
- 脈なし病（大動脈炎症症候群）
- ベーチェット病の初期

- ぶどう膜炎（前部ぶどう膜炎は除く）
- 網膜部分剥離
- 眼球鉄錆症、クロロキン網膜症の初期
- 白点状眼底（正常、陰性型を呈することもある）
- 中間透光体の強い混濁に伴うフィルタ効果

- 循環不全の初期（糖尿病など）
- 甲状腺機能亢進症
- 麻酔薬使用時

- 錐体ジストロフィ