

脳死判定の実際

- 前提条件・除外例・脳幹反射-

寛木脳神経外科病院 院長
沖 修一

脳死下臓器移植に関する 関連法令と通知

- 臓器の移植に関する法律・附則
- 臓器の移植に関する法律施行規則・附則
- 臓器の移植に関する法律の運用に関する指針（ガイドライン）の制定について
- 臓器移植と検視その他の犯罪捜査に関する手続きとの関連等について

法的脳死判定に関しては

- 適応
 - 手順
 - 判定手技
 - 判定順序
 - 判定結果の判断
 - 判定結果の記録方法
- など全て定められている

法的脳死判定の際に守るべき事項

- | | |
|--------------------|------------------------|
| 脳死と判定するための
必須条件 | VI. 法的脳死判定における
観察時間 |
| 前提条件 | VII. 脳死の判定時刻 |
| 除外例 | VIII. 脳死判定医 |
| 生命徴候の確認 | IX. 家族の立ち会い |
| 脳死と判定するための
必須項目 | X. 脳死判定の順序 |

脳死と判定するための必須条件

前提条件を完全に満たすこと
除外例を確実に除外すること
生命徴候を確認すること
脳死と判定するための必須項目の検査結果が
全て判定基準と一致していること

- 1. - 1. の条件が満たされない場合は脳死判定を開始しない。
- 4. での検査結果が判定基準と一致しない場合はその時点で脳死判定を中止する。

前提条件

器質的脳障害により深昏迷及び無呼吸を来している症例

原疾患が確実に診断されている症例

現在行いうる全ての適切な治療をもってしても回復の可能性が全くないと判断される症例

除外例

脳死と類似した状態になりうる症例

- 1) 急性薬物中毒
 - 2) 低体温：直腸温、食道温等の深部温が32℃以下
 - 3) 代謝・内分泌障害
- 15歳未満の小児
(臓器の移植に関する法律施行規則では医学的観点から5歳未満の者を除外しているが、法的な本人確認の観点から15歳未満の者の法的脳死判定は行わない)
- 知的障害者等、本人の意思表示が有効でないと思われる症例
(臓器、法的脳死判定は見合わせる)

※注：脳幹反射検査、胸呼吸テストの実施が不可能あるいは極めて困難とあらかじめ判断される症例においては、当直脳死判定を見合わせる

生命徴候の確認

体温

- ・直腸温、食道温等の深部温が32℃以下でないこと
- ・血圧
- ・収縮期血圧が90mmHg以上であること
- ・心拍、心電図等の確認
- ・異常な不整脈がないこと

脳死と判定するための必須項目

④ 法的脳死判定に先立って、臨床的に脳死と判断する場合には1.~4.、法的脳死の判定には1.~5.の確認が必要である

1. 深昏迷
2. 両側瞳孔径4mm以上、瞳孔固定
3. 脳幹反射の消失
(以下の1)~7)の全てを確認する)
 1. 対光反射の消失
 2. 角膜反射の消失
 3. 毛様筋反射の消失
 4. 嚙球頭反射の消失
 5. 前庭反射の消失
 6. 咽頭反射の消失
 7. 腹反射の消失
4. 平坦脳波
5. 自発呼吸の消失

聴性脳幹誘発反応の消失：必須条件ではないが確認することが望ましい

法的脳死判定における観察時間

- ⑤ 第1回目の脳死判定が終了した時点から時間以上経過した時点で、第2回目の脳死判定を開始する
- ⑥ なお、原因、経過を勘案して、必要な場合には更に観察時間を延長する

脳死の判定時刻

- ⑦ 第2回目の脳死判定終了時をもって脳死と判定する

脳死判定医

1. 倫理委員会等において選任され、下記の条件を備えている医師が行う
 1. 脳神経外科医、神経内科医、救急医または麻酔・衛生科・集中治療医で学会専門医又は学会認定医の資格を持つ者
 2. 脳死判定に関し豊富な経験を有する者
 3. 臓器移植に関わらない者
2. 判定は2名以上で行う
3. 判定医のうち少なくとも1名は、第1回目、第2回目の判定を継続して行う

家族の立会い

- 希望があれば、家族の立会いのもとで脳死判定を行う

脳死判定の順序 (1)

1. 必要書類の確認
 - 1. 意思表明カード等、脳死の判定に疑い、かつ問題を提供する意志を示している本人の書面
 - 2. 脳死判定承諾書（家族がいない場合を除く）
 - 3. 臓器提供承諾書（家族がいない場合を除く）
2. 前提条件の確認
3. 除外例の確認
4. 生命徴候の確認
5. 深昏迷の確認
6. 瞳孔散大、固定の確認

脳死判定の順序 (2)

7. 脳幹反射消失の確認
8. 平坦脳波の確認
 - 脳性脳幹反射消失の検証：必須条件ではないが行うことが望ましい
 - 6.、7.、8.の相互の順序は問わない
9. 自発呼吸消失の確認
 - 必ず8.~1.の確認の後に実施する
10. 脳死判定記録の確認
 1. 脳死判定の検証実施の証明書
 2. 脳死判定記録書
 3. 脳死判定の検査結果について、診療録に記載し又は当該記録の写しを貼付する

脳死判定実施マニュアル

書面の確認

1. 意思表明カード等、脳死の判定に疑い、かつ問題を提供する意志を示している本人の書面
2. 脳死判定承諾書（家族がいない場合を除く）
3. 臓器提供承諾書（家族がいない場合を除く）

- 本項目については、脳死判定マニュアルを参照してください。
- 本項目に関するお問い合わせは、お問い合わせセンターまでお問い合わせください。

前提条件の確認

1. 脳死判定の目的は、臓器提供の目的であることを知る患者本人は、
 - ① 意思表明カード（ICM）の記入
 - ② 脳死判定承諾書（ICDS）の記入
 - ③ 臓器提供承諾書（ICOP）の記入が、本人の自由かつ十分な理解に基づいて行われていること、
2. 意思表明カード等に記入されている医師、看護師、医師（ICMの記載医師）が、脳死判定マニュアルを熟知していること、
3. 現在行っている全ての適切な治療を中止して脳死判定の目的が達成できないと判断されること。

除外例 (1)

1. 脳死と類似した状態になりうる症例
- 1) 急性薬物中毒
 - 2) 低体温・直腸温、食道温等の深部温が32℃以下
 2. 15歳未満の小児
 3. 知的障害者等、本人の意思表示が有効でないと思われる症例
(当面脳死判定は見合わせる)

●注: 脳死判定検査(脳幹反射)の実施が不可能あるいは極めて困難な場合には判断される虞がある。この場合、判定を見合わせる。

除外例 (2)

1. 急性薬物中毒
- (1) 周囲からの聞き取り、経過、臨床所見等で薬物中毒により深昏迷及び無呼吸を生じたと思われる場合は脳死判定から除外する。
 - (2) 可能ならば薬物の血中濃度の測定を行い判断する。
ただし薬物の半減期の個人差は大きいことを考慮する。

●留意: 急性薬物中毒ではないが、脳死判定に影響を及ぼす薬物が投与されている場合。

- 留意: ① 脳死判定検査(脳幹反射)の実施が不可能あるいは極めて困難な場合には判断される虞がある。この場合、判定を見合わせる。
② 脳死判定検査(脳幹反射)の実施が不可能あるいは極めて困難な場合には判断される虞がある。この場合、判定を見合わせる。

除外例 (3)

問題となりうる薬剤

- | | |
|----------|-------------|
| ●中枢神経作用薬 | ●筋弛緩薬 |
| ●静脈麻酔薬 | ●麻酔薬(全身麻酔薬) |
| ●鎮静薬 | ●抗がん剤 |
| ●鎮痙薬 | |
| ●向精神薬 | |
| ●抗てんかん薬 | |
- 注: 麻酔薬(全身麻酔薬)の投与が中止された後、筋弛緩薬の影響を除外できる。

生命徴候の確認

1. 体温
直腸温、食道温等の深部温が32℃以下でないこと
2. 血圧
収縮期血圧が90mmHg以上であること
3. 心拍・心電図の確認
実質的な不整脈がないこと

深昏睡の確認 (1)

1. 確認法
- 以下のいずれかの方法で確認検査を顔面に実施する。
- 1) 声による確認検査
 - 2) 顔面刺激への指による強い圧迫刺激
2. 判定
- 全く醒めしきれない場合、100%、60%以上で深昏睡と判定する。
3. 注意
- 1) 顔面以下の薬物や代謝物による反応を示すことがあるので、呼吸器は顔面に届く。
 - 2) 安眠剤で長時間の深昏睡又は筋弛緩薬の投与が中止された場合は、深昏睡の判定は不可能であり、脳死判定を中止する。
 - 3) 脊髄反射・脊髄自動反射は脳死でも認められるので、自発運動との区別が必要である。
 - 4) 下記の薬物・運動は脊髄自動反射とは異なり脳死では認められないが、認められた場合は脳死判定を行わない。

深昏睡の確認 (2)

1. 注意
- 3) 脊髄反射・脊髄自動反射は脳死でも認められるので、自発運動との区別が必要である。

1) 脊髄反射
2) 脊髄自動反射

- | | | | |
|---|---|---|---|
| <p>1) 筋弛緩薬</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 筒筒 ● 筒筒 ● 筒筒 ● 筒筒 ● 筒筒 ● 筒筒 ● 筒筒 | <p>2) 顔面刺激</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 顔面刺激 ● 顔面刺激 ● 顔面刺激 ● 顔面刺激 ● 顔面刺激 ● 顔面刺激 ● 顔面刺激 | <p>3) 自発運動との区別</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 自発運動との区別 ● 自発運動との区別 ● 自発運動との区別 ● 自発運動との区別 ● 自発運動との区別 ● 自発運動との区別 ● 自発運動との区別 | <p>4) サザロ錠</p> <ul style="list-style-type: none"> ● サザロ錠 ● サザロ錠 ● サザロ錠 ● サザロ錠 ● サザロ錠 ● サザロ錠 ● サザロ錠 |
|---|---|---|---|

深昏睡の確認 (3)

4. 下記の姿勢・運動は脊髄自動反射とは異なり脳死では認められないため、認められた場合は脳死判定を行わない

- (1) 自発運動
意識の喪失に陥れる等の刺激を受けていない状態で自発運動(呼吸への意識的意志の発現、嚥下・嘔吐運動以外の運動)
- (2) 膝反射
頸部以下の硬膜刺激による下肢の伸屈、内転・外転の反射(一見反射、上肢あるいは顔の反射では脳死判定と判定しない)
- (3) 陰圧気硬直
頸部以下の硬膜刺激による上肢の屈曲、下肢の伸屈(内転・外転のみ)を呈する(以下肢のみの反応では脳死判定と判定しない)
- (4) びいばり(ミオクローヌス)

瞳孔散大、固定の確認

確認法

- ① 確認法: 瞳孔の通常の明るさの下で測定する
- ② 判定: 左右瞳孔の径が4mm以上であること

2. 瞳孔固定、対光に対する反応の欠如

① 瞳孔散大固定が両側で認められること

脳幹反射消失の確認 (1)

下記の物品の準備が必要である

- バックライト
- 電圧メーター
- 試験電圧計
- 試験電圧計の電源(乾電池)
- 試験電圧計のケーブル
- 試験電圧計のケーブル
- 試験電圧計のケーブル
- 試験電圧計のケーブル
- 試験電圧計のケーブル
- 試験電圧計のケーブル
- 試験電圧計のケーブル

脳幹反射消失の確認 (2)

瞳孔の有無の判定は瞳孔の中心にある瞳孔縁の位置の判定が不可行である場合、当直の間、下記の判定法が行われる

- 瞳孔散大固定の判定
- 瞳孔縁の判定
- 瞳孔縁の判定
- 瞳孔縁の判定
- 瞳孔縁の判定
- 瞳孔縁の判定

脳幹反射消失の確認 (3)

瞳孔縁がある症例では、片側のみの瞳孔縁損傷の症例を含め、前庭反射の確認ができないため、当直の間、脳死判定は行わない

対光反射

確認方法

- ① 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ② 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ③ 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ④ 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ⑤ 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ⑥ 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ⑦ 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ⑧ 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ⑨ 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する
- ⑩ 瞳孔の位置を正確に測定し、両瞳孔の位置を比較する

角膜反射

1) 観察方法

- ① 角膜上眼瞼を挙上し、角膜を露出させる
- ② 2cm程度の綿の先端で角膜を刺激する
- ③ 眼目の震動を観察する
- ④ 両側で同様の操作を行う

2) 判定方法

- ① 両側とも角膜刺激による眼目が認められない場合は、角膜反射なしと判定する
- ② 片側のみ、角膜反射が認められる場合は、片側性角膜反射ありと判定する
- ③ 両側とも角膜刺激を行っても、上下の運動なし、顔面の動き（顔面筋）が認められる場合は、角膜反射ありと判定する

毛様脊髄反射

1) 観察方法

- ① 角膜上眼瞼を同時に挙上して、両側瞳孔の観察を可能にする
- ② 角膜刺激に誘起される瞳孔で瞳孔を刺激する
- ③ 両側瞳孔収縮の有無を観察する
- ④ 上記の①～③の操作を両側で行う

2) 判定方法

- ① 両側とも角膜刺激による瞳孔収縮が認められない場合は、毛様脊髄反射なしと判定する
- ② 片側のみ瞳孔収縮が認められる場合は、片側性毛様脊髄反射ありと判定する

眼球頭反射

1) 観察方法

- ① 角膜上眼瞼を同時に挙上して両側瞳孔の観察を可能にする
- ② 被験者の頭部を軽く仰上し、正中位から急激に左側へ回転させる
- ③ 瞳孔が頭部の運動と逆方向に偏位する方向を観察する
- ④ 両側の運動は左右両方で行う
- ⑤ 瞳孔の上下の回転は行わない

2) 判定方法

- ① 左右どちらの方向への偏位も認められず両側瞳孔が固定し、瞳孔の偏位が認められない場合は、眼球頭反射なしと判定する

前庭反射 (1)

1) 観察方法

- ① 両側とも両側の鼓膜に構音の音を聴察する
- ② 鼓膜音の聴察を片側から行う
- ③ 鼓膜音の聴察終了後、両側の鼓膜を両手で覆って、両側の鼓膜音（両側とも）を聴察する
- ④ 両側とも鼓膜音の聴察終了後、片側から聴察する
- ⑤ 両側とも鼓膜音の聴察終了後、片側から聴察する
- ⑥ 両側とも鼓膜音の聴察終了後、片側から聴察する
- ⑦ 両側とも鼓膜音の聴察終了後、片側から聴察する

2) 判定方法

- ① 両側とも鼓膜音の聴察終了後、片側から聴察する
- ② 片側のみ鼓膜音の聴察終了後、片側から聴察する

両側とも鼓膜音の聴察を終了した後に、片側から聴察する。

前庭反射 (2)

器具

- ・前庭反射の消失を確認する時は、冷水刺激に代るものとして、通常実験科領域で用いられている20℃の清が刺戟液である。
- ・体温計での温水と冷水を用いた、清温交差刺激検査とは異なる。
- ・温度刺激検査において、清風と温風を用いた「エアークロッキングテスト」においては、現在承認されている機器では、温度刺激が行われていない可能性があるため、臨床判定には用いない。

咽頭反射

1) 観察方法

- ① 喉鏡を用いて十分開口させる
- ② 喉鏡用のフェネルなどで咽頭後壁を刺激する
- ③ 咽頭筋の収縮の有無を観察する
- ④ 両側の操作を両側で行う

2) 判定方法

- ① くり返し考えた刺激にも咽頭筋の収縮が認められない場合は、咽頭反射なしと判定する

咳反射

刺激方法

- 1) 喉部刺激法：用棉签刺激咽喉部，或用压舌板刺激咽喉部。
- 2) 气管刺激法：用压舌板刺激气管，或用压舌板刺激气管。
- 3) 胸部刺激法：用压舌板刺激胸部，或用压舌板刺激胸部。

测定方法

- 1) 测定咳嗽次数：记录咳嗽发生的次数。
- 2) 测定咳嗽持续时间：记录咳嗽持续的时间。
- 3) 测定咳嗽强度：记录咳嗽的强度。

②無呼吸テスト

高知赤十字病院 救急部

部長

西山 謹吾

麻生飯塚病院 脳神経外科

部長

名取 良弘

無呼吸テスト

1

チェックリスト1

- 無呼吸テスト以外の判定は全て終了しているか
- 筋弛緩薬の影響はないか
- 血液ガス分析装置の自動キャリブレーションにかからないか
- 収縮期血圧は90mmHg以上か
- 深部温(直腸温、食道温など)は35°C以上か
- 100%酸素による換気を10分間行ったか
- PaO₂は200mmHg以上(FiO₂1.0)か
- PaCO₂は35~45mmHgか
- 持続的あるいは頻繁な血圧測定は可能か
- モニター心電図は装着されているか
- パルスオキシメーターは装着され、波形は観察できか

筋弛緩薬による影響

- ・ 筋弛緩薬を使用していた場合、残存効果の有無の判定は重要である
- ・ 4連刺激でT4/T1ratioで0.9以上になって1時間以上経過すればよいと考えられる。

3

チェックリスト2

- 酸素投与用カテーテルを準備したか
(成人であれば12~14Fr)
(胸部レントゲンで挿管チューブの位置を確認し、カテーテル先端が気管分岐部直上にくるようにマジックで印を入れる)
- 無呼吸テストを開始して良いか
- 人工呼吸器をはずし、酸素投与用カテーテルを気管内に留置し6L/分の酸素を送気しているか
- 無呼吸テスト開始時刻を記録
- いよいよ無呼吸テスト開始、呼吸の有無を目視、(胸部腹部への)触診などで慎重に判断する

4

チェックリスト3

- 無呼吸テスト開始時刻、血圧、心拍数、不整脈の出現を記録する
- テストの終了: 自発呼吸が確認できた時点あるいはPaCO₂が80mmHgを越えた時点で終了する
以下は例(2~3分おきに採血する)
- 3分後の血液ガス分析を行い、採血時の血圧、心拍数、SpO₂を記録する
- PaCO₂が80mmHg未満なら5分後同上
- PaCO₂が80mmHg未満なら7分後同上
- PaCO₂が80mmHg未満なら9分後同上
- 無呼吸テスト終了時刻を記録する
- 終了後(10分以内)の血圧、SpO₂を記録する(検証フォーマットに必要)

3

無呼吸テストの中止

- ・ 無呼吸テストの続行が危険であると判断した場合はテストを中止する。無呼吸テスト以外の脳死判定検査結果が無効になるものではなく、患者のバイタルサインが落ち着くのを待って、再度無呼吸テストを実施することは可能である。

4

無呼吸テストの判定

- 無呼吸テスト陽性
 - PaCO₂が60mmHgを超えても自発呼吸運動が認められないばあい
- 無呼吸テスト陰性
 - 無呼吸テスト中にどのような型の呼吸運動であれ、たとえそれが微弱・不規則で換気に有効でなくても、自発呼吸運動があると判断された場合を陰性と判定
- 疑わしいときは再度無呼吸テストを行うか、脳死と判定しない

7

今までの症例から学ぶ

無呼吸テストの順番

- 法的脳死判定の無呼吸テストの順番が他の検査よりも早く行われていた。
- 無呼吸テストの順番は他の検査が終了した最後に行うべきとされた。

4

今までの症例から学ぶ

無呼吸テスト開始時のPaCO₂

- 開始時のPaCO₂が32.1mmHgであった。
- 厚生労働省審議会で、医学的には特に問題ない

1

今までの症例から学ぶ

脳死判定への薬剤の影響

- 脳死判定に影響を与える薬剤(筋弛緩薬)の影響が確認されないまま脳死判定が実施されたため検査をやり直し、法的脳死判定が3回行われた。
- 厚生労働省の検証会議による指摘事項無し。

10

今までの症例から学ぶ

無呼吸テストの動脈血ガス検査分析開始時間について

- 無呼吸テスト開始から最初の動脈血ガス検査開始まで、1回目の判定では9分後、2回目の判定では7分後に施行されていた。
- 厚生労働省の検証会議では、無呼吸テスト中のSpO₂、血圧等の著変もなく、不整脈の発生も認められなかったが、「法的脳死判定マニュアル」に定められたとおり2～3分おきの検査を施行することが望ましかったとされた。

11

③ ABR・EEG

日本医科大学多摩永山病院

中央検査室

主任検査技術員

久保田 稔

脳死判定の脳波・ABRについて

日本医科大学多摩永山病院
中央検査室 久保田 健

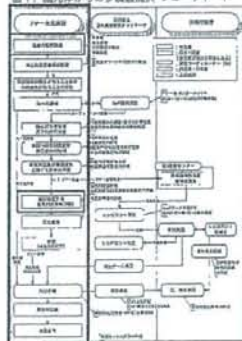
脳死判定には3種類ある

一般的な脳死判定 → 心停止後臓器提供の場合

臨床的脳死判定 → 法的脳死判定の前検査の意味合いが大きく、法的判定と内容はほぼ変わらない

法的脳死判定 → 脳死下臓器提供を行うためには必須

図1. 脳死判定からの多臓器提供 フローチャート



法的脳死判定マニュアルより

X 脳死判定の順序

- (1) 必要書類の確認
 - 1) 意思表示カード等、脳死の判定に役い、かつ臓器を提供する意思を示している本人の書面
 - 2) 脳死判定承諾書(家族がない場合を除く)
 - 3) 臓器提供承諾書(家族がない場合を除く)
- (2) 前提条件の確認
- (3) 除外例の確認
- (4) 生命徴候の確認
- (5) 深昏迷の確認
- (6) 瞳孔散大、固定の確認
- (7) 角膜反射消失の確認
- (8) 平坦脳波の確認
 - 随性脳幹誘発反応消失の確認: 必須条件ではないが行うことが望ましい。
 - (6)、(7)、(8)の相互の順序は問わない。
- (9) 自発呼吸消失の確認(必ず(5)~(8)の確認の後に実施する)
- (10) 脳死判定記録の確認
 - 1) 脳死判定の的直実証の証明書(⇒参考資料4、本書P.215)
 - 2) 脳死判定記録書(⇒参考資料5、本書P.217)
 - 3) 脳死判定の検査結果について、診療録に記録し又は当該記録の写しを貼付する。

法的脳死判定で

脳死判定の際に行われている脳死と判定するための必須項目

- ①. 深昏迷
- ②. 両側瞳孔4mm以上、瞳孔固定
- ③. 脳幹反射の消失
 - 1) 対光反射の消失
 - 2) 角膜反射の消失
 - 3) 脊椎毛様反射の消失
 - 4) 眼球頭反射の消失
 - 5) 前庭反射の消失
 - 6) 咽頭反射の消失
 - 7) 咳反射の消失
- ④. 平坦脳波
- ⑤. 自発呼吸の消失

④平坦脳波の確認

法的脳死判定マニュアルでは平坦脳波を「適正な技術水準を守って測定された脳波において、脳波計の内部雑音を越える脳由来の波がない脳波」と規定してる。

脳死判定脳波検査の基本条件

導出:最低4誘導・同時記録・単極及び双極
 電極位置:10-20法・大脳を広くカバー(例えばFp1, Fp2, C3, C4,
 (枕骨隆起前)F7, F8, A2)
 心電図の同時記録
 検査時間:30分以上の連続記録
 脳波感度:50 μ V/20mm以上記録を含める→実際には高感度(2 μ V/mm)
 時定数:0.3
 フィルター:HCF ONまたは30Hz以上・交流遮断用ノッチフィルター使用可
 電極間抵抗:100 Ω 以上10K Ω 以下
 検査中の刺激:呼名・顔面への疼痛刺激
 記録紙に記入すること:検査開始時刻と終了時刻、設定条件(感度・時定数・フィルター条件)、導出法、刺激の種類、ノイズの原因(心電図・筋電図・体動・脈波・振動・痛み刺激・人の動き・その他)
 測定中に明かな脳波活動を認めた時は脳死判定を中止する。

問題点

シールドされた脳波検査室での脳波記録ではなく、ノイズの多いICUでの記録である。

患者にはノイズ源となる多くのME機器や人工呼吸器が装着されている。

通常の5倍感度の記録が必要でノイズも増幅される。

何で高感度記録は大変なのか？

心電図の通常感度:10mm/mV

↓ 10倍

脳波の通常感度:10 μ V/mm

↓ 5倍

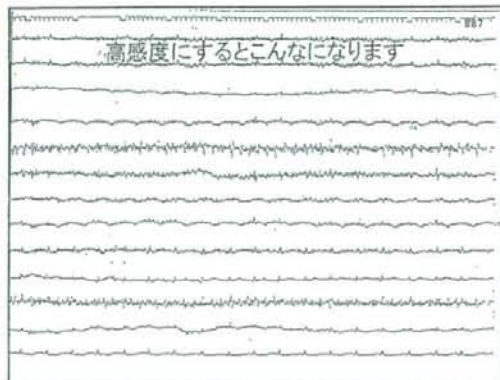
脳波の高感度記録:2 μ V/mm

Rの高さが2cmの心電図を高感度の脳波計で測定すると1mになる

通常感度で一見、平坦に見えても



高感度にするとこんなになります



事前にフローチャートやチェックシートを作っておきましょう



ABRのモニタージョ。



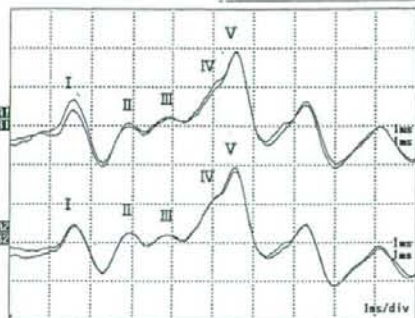
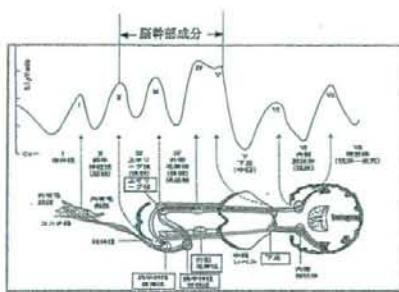
1ch:A1-Cz
2ch:A2-Cz
E:Fz

測定条件:感度 $10\mu\text{V/div}$
フィルタ帯域50-3,000Hz
加算回数4,000回
刺激強度15Hz

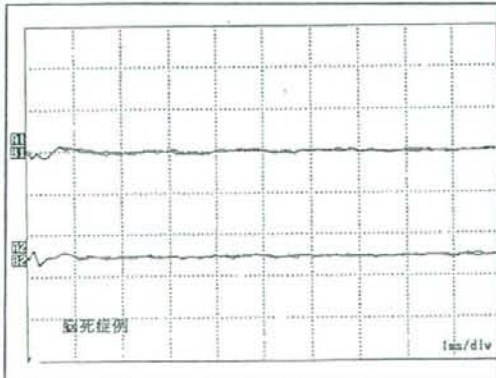
ABRの各波形の起源

- I波: 第8脳神経遠位部(末梢)
- II波: 蝸牛神経核または蝸牛神経近位部(延髄上部)
- III波: 上オリブ核または合形体(橋下部)
- IV波: 外側毛帯(橋上部)
- V波: 中脳下丘(中脳)

ABRの神経路



ABR正常波形



脳死症例

ABRに影響を与える因子

頭蓋内圧(ICP)30~40mmHgが10時間以上続くとILPは延長し始め、他にILPに影響を与えるものには、低体温(1°C 低下すること0.17m sec延長する)、年齢、音刺激の強さ・頻度などがある。

ABR所見でI~V波間潜時の極端な延長、III~V波の振幅低下や消失があると予後不良で植物状態か死に至るケースが多い。

予後評価では経時的に記録し比較することが大切であり、予後不良の判定は比較的容易であるが、予後良好の判定はABR単独では難しく脳波やSSEPなどの電気生理学検査や画像・脳循環などの他の検査結果を総合的に見て判定すべきである。

脳死下での臓器提供事例に係る検証会議

脳死下での臓器提供事例については、臓器移植が一般の医療として国民の間に定着するまでの暫定的措置として、厚生労働大臣より有識者に参集を求めて、脳死下での臓器提供に係る検証作業を行っています。
検証結果の公表については御遺族の了解をいただけたものは、公表しています。

第34例目の脳死下での臓器提供事例に係る検証結果に関する報告書より

第34例目の脳死下での臓器提供事例に係る検証結果

2.2. 臨床的脳死診断

2.2.1. 脳波

2月9日10:40から同11:10までの記録が行われた。電極配置は、国際10-20法のFp1、Fp2、C3、C4、T3、T4、O1、O2、A1、A2であり、単極導出(Fp1-A1、Fp2-A2、C3-A1、C4-A2、O1-A1、O2-A2、T3-A1、T4-A2)と双極導出(Fp1-C3、C3-O1、Fp2-C4、C4-O2)で記録されている。記録感度は標準(10 μ V/mm)と高感度(2 μ V/mm)、刺激としては呼名・疼痛刺激、心電図と眼球運動の同時モニターが行われている。心電図、静電・電磁誘導によるアーティファクトが重畳しているが、これらの判別は容易である。脳由来の波形を認めず、平坦脳波(BCI)に該当する。

第34例目の脳死下での臓器提供事例に係る検証結果

2.3. 法に基づく脳死判定

2.3.1. 脳波

第1回目は2月14日23:31から15日0:25まで、及び第2回目は2月15日8:15から同9:07まで、いずれも30分以上の記録が行われている。電極配置は、国際10-20法のFp1、Fp2、C3、C4、T3、T4、O1、O2、A1、A2であり、単極導出(Fp1-A1、Fp2-A2、C3-A1、C4-A2、O1-A1、O2-A2、T3-A2、T4-A1、A1-A2、Fp1-O1、Fp2-O2)と双極導出(Fp1-C3、Fp2-C4、C3-O1、C4-O2、Fp1-T3、Fp2-T4、T3-O1、T4-O2、A1-C3、C3-C4、C3-A2、T3-T4)で記録されている。第1回目、第2回目ともに記録感度は標準(10 μ V/mm)と高感度(2 μ V/mm)、刺激としては呼名・疼痛刺激、心電図と頭蓋骨導出による同時モニターが行われている。いずれにおいても心電図、静電・電磁誘導によるアーティファクトが重畳しているが、これらの判別は容易である。脳由来の波形を認めず、平坦脳波(BCI)に該当する。

第34例目の脳死下での臓器提供事例に係る検証結果

2.3.2. 聴性脳幹反応

第1回、第2回判定ともに行われている。
両耳刺激、最大音圧刺激(85dB)、電極配置(C2-A1、C2-A2)、加算回数1000回により記録され、いずれの記録においても反応を含む全ての波を識別できない。

第45例目の脳死下での臓器提供事例に係る検証結果に関する報告書より

第45例目の脳死下での臓器提供事例に係る検証結果

2.2. 臨床的脳死診断

2.2.1 脳波

平坦脳波に相当する(標準感度 $10 \mu\text{V/mm}$ 、高感度 $2 \mu\text{V/mm}$ のもとで記録)
3月24日20:00から同22:00まで、30分以上の記録が行われている。電極配置は、国際10-20法のFp1、Fp2、C3、C4、T3、T4、O1、O2、A1、A2であり、単極導出(Fp1-A1、Fp2-A2、C3-A1、C4-A2、T3-A1、T4-A2、O1-A1、O2-A2)と双極誘導(Fp1-C3、C3-O1、Fp2-C4、C4-O2、Fp1-T3、T3-O1、Fp2-T4、T4-O2)で記録されている。記録感度は標準($10 \mu\text{V/mm}$)と高感度($2 \mu\text{V/mm}$)で、時定数0.3秒、High cut filter 80Hz、交流遮断用filterを用いて行われている。心電図と頭蓋外導出モニターの同時記録が行われている。刺激としては呼名および顔面の痛み刺激が行われている。心電図の混入と考えられるものや一部静電誘導によるアーチファクトが重畳しているが、脳由来の波形を認めず、平坦脳波と判定している。

第45例目の脳死下での臓器提供事例に係る検証結果

2.3. 法に基づく脳死判定

2.3.1 脳波

平坦脳波に相当する(標準感度 $10 \mu\text{V/mm}$ 、高感度 $2 \mu\text{V/mm}$ のもとで記録)
第1回目は3月25日14:48から15:39まで、および第2回目は3月25日22:30から同23:15まで、いずれも30分以上の記録が行われている。電極配置は、国際10-20法のFp1、Fp2、C3、C4、T3、T4、O1、O2、A1、A2であり、単極導出(Fp1-A1、Fp2-A2、C3-A1、C4-A2、T3-A1、T4-A2、O1-A1、O2-A2)と双極誘導(Fp1-C3、C3-O1、Fp2-C4、C4-O2、Fp1-T3、T3-O1、Fp2-T4、T4-O2)で記録されている。第1回目、第2回目ともに記録感度は標準($10 \mu\text{V/mm}$)と高感度($2 \mu\text{V/mm}$)で、時定数0.3秒、High cut filter 30Hzで交流遮断用filterは使用せず、さらに心電図と頭蓋外導出モニターの同時記録が行われている。刺激としては呼名および顔面の痛み刺激が行われている。いずれにおいても心電図の混入と一部静電誘導によるアーチファクトが重畳しているが、これらの判別は容易である。脳由来の波形を認めず、平坦脳波に該当する。

第45例目の脳死下での臓器提供事例に係る検証結果

聴性脳幹反応について

第1回目・第2回目法的脳死判定のいずれにおいても、両耳刺激、最大音圧刺激105dB、加算回数2000回による記録が行われ、I波を含む全ての波を識別できず、無反応と判定できる。

脳死判定の脳波・ABRについて

脳死判定には3種類ある

- 一般的な脳死判定 → 心停止後臓器提供の場合
- 臨床的脳死判定 → 法的脳死判定の前検査の意味合いが大きく、法的判定と内容はほぼ変わらない
- 法的脳死判定 → 脳死下臓器提供を行うためには必須

脳死判定に一般に3種類あり、法的脳死判定では脳波の測定が義務づけられており臨床的脳死判定をいれると最低でも3回の脳波測定を行わなければなりません。

法的脳死判定マニュアルより

X 脳死判定の順序

[1]必要書面の確認

1)意思表示カード等、脳死の判定に従い、かつ臓器を提供する意思を示している本人の書面

2)脳死判定承諾書(家族がいない場合を除く)

3)臓器摘出承諾書(家族がいない場合を除く)

[2]前提条件の確認

[3]除外例の確認

[4]生命徴候の確認

[5]深昏睡の確認

[6]瞳孔散大、固定の確認

[7]脳幹反射消失の確認

[8]平坦脳波の確認

→聴性脳幹誘発反応消失の確認:必須条件ではないが行うことが望ましい。

→[6]、[7]、[8]の相互の順序は問わない。

[9]自発呼吸消失の確認(必ず[5]～[8]の確認の後に実施する)

[10]脳死判定記録の確認

1)脳死判定の的確実施の証明書(⇒参考資料4、本書P.215)

2)脳死判定記録書(⇒参考資料5、本書P.217)

3)脳死判定の検査結果について、診療録に記載し又は当該記録の写しを貼付する。

法的脳死判定マニュアルでは平坦脳波を「適正な技術水準を守って測定された脳波において、脳波計の内部雑音を越える脳由来の波がない脳波」と規定されており上記の様にある程度は測定するタイミングを動かせませんが測定をするため基本条件は以下のように決められています。

脳死判定脳波検査の基本条件

導出:最低4誘導・同時記録・単極及び双極

電極位置:10-20法・大脳を広くカバー(例えばFp1, Fp2, C3, C4,

O1, O2, T3, T4, A1, A2)

電極間距離:7cm以上

心電図の同時記録を行う

検査時間:30分以上の連続記録

脳波感度:50 μ V/20mm以上記録を含める→実際には高感度(2 μ V/mm)

時定数:0.3

フィルター:HCF Offまたは30Hz以上・交流遮断用ノッチフィルター使用可

電極間抵抗:100 Ω 以上10K Ω 以下

検査中の刺激:呼名・顔面への疼痛刺激

記録紙に記入すること:検査開始時刻と終了時刻、設定条件(感度・時定数・フィルター条件)、導出法、刺激の種類、ノイズの原因(心電図・筋電図・体動・脈波・振動・痛み刺激・人の動き・その他)

測定中に明かな脳波活動を認めた時は脳死判定を中止する。

そこでの測定で問題になるのがノイズの混入です、一般に脳波の通常感度は心電図の10倍であり高感度記録となるとその感度は実に心電図の50倍で仮に2cmのR波の心電図を脳波の高感度記録で採ると1mになる感度です。

当然、周辺機器の雑音や周りの人やカーテンなどの動きによる静電気までも拾ってしまう感度なのでノイズも入りやすくなるのでこれらを上手く除去しなくてはなりません、そのためには

1. 電極抵抗を下げてもさらに値も揃える
2. 医用機器をなるべく頭部から離してバッテリー駆動に出来るものはする
3. 電極コードを束ねて開口面積を小さくする

など、まだまだ数え上げれば切がありませんが実際的にはこれらを全てやっても場所によっては取り除けないノイズが入る事がありますので日頃から臨床的脳死の患者さんが発生した時に実際に検査をしてみてその場所のノイズの発生状況などを把握しておき、実際には法的脳死判定を行なう時に最適な場所や周辺機器を決めておく事です。

さて、実際の測定ですが法的脳死判定を行なうことになった場合、法的マニュアルに書かれている条件を見ながら1つ1つやって行くのは大変なので事前に各施設の条件にあったフローチャートやチェックシートを作っておき、それに沿って検査していくと良いでしょう

事前にフローチャートやチェックシートを作っておきましょう

例

