

## 遠隔支援による脳死判定補助ツールの開発

研究分担者 横堀 将司 日本医科大学大学院医学研究科救急医学分野 教授

研究協力者 渥美 生弘 聖隷浜松病院 救命救急センター長 救急・集中治療科部長

### 研究要旨：

我が国の脳死下臓器提供患者数は欧米と比較して少ない。施設における熟練した脳死判定医が少ないことが一因であると思われることから、我々は遠隔にて脳死判定を支援するツールの開発を試みた。マネキンを用い、脳死判定を行ったことがない医学生にウェアラブルカメラを装着させ、脳死判定に慣熟している施設の医師からリアルタイムの指導を受けながら、一連の脳死判定手順を確認させた。ポストアンケートにおいては、指導医師、および指導を受ける学生ともに、脳死判定に遠隔指導を受けることに意義を感じることができた（各々100%）が、細かい所見は遠隔で判断しにくいこと、カメラワークや画角、音声に改善の余地があること、家族の立ち合い等がある場合には困難であろうとの意見等も集約できた。今回の取り組みでは法的脳死判定の前段階の、いわゆる『脳死とされる状態』の確認のレベルでの導入に適している可能性が示唆された。

### A. 研究目的

我が国における脳死下臓器提供数は欧米諸国に比して少ない。これには様々な要因が考えられるが、脳死判定医など専門的知識を持つ医療者の不足が法的脳死判定の多寡に関わる可能性がある。また医師の働き方改革による労働時間制限から、on the job trainingによる研鑽の場も失われる可能性がある。脳死判定医の育成支援は対応すべき課題である。

我々は、脳死判定の際に遠隔で判定医を支援するツールを開発することを目指し、本パイロット研究を行った。

### B. 研究方法

マネキンを模擬病棟に置き、まず患者全体を撮影できるカメラをセットアップする。遠隔通信には株式会社アルムの医療関係者間コミュニケーションアプリJoinおよびその脳波ビューワーであるJoin EEGを用いた。さらに簡易脳波を測定し遠隔で転送するための機器（テレメトリ式脳波計 EEGヘッドセット AE-120Aおよび脳波計 EEG-1200シリーズ ニューロファックス EEG-1260 Next）を用いた（図1－3）。

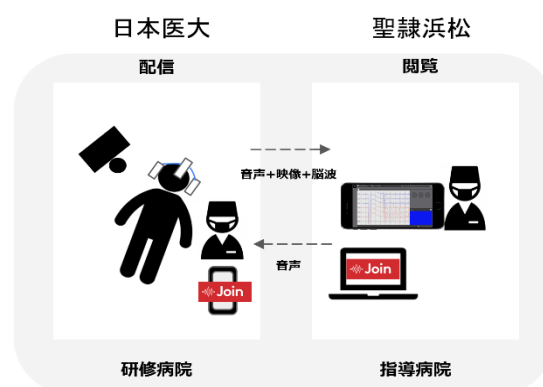
図1：実際のシステム映像



図2：テレメトリ式脳波計 EEGヘッドセット AE-120A（日本光電工業株式会社製）



図3：システム概要



日本医科大学（東京都文京区）医学部学生4名のうち1名を主判定医とし、ヘッドマウントディスプレイ型カメラ（VUZIX M400スマートグラス）を装着させ、一連の脳死判定手順を模擬的に遂行させた。

また、遠隔にて聖隷浜松病院（静岡県浜松市）救急・集中治療科と連携し、研究協力者である渥美 生弘 聖隷浜松病院 救命救急センター長 救急・集中治療科部長に脳死判定の指導医を依頼した。

一連のシミュレーション終了後に、指導者（聖隷浜松病院）側、および学生側に下記アンケートを施行し、それぞれ集計した。

（指導者側）

1. 脳死判定を遠隔で指導することの意義はあったと感じましたか？
2. 上記の理由は？
3. 改善すべき点は？
4. 良かったところは？

（判定医側、学生）

1. 脳死判定の手順はよくわかりましたか？
2. 脳死判定を行う自信はつきましたか？
3. 遠隔で脳死判定することは有効だと思いますか？
4. 上記の理由は？

### C. 研究結果

#### ①実証の状況について

本実証研究において、おおむねコミュニケーションが可能である通信状態が得られたが、ポケットWi-Fiを用いたために、一部音声が高くなり、画像が遅れる事象が見られたが、画面がフリーズしてしまう等、実証を中断せざるを得ない場面はなかった（図4）。



図4：聖隷浜松病院からの遠隔指導を受けつつカリクテストを行う学生

#### ②アンケート結果（指導者側）

一連のシミュレーション終了後に指導者側である聖隷浜松病院の医療者7名より聞き取り調査を行った結果は以下の通りである。

1. 脳死判定を遠隔で指導することの意義はあったと感じましたか？  
ある：100%（7名）  
ない：0%（0名）  
どちらともいえない：0%（0名）

#### 2. 上記の理由は？

- ・手順や、注意点をアドバイスできる
- ・サポート的な役割を果たすことが出来ると思う。
- ・現地で判定している様子を見ながら、リアルタイムで助言できることは有用であると感じる。
- ・不慣れな際に、確認することで、安心安全に判定をすることができる。
- ・経験の少ない施設に対し、具体的に判定のポイントを指示することで、現場で安心して判定ができる。また、提供目的の搬送などが実現する

にあたり、的確な患者情報の把握ができると思われる。

- ・病院によっては脳死判定はなかなか経験できないことなので、指導者がわざわざ来なくてもアドバイスできる点はよいと思う。
- ・脳波の判読については有効だと思う。また、教育的な観点では、有効なツールだと思う。

#### 3. 改善すべき点は？

- ・所見までは確認することは出来ない。
- ・脳波を常時接続する必要はない。
- ・脳死判定マニュアルを供覧しながら出来るとうい。
- ・チェックリストもリアルタイムで共有できると良い。
- ・全体観察カメラの位置を調整できると良い（足元から）。
- ・カメラワーク、画角、音声に改善の余地有り
- ・瞳孔や眼振などの所見が遠隔でも確認できるとよりよいと思う。
- ・接続が悪いとラグや音声の乱れ、細かいところが見えないということがある。
- ・ネットワーク環境によるトラブルがないようにすべきである。
- ・手元の手技や患者さんの状態などよりはっきり分かるとういと思う。
- ・もし、実際の判定で使用する場合、映像の見にくさなどは改善の必要があると感じる。
- ・実際にご家族の立会がある場合は、使用は難しいと思う。

#### 4. 良かったところは？

- ・術者が何をしようとしていたのかは確認できた。
- ・はっきり話してもらえると、周囲の声も拾うことが出来ていた。
- ・ピットフォールをその都度示すことが出来る。
- ・実施している内容を口頭で確認し合うことでより確実な判定に繋がると感じた。
- ・リアルタイムでコミュニケーションできる。
- ・注意点など伝えながら実施することができる
- ・途切れる部分や遅延もあったが、音声はしっかり聞こえていた。
- ・現状では、法的脳死判定は手続きの遵守が求められるので、その点は経験のある施設からレクチャーしてもらえるのは、有効であると感じる。
- ・脳波測定の判読に不安を感じている施設も多いので、その点は有効活用が可能かと思う。

#### ③アンケート結果（判定医側、学生）

同様の聞き取りを学生4名に施行した結果は以下の通りである（図5）。

（判定医側、学生）

1. 脳死判定の手順はよくわかりましたか？  
わかった：100%（4名）  
わからなかった：0%（0名）  
どちらともいえない：0%（0名）
2. 脳死判定を行う自信はつきましたか？  
自信がついた：75%（3名）

全然つかなかった：0 %（0名）  
どちらともいえない：25 %（1名）

3. 遠隔で脳死判定することは有効だと思いますか？

有効だと思う：50 %（2名）  
有効だと思わない：0 %（0名）  
どちらともいえない：50 %（2名）

4. 上記の理由は？

（どちらともいえないと答えた学生からの意見）

- ・現時点での解像度では遠隔での判断は難しいと感じたから。
- ・細かい反射を見ることができていない。

#### D. 考察

今回の実証研究において、脳死判定を教える側、教えられる側、ともに全員が遠隔支援の意義を感じた、あるいは手順がよく分かったと答えていた。

特に、カロリックテスト等の脳幹反射の診察法をまったく知らなかった学生が「手順を知ることができ」と答えたのは意義が大きいと思われる。同様に学生の多くが「自信がついた」と回答したのも印象深かった。

一方、反射の細かい所見はウェアラブルカメラでも把握しにくいことが問題であり、多くの参加者からも指摘を受けたことも大きな成果であった。

また、今回用いられたEEGヘッドセットについての技術的な問題点も存在する。例えば我が国の脳死判定マニュアルにおける脳波測定の要件として、脳波記録と共に心電図の同時記録を行うことが必要とされているが、今回用いた脳波計は心電図を同時に測定することができないものである。また、マニュアルでは電極間距離各電極の電極間距離は7cm以上（乳児では5cm以上）が望ましいとしているが、今回の用いたEEGヘッドセットでは、電極間距離はおおよそ6cm程度であり、この点においても現行のマニュアルの記載とは解離がある。さらに脳波計の感度は標準感度 $10\mu\text{V/mm}$ （またはこれよりも高い感度）に加え、高感度 $2.5\mu\text{V/mm}$ （またはこれよりも高い感度）の記録を脳波検査中に必ず行うとされているが、今回用いたEEGヘッドセットの設定しうる感度は $5\sim 200\mu\text{V/mm}$ であり法的脳死判定に使用するためにはこの点を改善させる必要がある。またサンプリング周波数は500Hz以上が望ましいとされているが、今回使用したEEGヘッドセットのサンプリング周波数は200Hzであり、法的脳死判定の支援のためには、この点も同様に改善が必要である。

総じて、法的脳死判定を前提とした場合の機械の特性による制限や詳細な陽性所見の共有は難しいことから、今回のシステムを法的脳死判定に使用することには依然、改善すべき点が多い。

一方、現状のシステムにおいては、いわゆる「脳死とされうる状態」の確認、あるいは不可逆的脳障害の疑いがあるか、の確認としては有効であると思われる。

#### E. 結論

わが国における脳死判定の阻害因子の一つにマンパワーの欠如がある。日本救急医学会 脳死・臓器組織移植に関する委員会の2022年の報告によると<sup>1)</sup>、219施設の回答のうち、臓器提供の可能性がある患者を転院させたい、と答えた施設は約20%に及び、脳死判定医の不足、施設設備や手術室の問題、脳死とされうる状態の判断の医療コストが問題であるという回答が得られており、医療機関での連携と脳死判定医の派遣に関わる連携の強化の必要性、脳死判定医の育成が強調されている。

我が国の脳死下臓器提供の問題において、法的脳死判定の前段となる、脳死とされうる状態の確認をエキスパートの病院が支援することで、さらなるポテンシャルドナーの増加に至る可能性があると考えられるため、さらなる研究を推進する必要がある。

#### F. 健康危険情報

（分担研究報告書には記入せずに、総括研究報告書にまとめて記入）  
なし

#### G. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

（予定を含む。）

1. 特許取得  
なし
2. 実用新案登録  
なし
3. その他  
なし

#### 【参考文献】

- 1) 横堀将司ら 脳死下臓器提供におけるアンケート調査 脳死判定を目的とした転院搬送の考察をふまえて日救急医学会誌. 2022; 33: 421-35.