

現在の脳死判定基準で脳死判定が困難な事例における脳死判定代替法の確立に向けた研究

研究代表者 横田 裕行 日本体育大学大学院保健医療学研究科 研究科長、教授

**研究要旨：**

法的脳死判定の際に使用される現在の脳死判定基準では、眼球損傷、聴覚障害、頸髄損傷を有する場合は、脳幹反射が評価できないために脳死判定ができず、その結果として臓器提供の意思があっても脳死下臓器提供ができない。このような場合、海外では脳血流や誘発電位等の補助検査を利用して脳死判定を行っている。本研究では、現在の脳死判定基準では脳死診断ができない上記のような病態や無呼吸テストが施行できない体外式膜型人工肺（ECMO）が装着されている場合であっても、脳死判定を可能とし、患者や家族の脳死下臓器提供への意思を反映できる手法を検討することを目的とした。脳死判定のゴールドスタンダードと言われる脳血流停止を画像診断上確認できれば、上記のような病態であっても脳死判定が可能であり、本邦においてはどのような画像診断が適切か、また脳幹機能消失の評価を電機生理学的に確認する誘発電位は脳死判定の補助検査としてどのように位置づけられるかを検討した。さらに、ECMO 装着例で現在の脳死判定基準では自発呼吸消失の評価ができない症例でも、脳死判定が可能となるような手法を提示することとした。検討の結果、現在の脳死判定基準では脳死診断ができない上記のような病態であっても、補助検査を行う前には通常の臨床検査を可能な限り行うことが前提として、脳血流停止の評価や誘発電位を補助検査として使用することで、脳死の判定が可能であると結論した。画像診断で脳血流の停止を評価する方法として5類型施設を対象とした調査ではCTAが最も適切とされ、次いでCTA+CTP、MRAであったが、高磁場で行うMRAでは実際の検査は困難であると考えられた。誘発電位では聴性脳幹反応（ABR）と体性感覚誘発電位（SEP）を当時に行うことで、脳幹反射の補助検査として代替可能であることが示された。また、ECMO 装着下であっても、今回の研究で示した方法によって自発呼吸消失の確認が可能であると考えられた。

**研究分担者（順不同）**

宮本 享 京都大学医学部附属病院  
病院長  
小笠原邦昭 岩手医科大学脳神経外科学  
教授  
黒田 泰弘 香川大学医学部救急災害医学  
講座 教授  
園生 雅弘 帝京大学医学部神経内科学講座  
主任教授  
荒木 尚 埼玉医科大学医学部 教授  
内藤 宏道 岡山大学病院救命救急科  
准教授

種市 尋宙 富山大学学術研究部医学系  
小児科学 講師  
横堀 将司 日本医科大学大学院医学研究科  
教授

**研究協力者（順不同）**

佐々木真理 岩手医科大学超高磁場MRI診  
断・病態研究部門 教授  
畑澤 順 大阪大学核物理研究センター  
特任教授  
畑中 裕己 帝京大学医学部神経内科学講座  
准教授

## A. 研究目的

改正臓器移植法が施行されて13年になり、新型コロナウイルス感染拡大の中で脳死下臓器提供数は一時的に減少したが、全体的な傾向としては徐々に増加している。しかし、その数は年間100例に及ばず、欧米諸国に比較すると依然として極めて少ない。その理由は脳死下臓器提供が可能な施設である5類型と言われる医療施設側の体制整備の課題も存在するが、法的脳死判定自体の課題、すなわち眼球損傷、聴覚障害、頸髄損傷などで脳幹反射が評価できないために脳死下臓器提供ができない例が少なからず存在することも指摘されている。また、そのような場合であっても法的脳死判定が可能であれば、脳死下臓器提供数は増加するとの報告もある（平成14年度ヒトゲノム・再生医療等研究事業研究班報告）。

このような場合、海外では補助検査を利用して脳幹反射の代替を行うが、本邦ではそのような対応はとられていない。そこで本研究では、現在の脳死判定基準では脳死診断ができない、例えば眼球損傷、聴覚障害、頸髄損傷症例や無呼吸テストが施行できない体外式膜型人工肺（ECMO、Extra-Corporeal Membrane Oxygenation）装着症例でも脳死が確認でき、患者や家族の脳死下臓器提供への意思を反映できる代替的な手法を検討することを目的とした。すなわち、本研究は脳死下臓器提供への本人の生前意思や家族の意思を実現し、結果的に脳死下臓器提供が増加することに資するものである。

## B. 研究方法

本研究では①画像診断としての脳血流評

価の検討、②電気生理学的な検討、③ECMO装着例での無呼吸テストの検討、④小児例での検討を行うこととした。検討方法はこれらの課題に関して専門的な検討を行うため、前述のような研究分担者と研究協力者の研究体制を組織して検討を行った。また、それぞれの研究班体制の進捗状況や研究結果を確認するために研究代表者である横田裕行が担当して班会議を行った。

### ① 画像診断での脳血流評価からの検討 （宮本、小笠原、横堀）

上記3名の分担研究者に加えて、脳血流の専門家である岩手医科大学歯歯薬総合研究所超高磁場MRI診断・病態研究部門佐々木真理教授、大阪大学免疫学フロンティア研究センター 畑澤順特任教授に研究協力者として加わって頂き、検討を行った。

脳血流測定の方法は様々存在するが、海外ではこれらの方法を使用した脳死判定が既に行われており、それぞれの測定法で補助検査としての脳血流、すなわち脳血流停止の判断が確立されている。したがって、本研究班では様々に存在する脳血流測定で、脳血流停止と判断される所見を文献的考察で呈示することではなく、本邦で法的脳死判定を行う場合に補助検査として脳血流評価を行う場合は、どのような測定方法を選択すべきかという視点で検討を行うこととした。

そのため、脳死判定における補助的画像検査の選択について、脳死下臓器提供にかかわる5類型施設（大学附属病院長宛：82病院、日本救急医学会指導医指定施設：144施設、および救命救急センター：295施設、日本脳神経外科学会基幹施設又は連

携施設：858 施設、日本小児施設総合医療施設協議会会員施設：38 施設）を対象にアンケートを行った。そのため、厚生労働省健康局難病対策課移植医療対策推進室長名で5 類型施設に関連する日本脳神経外科学会理事長、日本救急医学会代表理事宛てにアンケートへの協力要請の文書、および合わせて本研究班から五類型施設長あてのアンケート協力依頼の文書を送付した（資料1）。

アンケートはインターネットを用いて電子的質問紙の URL (QR コード) を送付、あるいは FAX による回答とした。なお、質問紙の内容は以下に記す。・メールアドレス・施設名・都道府県・回答者・5 類型区分・現状、脳死判定の脳血流補助検査として施行可能である画像検査（複数選択可）：以下の8 つから選択することとした。すなわち、脳死判定の脳血流補助検査として施行可能である画像検査（複数選択可）を以下の8 つから選択するもので、選択肢は①カテーテルを用いた脳血管撮影：(4 vessels DSA) ②CT アンギオグラフィ (CTA) ③CT 灌流画像 (CTP) ④MR アンギオグラフィ (MRA) ⑤MR 灌流画像 (MRP) ⑥SPECT (123I-IMP) ⑦SPECT (99mTc-HMPAO) ⑧SPECT (99mTc-ECD) とした。また、上記が全て検査可能とした場合には脳死判定の補助検査としてどの検査が優先されるかという設問とした。

## ② 電気生理学的手法での検討 (園生)

脳血流班と同様に関連学会（日本脳神経外科学会、日本救急医学会）の協力を頂き、脳死判定における補助検査としての誘発電位の信頼性や普及性を考慮した場合、

補助検査としてどのような種類の誘発電位が適切であるかに関するアンケート調査を実施した。

アンケート調査は2023年1月に「法的脳死判定における誘発電位検査に係わる調査」を5 類型施設対象に行なった。アンケート内容としては、各施設において、ABR、および、SEP を脳死判定に活用した実績（脳死とされ得る状態の診断も含む）があるか、施行可能だが脳死判定に活用した実績はないか、施行は困難かを尋ねた。SEP については、SEP 施行可能と答えた施設に対して、脳死判定で評価すべき電位を理解しての記録・評価が可能かについても尋ねた。

さらに、自施設データの再検討を行った。具体的には2003年に報告している非脳死昏睡ないし脳死状態の患者での SEP/ABR・脳幹反射のデータについて、再検討を行なった。また、文献的検討では PubMed において” brain death” , “somatosensory evoked” , “auditory brainstem” などをキーワードとして文献検索を行ない誘発電位の脳死判定における有用性について検討した。

## ③ ECMO 装着例での無呼吸テストの検討 (黒田、内藤)

現状では ECMO 装着症例は通常は無呼吸テストでの評価ができないので、本邦の脳死判定基準では自発呼吸消失の判断は困難である。ECMO 装着症例は海外ではポンプフローを低下させて動脈血液中の二酸化炭素分圧を上昇させて、自発呼吸の有無を評価するが、本邦においてもそれが可能であるか、臨床上の課題はないか等々の検討を

行った。

#### ④ 小児例での検討（荒木、種市）

##### （ア）脳血流の視点から（荒木）

小児脳死判定における補助検査としての脳血流画像診断の位置づけを検討するために、過去の論文から検討することとした。検討項目としての①最新の画像診断機器から CBF/CBV 測定パラメータを決定し、成長や脳局所に伴う小児脳血流の変化、② CTA/CTP による脳死診断のための撮像方法、③小児の脳死診断における CTA/CT の位置付けとした。

##### （イ）誘発電位の視点から（種市）

法的脳死判定で「検査することが望ましい」という位置づけがされている聴性脳幹反応（ABR）が、小児脳死判定の際の補助検査としての位置づけを検討するため、過去に行われた 70 例の小児法的脳死判定事例を後方視的に検討した。

### C. 研究結果

#### ① 画像診断での脳血流評価からの検討

##### （宮本、小笠原、横堀）

5 類型施設（大学附属病院長宛：82 病院、日本救急医学会指導医指定施設：144 施設、および救命救急センター：295 施設、日本脳神経外科学会基幹施設又は連携施設：858 施設、日本小児施設総合医療施設協議会会員施設：38 施設）を対象にアンケートを行い、360 施設より回答を得た。

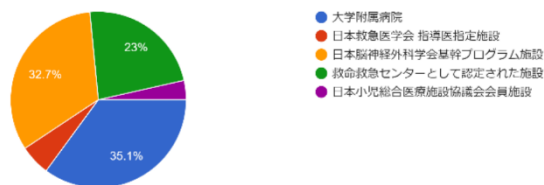


図 1：回答における 5 類型施設の割合

回答における 5 類型施設は大学附属病院：119 施設（35.1%） 日本救急医学会指導医指定施設：19 施設（5.6%） 日本脳神経外科学会基幹プログラム施設：111 施設（32.7%） 救命救急センター：78 施設（23.0%） 日本小児総合医療施設協議会会員施設：12 施設（3.5%）であった（図 1）。

また、施設において現状、脳死判定の脳血流補助検査として施行可能であるものはどれか、という質問に対しては、CT アンギオグラフィ（CTA）が 352 施設（98.3%）、次いで MR アンギオグラフィ（MRA）が 309 施設（86.3%）と回答した（図 2）。

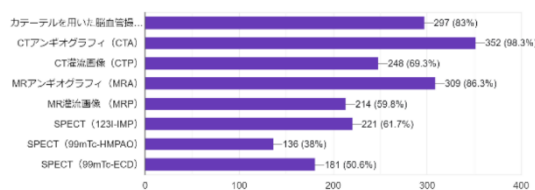


図 2：

施設において現状、脳死判定の脳血流補助検査として施行可能であるモダリティ（複数回答可）

また、各施設において脳死判定の補助検査を選択する順位については、CTA が第一選択として最も多く（180 施設）、次いで CTA+CTP（CTP：132 施設）、MRA（39 施設）が続いた。また第 2 選択について

も、CTP、CTA、あるいはCTA+CTPなどのCT関連のモダリティが多かった。一方、SPECTあるいは脳血管撮影は選択する順位は低かった。第一選択で各モダリティを選択した理由についての記載は以下の如くであった。(カッコ内は回答者数)

・脳血管撮影：実際の脳血行動態の観察が可能、鋭敏、明瞭である(11)、呼吸器装着中など、集中治療管理を継続しつつ施行可能(4)、エビデンスの高さ、報告の多さ(2)、緊急で施行可能(1)。CTA：簡便にできるため、慣れている、安全性が高い、短時間(135)、MRIと異なり人工呼吸下、シリンジポンプ使用下でも施行可能(20)、ICUからの動線がよい

(8)、24時間撮影が可能(3) 実際の血行動態を反映している(2) 医療費の問題(1)。・CTA+CTP：簡便にできるため、慣れている、安全性が高い、短時間、低侵襲(45)、MRIと異なり人工呼吸下、シリンジポンプ使用下でも施行可能

(17) CTA+CTPが最も情報が多く同時施行が可能(4)、ICUからの動線がよい

(3) 24時間撮影が可能(3)、医療費の問題(2) 実際の血行動態を反映している

(1)。MRA：簡便にできるため、慣れている、安全性が高い、短時間、低侵襲

(34)、信頼性が高い(2)、造影剤やアイソトープが不要で費用が安い(2)。・MRP：最も簡易に施行できる(4)。・MRA+MRP：患者負担が少ないため、最も低侵襲(5) 今までの実績(2) MRIでのT2WIやFLAIR画像も参考になるため(1) 重症患者でも安定して施行できる(1) 24時間いつでも施行可能(1)。・SPECT：安全性、非侵襲性(7)、信頼性、適格性

(6)であった。

このように5類型すべての施設からの検討で、CTAを第一選択とする意見が最多であった。また、CTAを選択した施設はほぼ半数の施設において、補助検査でCTAを第一選択のモダリティとする結果であった。以上、脳死の補助検査として、CTAを第一選択として選択した施設・大学附属病院：62施設(52.5%)・日本救急医学会指導医指定施設および救命センター59施設(60.2%)・日本脳神経外科学会基幹プログラム施設：50施設(44.2%)・日本小児総合医療施設協議会会員施設：7施設(58.3%)であった。

## ② 電気生理学的手法での検討(園生)

### (ア) アンケート調査

47都道府県の249施設から回答を得た。その5類型における内訳は、大学附属病院：75施設(30%)、日本救急医学会指導医指定施設：26施設(10%)、日本脳神経外科学会基幹プログラム施設：75施設(30%)、救命救急センター認定施設：69施設(28%)、日本小児総合医療施設協議会会員施設：4施設(2%)であった。

ABR、SEPそれぞれについてのアンケート結果を図3に示した。

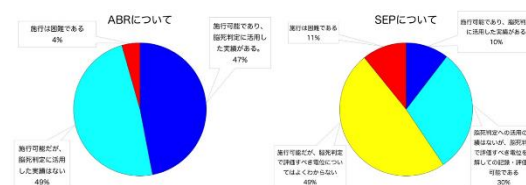


図3：アンケート結果

ABRについては、96%の施設で施行可能で、うち約半数は脳死判定への活用実績が

あった。これに対し SEP では、脳死判定への活用実績がある施設は 10%にとどまったが、施行可能と答えたのは合計 89%であった。しかし、施行可能ではあるが、脳死判定で評価すべき電位についてはよくわからないとの答えが全体の 49%に達した。

#### (イ) 自施設データの再検討

重篤な意識障害 101 例の、非脳死昏睡 67 記録、脳死状態 53 記録での SEP、ABR の結果から、SEP の N18 消失は脳死診断における感度 100%、特異度 82%という高い有用性を示した。耳朶基準電極での P13/14 消失も感度 96%、特異度 87%、ABRⅢ波以降の消失は感度 100%、特異度 78%、誘発電位すべての総合では感度 96%、特異度 93%であった。なお、ABRⅡ波は脳死例でも 5 記録 (9%) で残存していた。

臨床的脳幹反射消失は、非脳死の診断感度は当然全て 100% (脳幹反射が残存しているとは脳死と診断されない) だが、特異度は最も高い咳反射でも 74%、いずれかの脳幹反射としても 79%であった。即ち、非脳死症例の中でも 21%では脳幹反射すべてが消失していた。非脳死例についての脳幹反射と誘発電位所見は、いずれの脳幹反射についてもその保持例において、誘発電位両者消失例は見られなかった。SEP と ABR に分けた場合、ABR については咳反射保持の 5 例、咽頭反射保持の 4 例でⅢ波以降消失の脳死と区別できない所見を呈した。

#### ③ ECMO 装着例での無呼吸テストの検討 (黒田、内藤)

ECMO 装着下では自発呼吸消失の確認 (無呼吸テスト) を行う際には、PaCO<sub>2</sub> レベルは ECMO の二酸化炭素除去量に依存す

るため、無呼吸テスト施行時に呼吸器の停止と同時に、ECMO sweep ガス流量の減量が必要であり、その詳細を報告書にまとめた (資料 2)。

#### ④ 小児例での検討 (荒木、種市)

##### (ア) 脳血流の視点から (荒木)

小児脳死判定における脳血流の位置づけを過去の論文から検討し、最新の画像診断機器から CBF/CBV 測定パラメータを決定し、成長や脳局所に伴う小児脳血流の変化について検討した。また、CTA/CTP による脳死診断のための撮像方法を渉猟し、小児の脳死診断における CTA/CTP について検討した。

それらの結果、SPECT 評価による脳血流で ASL は脳虚血の病態に使用すべきではないので、脳死の補助診断として脳血流の評価には ASL は適切ではないとされた。すなわち、脳腫瘍やてんかんなどの頸動脈の血流が本来正常であった病態ではよいが、脳主幹動脈に異常がある、すなわち脳血流停止が想定される場合には適応されるべきではないので、使用すべきでないと結論された。

##### (イ) 誘発電位の視点から (種市)

過去、70 例の小児法的脳死判定の中で 2 例が臓器提供のプロセスに課題があったので、後方視的に検討した。1 例目は ABR のⅡ波が長期にわたり消失せず、約 10 か月後にⅡ波が消失し、脳死下臓器提供に至った症例である。2 例目は同様にⅡ波の消失を 8 日目に確認した症例である。過去の報告においても脳波が平坦化しても ABR のⅡ波が残存する場合がある。現在の法的脳死判定記録書や医学的検証フォーマットの

ABR の項目には「① I 波のみ」、「② I～V 波すべて消失」、「③その他」になっており、修正する必要も含めて検討する必要が示された。

#### D. 考察

本邦における脳死の判定には昭和60年に作成されたいわゆる竹内基準が使用されており、平成22年7月に施行された改正臓器移植法でも同基準で法的脳死判定を行うことになっている。しかしながら、同基準では判定不可能な症例が臨床現場では少なからず存在する。例えば、重症頭部外傷で眼球損傷を有する症例や頸椎・頸髄損傷例、あるいは疾病等で高度の視覚障害を有する場合は脳死判定の必須項目である脳幹反射を評価することができず、またECMO装着症例では現在の無呼吸テストでの評価が困難であることから法的脳死判定を行うことができない。したがって、このような症例が脳死状態に至った際には脳死下臓器提供への生前意思が明らかで、家族が臓器提供を承諾している場合でも、法的脳死判定ができないが故に、それらの意思を有効に生かせず、脳死下臓器提供はされないのが現状である。これら患者の生前意思を実現できないことは「臓器の移植にかかわる法律」第二条（基本理念）にも反することになる。ちなみに、平成11年厚生省厚生科学研究費特別研究事業「脳死判定上の疑義解釈に関する研究（竹内一夫班長）」では、脳死判定における電気生理学的検査に関して、補助検査としての意義は認めているが、現在の脳死判定には使用されていない。上記のような症例においても脳死判定が可能となれば脳死下臓器提供数は約3割

増加すると言われており（平成14年度ヒトゲノム・再生医療等研究事業研究班報告書）おり、上記のような病態で法的脳死判定ができない場合でも、補助検査を用いることで法的脳死判定が可能となることが既に述べられている。

#### ① 画像診断での脳血流評価からの検討

最新のエキスパートコンセンサスの中では、脳血管撮影、DSA や TCD などの補助検査で脳血流が示された場合には、脳死と判定しないよう推奨している。現在、海外では脳循環停止（cerebral circulatory arrest : CCA）の確認は脳死診断のためのスタンダードという位置づけで、コンセンサスの中では脳血管造影を補助検査の標準的基準とするように提案されている。脳血管撮影はそのほかの脳血流補助検査の精度を検証する研究における比較対象として利用できるものであるとの記載もある。

また、補助検査は次の場合に行うべきとされている ①無呼吸テストを含めて、必要最小限の臨床検査の全てを完了できない場合、②解消できない交絡因子がある場合、すなわち特定の薬物の使用、代謝異常、心肺機能の不安定性により脳死判定や臨床的評価自体の確実性が乏しい場合、脊髄反射と確実に診断できない動きがある場合や脊髄を介した運動評価判定が確実に行えない場合とされている。また、上記に該当する状況にあっても、補助検査を行う前には通常の臨床検査を可能な限り完遂するよう推奨している。また、患者家族に対して脳死の病態の理解を促すために補助検査を利用し、病態を可視化して、より詳細かつ分かりやすい説明を行うことも提案されている。

わが国の脳死判定における歴史においては、1974年に日本脳波学会が脳および脳幹の不可逆的機能停止をもって脳死とした脳死判定基準を作成した。その後、1985年に現在も使用されている厚生省(当時)「脳死に関する研究班」から脳死判定基準(いわゆる、竹内基準)が公表された。その後、原疾患を脳の急性一次性粗大病変に限定し、①深昏睡、②両側瞳孔散大、対光反射および角膜反射の消失、③自発呼吸停止、④平坦脳波、⑤上記①～④を満たし、さらに6時間後まで継続的にこれらの条件を満たされていることとした。同時に脳血管造影上の脳循環停止を参考条件として記載している。一方、わが国における法的脳死判定では必須とされている脳波検査ではあるが、世界的には、脳死判定において脳波検査を要する国は70か国中22か国に過ぎない。また最新のコンセンサスにおいては、脳波など電気生理学的検査をルーチンで用いないよう提案されており、この点について、わが国の基準と国際コンセンサスの間にはギャップがあるといえる。世界的には前述の如く、脳循環停止の証明を脳死判定の基準としている報告が多く、今後わが国においても脳血流評価はその重要性が増すと思われる。

このように脳血流の完全なる停止が画像的に確認できることで脳死と診断できるという考え方は国際的なスタンダードとなっている。今後、脳死判定の補助検査においても脳血流検査が主流となる可能性がある。しかしSPECTやTCD、CTA、MRAは広く普及しつつあるものの、核医学的手法を用いる手法や臨床データの集積が不十分であるなど解決すべき課題も多い。今回の

アンケート調査の結果では、感度・特異度が高く、世界的にも多く施行されてきた脳血管撮影(DSA)を標準的補助検査として位置付けることが妥当と考えられた。しかし、わが国の実地医療においてはCTやCTA、MRAなどの検査モダリティのほうが選択しやすいことも明確となった。わが国におけるCTやMRIの普及率は高い。2018年のOCEDのデータによると、わが国のCT、MRI保有率は人口100万人当たり112台、および55台と世界でも類を見ない高い普及率である。これはOECD加盟35か国平均を大きく上回る。この結果にもあるように、わが国における普及率の高さと、低侵襲性、安全性、脳血流評価における信頼性が、脳死判定補助診断の選択としてCTAを選択させたものと思われる。

## ② 電気生理学的手法での検討

### (ア) 脳死判定における電気生理学的検査の位置付けについて

誘発電位は薬物などに影響されにくいということに加えて、臨床的脳幹反射は、入力→中枢→出力の3つが必要だが、誘発電位は、入力→中枢の2つだけでよいので、出力の障害された状況でも評価できるという利点を有する。誘発電位が臨床的脳幹反射よりも残存脳幹機能検出における感度が高いことに対応しているものと考えられる。

ちなみに、前記の近年の脳死判定基準の国際標準化の試みにおいて、前述のように脳波は不要ということが主張されている。しかしこれは全脳死の定義からして不合理である。すなわち、脳が機能しているか否かを臨床的に判定するという事は、反応



＝運動性出力で判定するという事となるが、これは感覚を観測者が臨床的に観察することはできないためである。ここで、すべての運動性出力は脳幹を経由するので、脳死でなくても脳幹が障害されれば運動性出力の手段が絶たれてしまい、大脳の生死は臨床的に判断できなくなる。従って、大脳皮質機能を直接観察する脳波は全脳死の定義から必須であって、その省略を主張する米国を中心とする国際的潮流の方が間違っているとも考えられる。とりわけ脳死についての国民的コンセンサスが得られるまで長い議論があり、かつ脳波のような検査機器が十分に普及していて、国民のそれへの信頼度も高い日本においては、脳波の省略は議論すべき段階ではないと考えるものである。

#### (イ) 誘発電位による脳死判定の代替の可能性について

SEP/ABR の脳死判定における有用性は過去の報告で十分に示されている。自施設データで示された、いずれかの脳幹反射が保たれている例ではすべて SEP/ABR のいずれか、ないし両者の脳幹成分が保たれていた事実は重要であり、いずれかの脳幹反射が観察不能であっても、誘発電位を記録すれば脳幹機能残存を見逃すことはないことを示唆し、誘発電位が脳幹反射観察不能の場合の脳幹機能検出の代替法として用いることが正当化されることを意味している。なお、ABR のみでは、延髄が中枢である咳反射、咽頭反射残存例で ABR 脳幹成分が消失しているケースが見られたので、この目的のためには ABR と SEP の両者の消失を確認すべきと考えるものである。

SEP の N18 電位と耳朶基準 P13/14 電位

は延髄機能を客観的に評価できる手段として有用であり、その施行を義務付ける必要はないが、無呼吸テスト前に延髄機能消失を確認して無呼吸テストを安心して施行できるようにするために、主に脳死となりうる状態における補助検査としての施行を推奨することは、考慮されてもよいと考えられる。

また、前述の小児例で問題となった ABR II 波については、末梢神経の成分も含まれるため、II 波のみの残存、特に 1 波の下行脚上のノッチ様の 2 波の残存については、脳死を否定する根拠と考える必要はないと考えている。

さらに、今回のアンケートから、返答のあった施設のうち、ABR は 9 割以上、SEP でも 9 割近くで施行可能であることが示された。ただし SEP については、評価すべき電位を理解している施設は半分以下であり、脳死判定での SEP の有用性自体が十分に理解されておらず、その記録法も十分に修得されていない現状も明らかとなった。SEP を上記の目的で脳幹反射の代替として用いるためには、SEP 検査法についての十分な講習などが必要と考えられる。

#### ③ ECMO 装着例での無呼吸テスト

ECMO(体外式膜型人工肺)装着下でも法的脳死判定は可能である。ECMO 装着下では自発呼吸消失の確認(無呼吸テスト)を行う際に、PaCO<sub>2</sub> レベルは ECMO の二酸化炭素除去量に依存するため、無呼吸テスト施行時に、呼吸器の停止と同時に、ECMO sweep ガス流量の減量が必要であり、その詳細を報告書案(資料 2)にまとめた。

また、V-V ECMO と V-A ECMO で対応の相

違についても記載した。

#### ④ 小児例での検討

##### (ア) 脳血流の視点から

小児脳死判定における脳血流の位置づけを過去の論文から検討した。その際に、ASLは脳虚血の病態に使用すべきではないので、脳死の補助診断として脳血流の評価にはASLは適切ではない。すなわち、脳腫瘍やてんかんなどの頸動脈の血流が本来正常であった病態ではよいが、脳主幹動脈に異常がある場合には使用してはいけないため、ASLは脳血流に使用すべきではないことが述べられた。荒木尚分担研究者からもASLは報告書には記載しないことが述べられた。

##### (イ) 誘発電位の視点から

小児脳死判定の際の補助検査としての誘発電位の位置づけを本邦における過去の小児臓器提供事例から検討した。その結果、ABRのⅡ波が長期にわたり消失せず、約10か月後にⅡ波が消失し、脳死下臓器提供に至ったケースや同様にⅡ波の消失を8日目に確認したケースがあることが示され、Ⅱ波の位置付けに関して検討すべきことが示された。

前述のように本研究班の園生雅弘分担研究者から脳死でも末梢神経由来の波形が混じることがあるⅡ波は残存する場合があります、Ⅲ波からが脳幹由来なので項目を見直す必要があると考えられた。

#### E. 結論

様々な理由で法的脳死判定の脳幹反射の評価ができない場合においても、脳血流の停止の確認、あるいは誘発電位である ABR

や SEP で脳幹機能进行评估することで、脳死判定が可能であると考えられた。ただし、補助検査を行う前には通常の臨床検査を可能な限り行うことが前提である。

脳血流の停止を確認する画像検査に関しては CTA が最も選択されるべき検査法と評価され、次いで CTA+CTP、MRA であった。しかしながら、脳死とされ得うる病態である対象患者は人工呼吸器が装着され、昇圧薬等の投与量調整のために様々な医療機器が装着されていることを想定すると高磁場の環境で検査する MRA での評価は適切でないと考えられた。

誘発電位に関しては ABR) と体性感覚誘発電位 (SEP) については、自験例を含めて脳死判定の補助検査として有用であることが示された。SEP/ABR のいずれか、ないし両者の脳幹成分が保たれている場合は、いずれかの脳幹反射が観察不能であっても、誘発電位を記録すれば脳幹機能残存を見逃すことはないことを示唆され、誘発電位が脳幹反射観察不能の場合の脳幹機能検出の代替法として位置付けられることが示された。なお、ABR のみでは、延髄が中枢である咳反射、咽頭反射残存例で ABR 脳幹成分が消失している場合があり、SEP の両者の消失を確認することが必要である。

また、ECMO 装着下においても自発呼吸消失の確認 (無呼吸テスト) を行うことが可能であることが示され、その手順や方法についても検討した。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表 (論文)

・横田裕行

1. 横田裕行：救急医療施設における終末期医療—三次救急医療施設の立場から—終末期医療、安楽死・尊厳死に関する総合的研究 中央大学出版部、編者：只木誠、Gunnar Duttge、2021年3月 p263～p272
2. 横田裕行，三木保，間瀬光人監修「小児頭部外傷の診断と治療」荒木尚編集。中外出版 2021年11月
3. 富永直樹，横田裕行，他：救急医療における安全な鎮静・鎮痛。日本医師会雑誌 2021；150(4)：651-654
4. 横田裕行：新型コロナウイルス感染拡大と在宅医療。日本在宅救急医学会誌 2021；5(1)：7-12
5. Arai Masatoku, Kim Shiei, Ishii Hiromoto, Yakiguchi Toru, Yokota Hiroyuki: Portal Venous Gas in Adults : Clinical Significance, management, and Outcome of 25 Cosecutive Patients Journal fo Nippon Medical School 2021；88(2)：88-96
6. Hirano Yohei, Kondo Yutaka, Hifumi Toru, Yokobori Ahoji, Kanda Jun, Shimazaki Jyunya, Hayashida Kei, Moriya Takashi, Yagi Masaharu, Takauji Shuhei, Yamaguchi Junko, Okada Yohei, Okano Yuichi, Kaneko Hitoshi, Kobayashi Tatsuho, Fujita Motoki, Okamoto Ke, Tanaka Hiroshi, Yaguchi Arino Hiroyuki Yokiota : Machine learning-based mortality prediction model for heat-related illness, Scientific reports, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88581-1>, 2021年4月
7. 中山文彦，松本尚，久城正紀，斎藤伸行，益子一樹，八木貴典，横田裕行：多発外傷における鈍的胸部大動脈損傷治療のタイミング。日本救急医学会雑誌 2021；32：130-137
8. 横田裕行：脳死下臓器提供の諸問題と解決策～厚生労働省研究班から～。脳死・脳蘇生 2021；33：27-34
9. 横田裕行：新型コロナウイルス感染症流行時における救急現場での心肺蘇生法について。日本医師会雑誌 2020；149(9)：1603～1603
10. 横田裕行：高齢者外傷の特徴と治療 J. Geriat. Med. 2020；58(11)：977～982
11. 重田健太、横堀将司、横田裕行：交通外傷 メカニズムから診療まで 胸部外傷 名古屋大学出版 2020年 p.147～p.164
12. 渥美生弘、横田裕行：臓器提供ハンドブック へるす出版 2019年
13. 横田裕行：法的脳死判定とプットフォー INTENSIVIST 2020；12(3)：469-475
14. 横田裕行：救急・集中治療における終末期への対応 日本医師会雑誌；148(10)：1996-1997

・荒木尚

1. 荒木尚：小児版臓器提供ハンドブック，編著，へるす出版，東京，2021
2. 荒木尚：頭部外傷。今日の小児診療指針第17版。医学書院 2020：pp28-29

3. 荒木尚：児童虐待に特徴的な身体所見  
脳神経外科の特徴. 救急医学. 2020 44  
巻：pp 1412-1421
  4. Araki T Simulation-based training  
for determination of pediatric  
brain death for healthcare  
providers. Brain death, Organ  
donation and  
transplantation. Oxford University  
Press, 2020 : in press
- 黒田泰弘
1. Akiyama K, Kuroda Y, et al.  
Association between physical  
restraint requirement and  
unfavorable neurologic outcomes in  
subarachnoid hemorrhage J  
Intensive Care 2021;9(1):24.
  2. Yoshihisa Fujinami, Yasuhiro  
Kuroda, et al. Malocclusion of  
Molar Teeth Is Associated with  
Activities of Daily Living Loss  
and Delirium in Elderly Critically  
Ill Older Patients Journal of  
Clinical Medicine 2021 10 2157
  3. Toru Hifumi, Yasuhiro Kuroda, et  
al. Variability of extracorporeal  
cardiopulmonary resuscitation  
practice in patients with out-of-  
hospital cardiac arrest from the  
emergency department to intensive  
care unit in Japan. Acute Med  
Surg. 2021;8(1): e647.
  4. Tsutomu Mitsui, Yasuhiro  
Kuroda, et al. Cerebral blood  
volume increment after  
resuscitation measured by near-  
infrared time-resolved  
spectroscopy can estimate degree  
of hypoxic-ischemic insult in  
newborn piglets. Scientific  
reports. 2021;11(1):13096.
  5. Toru Hifumi, Yasuhiro Kuroda, et  
al. The association between  
neuromuscular blockade use during  
target temperature management and  
neurological outcomes. Am J Emerg  
Med. 2021;46:289-294.
  6. Kanako Otomune, Yasuhiro Kuroda,  
et al. Neurological outcomes  
associated with prehospital  
advanced airway management in  
patients with out-of-hospital  
cardiac arrest due to foreign body  
airway obstruction. Resuscitation  
plus 2021
  7. Akihiko Inoue, Yasuhiro Kuroda, et  
al. Extracorporeal cardiopulmonary  
resuscitation for out-of-hospital  
cardiac arrest in adult patients.  
Journal of the American Heart  
Association 2020;9: e015291.
  8. Yasuhiro Kuroda, Kenya Kawakita.  
Targeted temperature management in  
post-cardiac arrest syndrome.  
Journal of Neurocritical Care 13  
(1): 1-18, 2020
  9. Hifumi T, Kuroda Y, et al. High  
early phase hemoglobin level is  
associated with favorable  
neurological outcome in patients  
with severe traumatic brain  
injury. Am J Emerg Med. 2020 May  
6: S0735-6757(20)30293-X.
  10. Kuroda Y. Post cardiac Arrest  
Syndrome Springer Neurocritical  
Care Kinoshita edit 2019. 165-173
  11. Toru Hifumi, Yasuhiro Kuroda, et  
al. Association between rewarming  
duration and neurological outcome  
in out-of-hospital cardiac arrest  
patients receiving therapeutic  
hypothermia. Resuscitation. 170-  
177, 146:2020
  12. Diagnostic Reliability of Headset-  
Type Continuous Video EEG  
Monitoring for Detection of ICU  
Egawa S, Kuroda Y, et al.  
Patterns and NCSE in Patients with  
Altered Mental Status with Unknown  
Etiology. Neurocrit Care.  
2020;32(1):217-225.

13. Keisuke Jinno, Yasuhiro Kuroda, et al. Association Between Prehospital Supraglottic Airway Compared With Bag-Mask Ventilation and Glasgow-Pittsburgh Cerebral Performance Category 1 in Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest Circulation Journal 2019 Nov 25;83(12):2479-2486.
  14. Okazaki T, Kuroda Y, et al. Targeted temperature management guided by the severity of hyperlactatemia for out-of-hospital cardiac arrest patients: a post hoc analysis of a nationwide, multicenter prospective registry. Ann Intensive Care. 2019 Nov 19;9(1):127.
  15. Katsuya Nagafuchi, Yasuhiro Kuroda, et al. Chest Compression Depth and Rate - Effect on Instructor Visual Assessment of Chest Compression Quality - Circ J. 2019 Jan 25;83(2):418-423.
- 園生雅弘
1. Hamada Y, Kanbayashi T, Takahashi K, Kamiya H, Kobayashi S, Sonoo M (corresponding). Weak shoulder and arm sparing signs in amyotrophic lateral sclerosis. Muscle Nerve 2022;in print.
  2. Kurokawa K, Sonoo M (corresponding), Yamamoto T, Yamada H, Hemmi S, Tomoda K, et al. Acute inflammatory demyelinating polyneuropathy following Ciguatera poisoning. Muscle Nerve 2022;in print.
  3. Sonoo M, Kanbayashi T, Shimohata T, Kobayashi M, Idogawa M, Hayashi H. Estimation of the true infection rate and infection fatality rate of coronavirus disease 2019 in each country. Journal of Infection and Public Health 2022;15:210-213.
  4. Furukawa Y, Miyaji Y, Kadoya A, Kamiya H, Chiba T, Hokkoku K, Hatanaka Y, Imafuku I, Miyoshi K, Sonoo M (corresponding). Determining C5, C6 and C7 myotomes through comparative analyses of clinical, MRI and EMG findings in cervical radiculopathy. Clin Neurophysiol Pract 2021;6:88-92.
  5. Sonoo M, Idogawa M, Kanbayashi T, Shimohata T, Hayashi H. Correlation between PCR Examination Rate among the Population and the Containment of Pandemic of COVID-19. Public Health 2021;191:31-32.
  6. Sonoo M, Uesugi H, Ogawa G, Hokkoku K, Kanbayashi T, Higashihara M, et al. Appropriate window width for the “clustering index method” in the tibialis anterior muscle. Muscle Nerve 2021;63:89-95
  7. Takahashi K, Oishi C, Hamada Y, Nishiyama K, Sonoo M (corresponding). The influence of right-left error in the placement of the Cc electrode in tibial nerve somatosensory evoked potentials (SEPs). Clinical Neurophysiology Practice 2021;6:215-218.
  8. Miyaji Y, Kobayashi M, Oishi C, Mizoi Y, Tanaka F, Sonoo M (corresponding). A new method to define cut-off values in nerve conduction studies for carpal tunnel syndrome considering the presence of false-positive cases. Neurol Sci 2020;41:669-677.
  9. Sonoo M. Far-field potentials in the compound muscle action potential. Muscle Nerve 2020;61:271-279.
  10. Sonoo M, Takahashi K, Hamada Y, Hokkoku K, Kobayashi S. Split-finger syndrome in amyotrophic

- lateral sclerosis. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2020;91:1235-1236.
11. Sonoo M, Ogawa G, Hokkoku L, Stålberg E. Updated Size Index (SI) valid for both neurogenic and myogenic changes. Muscle Nerve 2020;62:735-741.
  12. Sonoo M. Paradoxical wrist flexion: A new test to detect functional weakness of the upper limb. eNeurologicalSci 2020;22:100302.
  13. Kanbayashi T, Yamauchi T, Miyaji Y, Sonoo M (corresponding). Interaction of cathodal and anodal stimulations in nerve conduction studies. Muscle Nerve 2019;59:713-716.
  14. 畑中裕己, 園生雅弘, 清水輝夫, 他. 脳死判定における誘発電位と脳幹反射の特異性・感受性の比較. 臨床脳波 2003; 45: 717-24
- ・種市尋宙
1. 種市尋宙. 小児版臓器提供ハンドブック. 監修令和元年度厚生労働科学研究費補助金移植医療基盤整備研究事業「小児からの臓器提供に必要な体制整備に資する教育プログラムの開発」研究班. 東京:へるす出版: 2021. 被虐待児の除外. p33-35.
  2. 高崎 麻美, 種市 尋宙, 高井 奈美, 大橋 未来, 八木 信一, 富山市立学校新型コロナウイルス感染症対策検討会議. コロナウイルス感染症2019流行下における幼児のマスク着用状況と保護者の認識. 日本小児科学会雑誌 2021; 125(11) : 1581-1584.
  3. 寺下 新太郎, 種市 尋宙, 高崎 麻美, 加藤 泰輔, 伊藤 貞則, 野口 京, 足立 雄一. MRI 検査時の鎮静に関する共同提言を活用した医療安全推進のための取り組み. 日本小児科学会雑誌 2021; 125(11) : 1591-1597.
  4. 堀江貞志, 種市尋宙, 齊藤悠, 和田拓也, 倉本崇, 田中朋美, 足立雄一. 著明な脳浮腫と出血性脳梗塞を生じた糖尿病性ケトアシドーシスの1小児例. 小児内科 2021; 53(4) : 694-699.
  5. 大山 昇一, 赤嶺 陽子, 福原 里恵, 荒堀 仁美, 石毛 崇, 石崎 優子, 伊藤 友弥, 江原 朗, 日下 隆, 種市 尋宙, 濱田 洋通, 平本 龍吾, 儘田 光和, 道端 伸明, 坂東 由紀, 金城 紀子, 松原 知代, 平山 雅浩, 日本小児科学会働き方改革検討ワーキンググループ. これからの小児科医がめざす小児保健・医療の方向性. 日本小児科学会雑誌 2021 ; 125 (3) : 540-544.
  6. 種市尋宙. 【コロナ禍と子どもの健康-日常を取り戻すために】学校行事を復活させる感染対策と医療専門職の役割. 保団連 2021; 1353: 16-21.
  7. 種市尋宙. 子どもたちの視点で考える新型コロナウイルス感染症～子どもたちの日常を取り戻したい～. 子どものからだと心 白書 2021; 17-19.
  8. 種市尋宙. 子どもたちにとっての新型コロナウイルス感染症. クレスコ 2021; 246:12-17.
  9. 種市尋宙. 小児救急における脳蘇生と治療の限界について考える-脳死とは何か こどもの脳死下臓器提供と被虐待児除外に関する検討. 第34回日本小児救急医学会学術集会; 2021 June 18-20:
  10. 種市尋宙. 小児脳死下臓器提供と終末期医療のあり方を考える. 第17回京都小児救急疾患研究会; 2021 Feb 4: 京都 (オンライン) .
  11. 種市尋宙. 小中学校コロナ感染対策提言. CareNeTV ; 2021 July 7:東京 (オンライン) .
  12. 種市尋宙. 新型コロナウイルス感染症と子どもたちの生活. ラジオ NIKKEI 小児科診療 UP to DATE ; 2021 Sep 14.
  13. 種市尋宙. 今日の小児治療指針 第17版. 東京:医学書院; 2020. 1 救急医療 熱中症; 18-19.
  14. 種市尋宙. 【児童虐待を学ぶ】臓器

- 提供と児童虐待. 救急医学  
2020;44(11): 1470-1475.
15. 種市尋宙. 子どもの発達と事故予防. 国民生活 2020; 94(6): 1-3.
  16. 種市尋宙. 学会委員会企画 10年後、このシンポが「レガシー」になるために. 「こどもの脳死下臓器提供における被虐待児除外を再考する」. 第56回日本移植学会総会; 2020 Oct 23; 秋田 (オンライン).
  17. 種市尋宙. シンポジウム 法改正から10年を迎えたわが国の小児の脳死下臓器提供～次の10年に向けて社会が目指すべき方向とは～ 脳死下臓器提供における被虐待児除外の課題解決に向けて. 第48回日本救急医学会学術集会; 2020 Nov 19; 岐阜 (オンライン).
  18. 種市尋宙. 命の授業 (中学校の部). 学んで救えるこどもの命 PH Japan プロジェクト 第4回 プログラム; 2020 Nov 21, 東京 (オンライン).
  19. 種市尋宙, 板沢 寿子, 堀江 貞志, 野村 恵子, 足立 雄一, 坂下 裕子. 急性の経過でこどもを喪失した家族へ渡すグリーンカードの意義. 日本小児救急医学会雑誌 2019; 18 (1) : 6-11.
  20. 村上 将啓, 種市 尋宙, 田中 朋美, 草開 祥平, 志田 しのぶ, 山崎 秀憲, 小池 勤, 藤田 友嗣, 足立 雄一. エチレングリコール中毒に対し血液透析とホメピゾールを併用した救命した小児. 日本小児科学会雑誌 2019; 123(6): 1032-1037.
  21. 種市尋宙. 小児の救急・搬送医療 急性腎障害 (急性腎不全) 小児内科 2019; 51 増刊号: 648-651.
  22. 種市尋宙. 児童の臓器提供・臓器移植を考える. Organ Biology 2019;26(2): 23-29.
  23. 種市尋宙. わが国における小児臓器提供の課題とその解決. 日本臨床腎移植学会雑誌 2019;7 (1) :44-50.
  24. 種市尋宙. 事故・外因性原因別アプローチ 溺水. 小児科 2019; 60(5): 795-801.
- ・内藤宏道
1. Iida A, Fujiwara Y, Nojima T, Naito H, Nakao A, Mikane T. Cardiac Arrest Due to Liquid Nicotine Intoxication: A Case Report. Acute Medicine & Surgery. 2021;8(1):e720.
  2. Oda Y, Naito H\*, Nojima T, Nakao A. Refractory gastric ulcer due to undisclosed use of topical diclofenac epolamine patches. Acute Medicine and Surgery. 2021;8(1):e710.
  3. Aokage T, Seya M, Hirayama T, Nojima T, Iketani M, Ishikawa M, Terasaki Y, Taniguchi A, Miyahara N, Nakao A, Ohsawa I, Naito H\*. The effects of inhaling hydrogen gas on macrophage polarization, fibrosis, and lung function in mice with bleomycin-induced lung injury. BMC Pulm Med. 2021;21:339.
  4. Obara T, Yamamoto H, Aokage T, Igawa T, Nojima T, Hirayama T, Seya M, Ishikawa-Aoyama M, Nakao A, Motterlini R, Naito H\*. Luminal administration of a water-soluble carbon monoxide-releasing molecule (CORM-3) mitigates ischemia/reperfusion injury in rats following intestinal transplantation. 2021; Online ahead of print.
  5. Tamura N, Obara T, Yamada T, Nojima T, Nakamura S, Koide Y, Takaoka M, Naito H, Nakao A. Adult Scurvy Presenting with Painful Purpura on the Legs. Intern Med. 2021;Online ahead of print.
  6. Inoguchi K, Hongo T, Naito H, Nakao A. A Rare Case of Pelvic Abscess Due to Spontaneous Non-traumatic Bladder Rupture. Cureus. 2021;13(10): e18913.
  7. Naito H\*, Tsukahara K, Takao S, Yorifuji T, Nakao A. Reusable Medical Isolation Gowns with Liquid Barrier: Washing Gowns in the Coronavirus Disease 2019 Pandemic

- Era? JMA Journal. 2021;5(1):107-108.
8. 内藤宏道\*塚原紘平, 青景聡之, 中尾篤典. ECMO 装着下における脳死判定のあり方. 救急医学. 2021;45:1331-1336.
  9. Ochi M, Iida A, Takahashi Y, Tanaka M, Saito H, Naito H, Mikane T, Fuke S. Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy Diagnosed during Hospitalization for Cardiac Arrest. Acta Med Okayama. 2021;75(4):517-521.
  10. Nakamura S, Naito H\*, Yamada T, Sakoda N, Nakao A. The Diagnosis of Delayed Expanding Traumatic Pseudoaneurysm of Thoracic Aorta Caused by Self-Inflicted Penetrating Injury with Crossbow Bolt: A Case Report. International Journal of Surgery Case Reports. 2021;88:106474.
  11. Obara T, Naito H\*, Tsukahara K, Matsumoto N, Yamamoto H, Yorifuji T, Nakao A. Short or Irregular Sleep Duration in Early Childhood Increases Risk of Injury for Primary School-Age Children: A Nationwide Longitudinal Birth Cohort in Japan. 2021;18(18):9512.
  12. Naito H\*, Yumoto T, Yorifuji T, Nojima T, Yamamoto H, Yamada T, Tsukahara K, Inaba M, Nishimura T, Uehara T, Nakao A. Association between Emergency Medical Service Transport Time and Survival in Patients with Traumatic Cardiac Arrest: A Nationwide Retrospective Observational Study. BMC Emergency Medicine. 2021;21:104.
  13. Egi M, Ogura H, Yatabe T, Naito H (184rd of 226 authors), et al. The Japanese Clinical Practice Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2020 (J-SSCG 2020). J Intensive Care. 2021. 25;9(1):53. & Acute Medicine & Surgery;2021;8:e691.
  14. Hongo T, Naito H\*, Fujiwara T, Naito T, Homma Y, Fujimoto Y, Takaya M, Yamamori Y, Nakada T, Nojima T, Nakao A, Fujitani S, In-Hospital Emergency Study Group. Prevalence and predictors of direct discharge home following hospitalization of patients with serious adverse events managed by the rapid response system in Japan: a multicenter, retrospective, observational study. Acute Medicine & Surgery. 2021;8:e690.
  15. Aoshima K, Yamaoka H, Nakamura S, Nojima T, Naito H, Nakao A. Right Hemiplegia Following Acute Carbon Monoxide Poisoning. Cureus. 2021;13(7): e16738.
  16. Obara T, Nojima T, Uehara T, Nakao A, Naito H. Potentially Misleading Radiograph: Developmental dysplasia of the hip. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2021;15(8): RJ01-RJ02.
  17. Habu H, Takao S, Fujimoto R, Naito H, Nakao A, Yorifuji T. Emergency dispatches for suicide attempts during the COVID-19 outbreak in Okayama, Japan: A descriptive epidemiological study. Journal of Epidemiology. 2021; 31(9):511-517.
  18. Nojima T, Obara T, Tsukahara K, Nakao A, Naito H. Unrecognized Orbital Images Cause Diagnostic Confusion: Silicone Oil and Implanted Silicone Encircling Bands. Case Reports in Emergency Medicine. 2021; 2021:9940395.
  19. 小原隆史, 塚原紘平, 上田浩平, 内藤宏道, 頼藤貴志, 中尾篤典. 非特定警戒地域における新型コロナウイルス流行下の小児救急搬送の状況変化. 小児救急医学会雑誌. 2021;20(1):70-72.
  20. Kosaki Y, Maeyama H, Nojima T, Obara T, Nakao A, Naito H. Carbon Monoxide Poisoning During Pregnancy Treated with Hyperbaric Oxygen. Clin Case Rep. 2021;00:e04138.
  21. Hifumi T, Inoue A, Takiguchi T, Watanabe K, Ogura T, Okazaki T,



- Ijuin S, Zushi R, Arimoto H, Takada H, Shiraishi S, Egawa Y, Kanda J, Nasu M, Kobayashi M, Sakuraya M, Naito H, Nakao S, Otani N, Takeuchi I, Bunya N, Shimizu T, Sawano H, Takayama W, Kushimoto S, Shoko T, Aoki M, Otani T, Matsuoka Y, Homma K, Maekawa K, Tahara Y, Fukuda R, Kikuchi M, Nakagami T, Hagiwara Y, Kitamura N, Sugiyama K, Sakamoto T, Kuroda Y, on behalf of the SAVE - J II Study Group. Variability of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation practice in patients with out-of-hospital cardiac arrest from the emergency department to intensive care unit in Japan. *Acute Medicine & Surgery*. 2021; 8(1):e647.
22. Obata K, Naito H\*, Yakushiji H, Obara T, Ono K, Nojima T, Tsukahara K, Yamada T, Sasaki A, Nakao A. Incidence and Characteristics of Medical Emergencies Related to Dental Treatment: A Retrospective Single Center Study. *Acute Med Surg*. 2021; 8(1):e651.
23. Nishimura T, Naito H, Nakao A, Nakayama S. Characteristics of self-inflicted injury among suicidal patients: analysis of nation-wide trauma registry. *Trauma Surg Acute Care Open*. 2021; 6(1):e000694.
24. Inoue H, Nishimura T, Nojima T, Naito H. Takotsubo Cardiomyopathy Caused by Carbon Dioxide Intoxication. *Cureus*. 2021;13(3):e14179.
25. Iida A, Naito H, Nojima T, Yumoto T, Yamada T, Fujisaki N, Nakao A, Mikane T. State-of-the-art methods for the treatment of severe hemorrhagic trauma: selective aortic arch perfusion and emergency preservation and resuscitation—what is next?. *Acute Med Surg*. 2021; 8(1):e641.
26. 上田浩平, 内藤宏道, 中尾篤典, 頼藤貴志. 岡山市における新型コロナウイルス感染症による救急搬送の影響. *岡山県医師会報*. 2021;1554.
27. Nojima T, Naito H\*, Obara T, Tsukahara K, Nakao A. Plastic Bronchitis in a Five-Year-Old Boy Treated Using Extracorporeal Membrane Oxygenation; a Case Report. *Archives of Academic Emergency Medicine*. 2021; 9(1): e16.
- 横堀将司
1. 横堀将司, 荻野暁, 西大樹: VR (バーチャルリアリティ) システムを用いた救急救命教育. *救急救命士ジャーナル* 2021;1(2) 62-69
2. 横堀将司, 上路健介, 藪田遼: VRによる医師・医学生を対象とした医学教育の最先端. *メディチーナ* 2021;58(6) 868-873
3. 横堀将司: VRを用いた Off the Job Training の展開～机上の学問を変える～. 第24回日本臨床救急医学会総会・学術集会 2021年6月12日
4. Shoji Yokobori: Heatstroke management during the COVID-19 epidemic: recommendations from the experts in Japan. *Acute Medicine & Surgery* 2020;7(1):e560
5. Shoji Yokobori, Tomoaki Yatabe, Yutaka Kondo, Kosaku Kinoshita: Efficacy and safety of tranexamic acid administration in traumatic brain injury patients: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Intensive Care* 2020;8:46
6. 横堀将司、横田裕行: 脳波モニター: 臨床的意義. *ICUとCCU* 2020;44(6):385-391
7. 横堀将司: 【生理学】脳圧と脳灌流血流の生理学 脳生理の特殊性を知り治療に生かす. *Intensivist* 2020;12(1)3-9



資料 1

令和 4 年 9 月 10 日

一般社団法人 日本脳神経外科学会  
理事長  
宮本 享 殿

厚生労働省健康局難病対策課  
移植医療対策推進室長 西嶋康浩  
( 公 印 省 略 )

令和 4 年度厚生労働行政推進調査事業  
「現在の脳死判定基準で脳死判定が困難な事例における  
脳死判定代替法の確立に向けた研究」  
法的脳死判定における脳血流補助検査に係わる調査ご周知のお願い

謹啓

貴学会におかれましては、平素より法的脳死判定に係わる学術的支援にご協力を賜りありがとうございます。

今般、臓器移植医療対策のあり方に関する提言（令和 4 年 3 月）において、現行運用されている法的脳死判定マニュアルにおける議論がなされ、眼球、角膜の高度損傷や欠損がある場合や新規医療技術である体外式膜型人工肺（ECMO）を装着した状態においては法的脳死判定が施行できないという課題が指摘されたところです。これについては、今までの研究結果や、脳血流検査等の取扱いを含めた海外の状況等、知見やエビデンスの収集・整理を行った上で、我が国において法的脳死判定に補助検査を導入することの是非について検討を行うこととなりました。

これを受け、令和 4 年度厚生労働行政推進調査事業「現在の脳死判定基準で脳死判定が困難な事例における脳死判定代替法の確立に向けた研究」（研究代表者 横田裕行 日本体育大学大学院教授）におきまして、5 類型施設における脳血流補助検査施行に関する調査を行うこととなりましたので、貴学会所属施設に広くご周知をいただき、ご協力賜りますようお願いいたします。

なお、回答に付きましては別紙、厚生労働行政推進調査事業研究班の依頼文章および調査用紙をご参照いただきご対応いただきますようお願いいたします。

敬白

令和4年〇月〇日

法的脳死判定関連施設（5 類型関連施設）  
施設長殿

令和4年度厚生労働行政推進調査事業  
「現在の脳死判定基準で脳死判定が困難な事例における  
脳死判定代替法の確立に向けた研究」研究班

研究代表者	横田裕行	（日本体育大学）
研究宮分担者	宮本 享	（京都大学）
	小笠原邦昭	（岩手医科大学）
	横堀将司	（日本医科大学）
研究協力者	佐々木真理	（岩手医科大学）
	畑澤 順	（大阪大学）

法的脳死判定における脳血流補助検査に係わる調査のお願い

謹啓

貴施設におかれましては、脳死下臓器提供の推進に御理解、御協力を賜り厚くお礼申し上げます。

今般、厚生科学審議会疾病対策部会臓器移植委員会（令和4年3月）において、これまでの臓器移植に関する施策を振り返り、課題を整理するとともに、臓器移植を一層推進するための方策について検討を行い取りまとめがなされました。この中で、現行運用されている法的脳死判定マニュアルにおける問題点に関する議論がなされ、眼球、角膜の高度損傷や欠損がある場合や新規医療技術である体外式膜型人工肺（ECMO）を装着した状態においては法的脳死判定が施行できないという課題が指摘されたところです。これについては、同委員会において、今までの研究結果や、脳血流検査等の取扱いを含めた海外の状況等、知見やエビデンスの収集・整理を行った上で、法的脳死判定において補助検査をどのように位置付けるのが適当か検討し、その結果を踏まえてガイドライン及び法的脳死判定マニュアルに現行では法的脳死判定が施行できない事例に対する対策の追加等の改訂を行うことが適当であるとの結論に至りました。

上記を踏まえ、今般、令和4年度厚生労働行政推進調査事業「現在の脳死判定基準で脳死判定が困難な事例における脳死判定代替法の確立に向けた研究」として、5 類型施設における脳血流補助検査施行に実行可能性について調査をすることとなりました。貴施設におかれましては、ご多忙の折恐縮ではございますが、上記に係わるアンケート調査にご協

力を賜りますようお願いいたします。なお回答期限は令和4年10月31日（月）までとさせていただきます。

なお、回答に付きましては添付調査用紙、あるいは調査用紙に記載のある URL もしくは QR コードをご参照いただき、ご回答いただきますようお願いいたします。

謹白

【本件に関するお問合せ】

令和4年度厚生労働行政推進調査事業

「現在の脳死判定基準で脳死判定が困難な事例における脳死判定代替法の確立に向けた研究」

研究班 事務局（日本医科大学 救急医学教室 内）

担当：広瀬

E-mail: [hirose@nms.ac.jp](mailto:hirose@nms.ac.jp)

Tel 03-3822-2131

Fax 03-3821-5102

令和4年度厚生労働行政推進調査事業  
「現在の脳死判定基準で脳死判定が困難な事例における  
脳死判定代替法の確立に向けた研究」研究班

法的脳死判定における脳血流補助検査に係わる調査

本調査は、5 類型施設において法的脳死判定の補助検査として各種脳血流検査を活用するにあたり、貴施設における各種検査モダリティの使用の可否を調査するものです。

得られたデータは、個人情報を切り離れたうえで取りまとめ、研究報告書等に記載されることをご了承ください。なお、各施設からえ得られた情報にて診療報酬や各種補助金の増減に使用されることはございません。

本用紙を FAX いただくか (FAX : 03-3821-5102)

下記 URL (QR コード) にてご回答ください

<https://forms.gle/RZgp1zNvmMhj7LCR8>



回答期限：令和4年10月31日（月）まで

## 法的脳死判定における脳血流補助検査に係わる調査（1/2 枚目）

1. 貴施設名（所在地）： \_\_\_\_\_（ \_\_\_\_\_ ）都道府県

2. 回答者名： \_\_\_\_\_

3. メールアドレス： \_\_\_\_\_@\_\_\_\_\_

4. 貴施設の5類型区分（実務を行う方において最も当てはまる主たるもの1つに☑）

- 1. 大学附属病院
- 2. 日本救急医学会 指導医指定施設
- 3. 日本脳神経外科学会基幹プログラム施設
- 4. 救命救急センターとして認定された施設
- 5. 日本小児総合医療施設協議会会員施設

5. 貴施設において現状、脳死判定の脳血流補助検査として施行可能であるものは、以下のうちどれですか？（複数選択可）

- カテーテルを用いた脳血管撮影：（4 vessels DSA）
- CT アンギオグラフィ（CTA）
- CT 灌流画像（CTP）
- MR アンギオグラフィ（MRA）
- MR 灌流画像（MRP）
- SPECT（<sup>123</sup>I-IMP）
- SPECT（<sup>99m</sup>Tc-HMPAO）
- SPECT（<sup>99m</sup>Tc-ECD）

## 法的脳死判定における脳血流補助検査に係わる調査（2/2 枚目）

貴施設名： \_\_\_\_\_

6. 貴施設において、下記モダリティのすべてが可能であった場合、また法的脳死判定の補助診断として下記すべてを選択するとできた場合、貴施設の状況を鑑み、貴施設が選択する順位を数字（1-8 位）でご記載ください。

また、第一選択としたものについてその理由をお聞かせください。

- （    位）カテーテルを用いた脳血管撮影：（4 vessels DSA）
- （    位）CT アンギオグラフィ（CTA）
- （    位）CT 灌流画像    （CTP）
- （    位）CTA+CTP
- （    位）MR アンギオグラフィ（MRA）
- （    位）MR 灌流画像    （MRP）
- （    位）MRA+MRP
- （    位）SPECT

第一選択とした理由

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

以上です、ありがとうございました。

令和 4 年度厚生労働行政推進調査事業  
「現在の脳死判定基準で脳死判定が困難な事例における  
脳死判定代替法の確立に向けた研究」 研究班



## 体外式膜型人工肺（ECMO）装着時法的脳死判定（案）

## I. 体外式膜型人工肺（ECMO）装着時の法的脳死判定の基本事項

体外式膜型人工肺（ECMO）装着時でも判定基準が満たせる場合は法的脳死判定が可能である。ECMO は主に 2 種類の方式が使用されている：V-A ECMO (Veno-Arterial ECMO；静脈脱血—動脈送血)，V-V ECMO (Veno-Venous ECMO；静脈脱血—静脈送血)。通常の法的脳死判定基準（ECMO 装着なし）と同様の方法が基本である。

V-A ECMO 装着時には血圧の基本条件に平均血圧での確認が必要な場合がある。

ECMO 装着時，対象者で自発呼吸消失の確認（無呼吸テスト）を行う際には，呼吸器の停止と同時に，ECMO sweep ガス流量の減量が必要である。

## II. ECMO 装着時の無呼吸テスト

## [1] 基本条件

1) PaCO<sub>2</sub> レベル

①自発呼吸の消失の確認（無呼吸テスト；以下，テスト）開始前は 35～45mmHg であることが望ましい。

②自発呼吸の不可逆的消失の確認には 60mmHg 以上に上昇したことの確認が必要である。

## 2) 収縮期血圧もしくは，平均血圧のいずれかで下記を確認する。

## ●収縮期血圧

- ・1 歳未満  $\geq 65\text{mmHg}$
- ・1 歳以上 13 歳未満  $\geq (\text{年齢} \times 2) + 65\text{mmHg}$
- ・13 歳以上  $\geq 90\text{mmHg}$

## ●平均血圧

- ・1 歳未満  $\geq 45\text{mmHg}$
- ・1 歳以上 13 歳未満  $\geq (\text{年齢} \times 1) + 45\text{mmHg}$
- ・13 歳以上  $\geq 60\text{mmHg}$

●備考：必要に応じ ECMO 血流量の変更を行っても良い。

## 3) 時間経過

PaCO<sub>2</sub> の適切な上昇が必要であり，人工呼吸を中止する時間の長さには必ずしもとらわれなくてよい。

## 4) 血圧，心拍，酸素飽和度のモニターなど

テスト中は下記の測定器やモニターを装着し，動脈血採血が迅速にできるよう準備する。

- ①観血式血圧計（血圧の測定と動脈血の採血のため）
- ②心電図モニター

③パルスオキシメーター

5) テストの中止

酸素化能低下（目安は SpO<sub>2</sub> が 85%未満）・血圧低下等により継続が危険と判断した場合はテストを中止する。

6) 実施の除外例

低酸素刺激によって呼吸中枢が刺激されているような慢性重症呼吸不全の症例ではテストを実施しない。

7) 第 1 回目, 第 2 回目とも他の判定項目を全て行った後に行う。

8) 望ましい体温

直腸温, 食道温等の深部温: 35°C以上

[2] テストの実施法

1) 血圧計, 心電図モニター及びパルスオキシメーターが適切に装着されていることを確認する。

2) 100%酸素で人工呼吸し, ECMO sweep ガスの酸素濃度を 100%とする (少なくとも 10 分間)。

3) PaCO<sub>2</sub> レベルを確認する。おおよそ 35~45mmHg であること。

4) 人工呼吸器を中止し, ECMO sweep ガス流量を 0.5~1.0L/min を目安に減量する。

5) ●気管内に挿入したカテーテルより, 6L/分の 100%酸素を投与する。

①気管内吸引用カテーテルを気管内チューブの先端部分から気管分岐部直前の間に挿入する。

吸引用カテーテルは余剰の酸素が容易に外気中に流出するように, 気管内チューブ内径に適した太さのものを選ぶ。

②マーカー等を使用しカテーテル先端が適切な位置にあることを確認する。

③気管内にカテーテルを挿入する方法の代替として, 人工呼吸器やバルブを用いて PEEP を付与する方法を行ってもよい。

●ECMO sweep ガスは酸素濃度 100%を維持する。

6) 動脈血ガス分析は V-V ECMO であれば, 1 か所のサンプリングでよい。V-A ECMO では, ①ECMO 回路の人工肺後と, ②患者の動脈血のうち ECMO 送血部から遠位 (推奨: 右橈骨動脈) を含む 2 か所でサンプリングする。

動脈血ガス分析を 2~3 分ごとに行う (6 歳未満では, 採血をテスト開始から 3~5 分後に行い, 以後の採血時間を予測する)

7) PaCO<sub>2</sub> が 60mmHg 以上になった時点で無呼吸を確認する。

V-A ECMO では, 2 か所のサンプリング部位の両方が 60mmHg 以上になった時点で無呼吸を確認する必要がある (図参照)。

- 8) 自発呼吸の有無は胸部、または腹部に手掌をあてるなどして慎重に判断する。なお、6歳未満の小児においては目視による観察と胸部聴診を行う。
- 9) 無呼吸を確認し得た時点でテストを終了する。

### [3] テストの中止

低酸素、低血圧、著しい不整脈により、テストの続行が危険であると判断された場合。なお、中止する際に行った動脈血ガス分析において、 $\text{PaCO}_2$  が 60mmHg (V-A ECMO では2か所) を超えていた場合は、テストの評価は可能である。

### [4] 記録

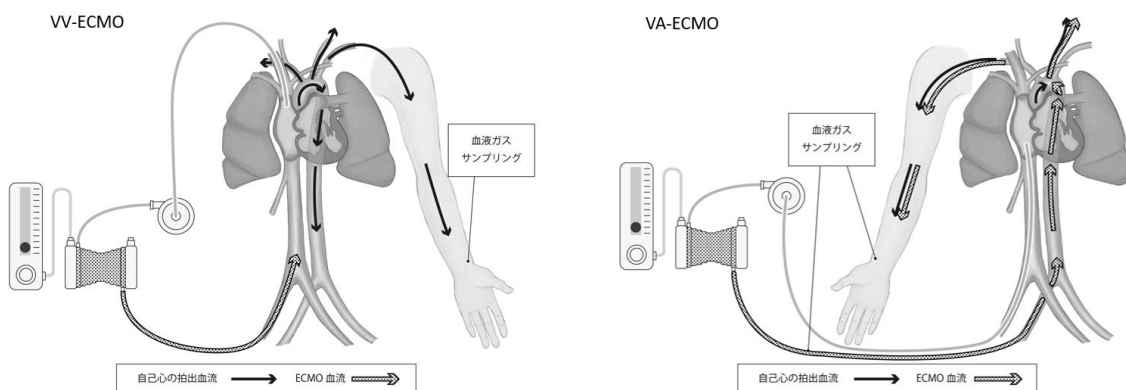
下記の記録を診療録に記載、あるいは貼付し、必要な項目を脳死判定記録書に記入する。

- 1) テストの開始時刻、および終了時刻
- 2) 動脈血液ガス分析の測定時刻、及び結果
- 3) 血圧、及びパルスオキシメーター値の測定結果
- 4) テスト中に認められた異常（心電図異常等）があれば、異常とその処置

### ○備考：

- ・無呼吸テストが安全に施行できない場合、代替として補助検査を検討しても良い。
- ・ECMO 機器の本体を脳波測定装置からできるだけ距離をあけて検査を行うなどの工夫を行う。
- ・Sweep ガス流量の減量で十分に  $\text{PaCO}_2$  レベルが上昇しない場合に、ECMO 回路への二酸化炭素の添加を検討しても良い（ブレンダーを用いて混合し、二酸化炭素濃度 5%程度に調整して投与する方法、二酸化炭素と酸素の混合ガスを添加する方法など各施設で安全に施行できる方法を検討する）。

### 図：



ECMO 装着時の無呼吸テスト時の血液ガスのサンプリング部位。V-V ECMO では、患者の動脈血 1 か所でサンプリングを行う。V-A ECMO では、①ECMO 回路の人工肺後、②ドナーの動脈血のうち ECMO 送血部から遠位（推奨：右橈骨動脈）の 2 か所でサンプリングを行う。