

(Task Force) では吸啜反射と乳探し反射も入っている(表 7-1)。脳幹反射のいずれかを省略しても脳死判定に誤りがないか否かという議論は、全ての検査ができる症例であれば意味がない。脳幹反射のうち 5 つは受容器あるいは効果器に眼球が関与している。これらの反射の中樞は、頭側から尾側に向かって系統的に検査できる。対光、角膜、眼球頭及び(あるいは)前庭、咽頭及び(あるいは)咳反射は、多くの国の判定基準に含まれている(武下 2001)。適当な脳循環検査が活用できることが望まれる。新生児、乳児前期では体が小さいための困難性、使用中の器具(保育器を含む)・モニタ類によるアクセス障害など、反射の受容器刺激、効果器観察を困難にする要因が多い。

脳幹反射検査には眼球の関与が大きいだけに、それらが不可能なときには脳死判定が難しくなる。顔面外傷(特に強い浮腫)で、眼球、角膜の損傷で瞳孔、眼球偏位の観察、角膜の刺激が困難なときは、検査が難しく不可能なときがある。現在の基準では、このような時は脳死判定を見合わせる事になっている。また、鼓膜の損傷があっても前庭反射ができないとき、たとえ片側であっても脳死判定はできない。これらのことは日本の判定基準がユニークと評される理由の一つである。このような場合に採用できる代替検査についても種々検討されたが、結論が得られないままである。

## 2-1 瞳孔と対光反射

厚生省基準では瞳孔径が4mm以上となっている。この値は調査結果から導かれた値

## 7-1 米小児脳死判定基準 (Task Force, 1987)

### A. 病歴：昏睡の原因を明らかにし、可逆的病態を除外

### B. 判定基準：

1. 昏睡と無呼吸
2. 脳幹機能の消失
  - a. 瞳孔中心固定あるいは完全散大
  - b. 眼球頭反射、前庭反射の消失
  - c. 眼球運動の消失及び角膜、咽頭、咳、吸啜、捕捉反射の消失
  - d. 自発呼吸の消失(無呼吸テスト必要)
3. 低体温、低血圧は除く
4. 筋緊張低下および自発・誘発運動の消失ただし脊髄レベルでの反応を除く
5. 決められた観察時間を通して変化がない

### C. 年齢による観察時間：

1. 7日～2ヶ月：48時間において脳死判定と脳波を2回
2. 2ヶ月～1歳：24時間において脳死判定と脳波を2回、あるいは第1回目の脳死判定で平坦脳波を示すか、放射性同位元素を用いた脳循環検査で脳血流停止を認める場合、あるいは両者を満たす場合
3. 1歳以上：12時間～24時間において脳死判定を2回行う；脳波と脳循環検査は随意

で、瞳孔径の記述をしている判定基準では4mm以上になっているものが多い。厚生省研究班小児基準でも瞳孔径は4mm以上とされている。瞳孔の形は円形、楕円形、不整形などいろいろである。虹彩径の小さい小児で瞳孔径の散大傾向を成人と同じにすることに疑問を持つ向きもある。しかし、未熟児、新生児の虹彩でも径は7-8mmあり、成熟児において生後12週を経過すると成人とほとんど変わらない。もちろん、眼裂は成長につれて長くなる。したがって、12週以上であれば瞳孔径を成人と同じように扱ってよいであろう(村松、山本 私信)

厚生省研究班小児基準では12週未満が除外されているので問題にならないが、新生児では対光反射の発達は不完全である。保育器の中では瞳孔の反応を見るのも容易でないときがある。角膜外傷、網膜出血、

顔面浮腫、眼瞼癒合などがあると瞳孔径の変化が捉えがたい (Ashwal 2006)。

#### 2-2 角膜反射

角膜反射は乳児で最も容易に行える重要な反射であるが、信頼性に欠けることがある。角膜の表面が脱水、擦過傷などで角膜表面の知覚障害をきたしているときがある。

#### 2-3 毛様体脊髄反射

この反射は、神経検査を重視する点で先駆的であったミネソタ基準が採用している。反射経路に脊髄の関与が大であるところから項目として入れるのに反対の意見があり、米国においてもミネソタ基準以外では必要とされていない。ちなみに、毛様体背髄反射の求心路は、頸を強くつねる - 脊髄感覚神経、中枢は a) 三叉神経脊髄路核 (延髄～脊髄)、b) 第8頸髄～第2胸髄の側角に局在する交感神経ニューロン (毛様体脊髄中枢: Budge中枢)、遠心路は頸部交感神経節→内頸動脈に沿って上行→半月神経節第1枝、鼻毛様神経、長毛様神経、効果器は瞳孔散大筋が収縮して散瞳とされている (「脳死判定上の疑義解釈に関する研究班」脳死判定上の疑義解釈 2000)。本来の刺激部位は頸部なので三叉神経領域ではないが、脊髄が関与している三叉神経核をどうみるかで見解が分かれるのであろう。現在までに行われた検証で他の脳幹反射が消失していて毛様体脊髄反射が残存していた例はなかったが、臨床的に脳死と診断されるが、判定項目のうち毛様体脊髄反射のみが陽性であった2例が報告されている (池田 1999)。このように、有意義な結果を得がたい検査なので、本反射は判定項目としては不必要である。

#### 2-4 眼球頭反射と前庭反射

現在の法的脳死判定では通用しないが、眼球頭反射ができないとき、たとえば、脊椎の損傷を伴う場合には頭部の回転は禁忌なので実施はできないので、両側の前庭反射でよいとする考えがある。その理由は、眼球頭反射と前庭反射は同じ部位の脳幹機能を反映しており、前庭反射の受容器に対する刺激は眼球頭反射の場合よりも強いとされている。したがって、前庭反射だけでよいとする基準もある。一方、眼球頭反射が「陽性」であれば前庭反射をする必要はない (武下 2007)。前庭反射で用いる冷水は氷水でなくてはならない。耳鼻科領域で行われる20℃、冷温交互刺激検査とは異なるので注意が必要である。

#### 2-5 咽頭・咳反射

吸引用カテーテルで繰り返し気管、気管支粘膜に刺激を加える。このとき、陰圧をかけて分泌物を吸引する必要はない。法的脳死判定では、明らかな咳様運動が認められなくても機械的刺激に応じて胸郭などの動きがみられるときは、咳反射ありと判定することになっているが、脊髄反射の場合もあるので時間をおいて再検する。

#### 2-6 吸啜反射・乳探し反射

吸啜反射と乳探し反射は生後3月までに消失するという意見と生後1年間を通じて存在するという意見とがある (榊原 1997)。したがって月齢によってオプションとして行うことが望ましいが、元来、この二つの反射は脳障害児では、容易に消失するといわれている (村松 私信)。

### 3 自発呼吸の消失

#### 3-1 厳格な無呼吸テスト

無呼吸テストは少なくとも先進諸国では共通しており、血液ガス分析を必須としている。しかし、Wijdicks (2002) が収集した80ヶ国の資料をみると、一定のPaCO<sub>2</sub>レベルを要求している国は39カ国で、人工呼吸をはずしてみる国は20カ国である。その他の国では判定基準あるいはガイドラインに明確に記載されていない。かつて厚生省判定基準の原文では人工呼吸器を外すだけで血液ガス分析を必須としていない。血液ガス分析装置の普及とともに具体的にPaCO<sub>2</sub>の値を決めた経緯を考えると、その国の医療水準が大きく影響していることがわかる。しかし、記載が明確でない国の中には脳波、脳循環検査を必須とする国もあるので、無呼吸テストの代わりにこの種の検査をする意図があるとも読める。もしそうであれば本質的な問題であり、無呼吸テストを共通の項目には入れられない。

#### 3-2 無呼吸テストの留意点

厚生省基準では、無呼吸テストを行うときの前提条件として望ましい体温、血圧、血液ガス値が示されているが、発症前から肺機能障害がある場合や発症後の肺合併症のため、適切な呼吸管理にもかかわらず望ましい値を得ることが難しい症例がある。このようなときに麻酔科医の知識と経験が必要である。テスト中の低酸素症、低血圧、不整脈に備えて、血圧、心電図、パルスオキシメータを装着し状態の変化に備える。テストを行うか否かは総合的判断が必要で、もし著しい低血圧、不整脈などがみられた

ときはテストを中止する。中止するときは直前に採血して血液ガス分析を行う(武下1999)

問題は小児基準における到達すべきPaCO<sub>2</sub>レベルである。一般には60mmHgでよいとされているが、乳幼児ではさらに80mmHgあるいはそれ以上に高くしなければならないという報告もある。その根拠は60mmHgより明らかに高い値で自発呼吸が出現したという症例報告による。症例としては二次性病変、後頭蓋窩病変、年少幼児、乳児が主なので、このような症例では要注意である(Pollack 2007, Valdis 1998, Brill 2000, Truog 2003)。

無呼吸テストが行えないような状態で、呼吸中枢の反応性をみる臨床的方法はないが、脳幹部を含む脳循環検査で血流がないことを確認して代用することも考えられる。

#### 3-3 法的脳死判定にみる望ましい条件に適合しなかった症例

松田ら(2008)は脳死例からの臓器移植を行った脳死症例のうち、公開された例で行われた44回の無呼吸テストを検討している。全例とも重大な合併症をみることなく無呼吸テストを終え臓器提供が行われているが、2例でPaO<sub>2</sub> 80mmHg以下となり、うち1例はテスト中PaO<sub>2</sub>が一時的に25~43mmHgとなり、高度の血圧低下(47~32mmHg)も起きている。この例では高度の肥満があった(テスト前P0<sub>2</sub>は87~65mmHg)ことが主な原因と考えられる。他の1例では、誤嚥性肺炎を合併しており、一時的にPaO<sub>2</sub>が52mmHgに低下した。これらの症例は望ましいテスト前の条件を満たしていないが、結果的には無呼吸テストの目的を果たして臓器

提供が行われている。このように患者の背景因子や肺合併症でPaO<sub>2</sub>の低下が起こりうる。これに対しては呼吸管理に詳しい専門家の評価が必要で、全身状態の総合的評価のもとに緊急の場合の対応を十分にとって無呼吸テストを行うべきである。無呼吸テスト前の条件は望ましい値であって、絶対的条件ではないと考えるべきである。

#### 4 観察時間

判定に際しては、1回の検査だけでなく観察時間(判定間隔)をおき再確認をするのが一般的である。1回目と2回目との時間間隔を具体的に明示してある基準(たとえば厚生省基準)と、そうでないもの(たとえば米国神経学会基準)とがある。脳死の考え方において成人と小児で差がないところから、成人の基準を使用できるとする論文が多いが、成人よりも長い観察時間を設けている基準も少なくない(竹内 1996)。また、乳幼児の年齢によって観察時間を定めている基準もある。観察時間は判定の対象とする年齢層の下限とも関係する。観察時間を長くすれば臨床症状のみで十分判定できるとされている(Rowland 1983, Moshé 1986)。

#### 5 不可逆性の保証

不可逆性の保証として重要なのは観察時間である。厚生省基準の場合6時間以上となっており、厚生省研究班小児基準では12週以上6歳未満で24時間となっている。ちなみに米国のTask forceの基準では2ヶ月以上1歳未満では24時間、1歳以上18歳未満

では12時間以上で、18歳以上では観察時間は特に決められていない。ドイツ基準によると2歳以上の一次性病変で天幕上病変ならば12時間、2歳以下、新生児では補助検査をすれば前者で24時間、後者で72時間となっている。二次性病変では72時間が必要である(第9章で詳述)。このように小児では年齢に応じた観察時間を設けるのが一般的であり、補助検査も必須とされる年齢層(米国のTask Force基準における1歳未満、ドイツ基準における2歳未満)がある。また、補助検査を行うと決められた観察時間を短縮できるという考えが強い。

観察時間はどの基準をとっても大きい差があるわけではないが、若年層ほど長くし、なおかつ補助検査を加えるというのが常識的である。観察時間は経験的に決められたもので、脳死の病態生理を考え、最近の脳蘇生の進歩を加味しても、脳死状態における細胞レベルでの神経細胞の蘇生限界は1時間以内と考えられるので、それよりも遙かに長い時間である。この場合に神経細胞の再生に始まる複雑で高度の神経ネットワークの新生などは到底考えられないことである。脳死判定基準は経験的基準といわれるが、観察時間もまさにその通りである。個々の細胞レベルの観察時間ではなく脳全体としての機能の回復が不可能という意味である。医療には医学との長い相克の歴史がある。意識の成立機序が完全に解明されていないからといって、意識水準の変化を臨床的に分類することが合理的でないとは言わないだろう。

不可逆性のもう一つは脳循環検査や電気生理学的検査の応用である。最も高く評価されているのは脳循環検査であり、最近で

はいろいろな方法が脳死判定にも用いられている。これらの検査は不可逆性の証明に役立つが、脳死状態にあっても脳血流が存在するときがある（第4章参照）

## 6 複数医師による脳死判定（診断）

多くの基準で脳死判定は施設が指名する複数の医師によって行われ、しばしば専門が指定されている。判定医の専門については、わが国では脳死の原疾患から脳神経外科医が多いが、救急・集中治療医、麻酔科医も判定に関わっている。重要なのは専門の名称よりも判定医の経験である。複数の医師による判定は経験と知識を互いに補完し、診断を確実にするという点で必須である。何人の医師が判定に関わるべきかについては、国際的なばらつきが大きい。基準に医師数の記載のない国から最高4名（トルコ）まであり、2、3名とする国が多い。

### 引用文献

- Ashwal S, Serna-Fonseca T: Brain death in infants and children. *Crit Care Nurse* 26: 117-28, 2006
- Brilli R, Bigoss D: Apnea threshold and pediatric brain death. *Crit Care Med* 28: 1257, 2000
- 池田尚人, 有賀徹, 林宗貴他: 脳死判定における毛様脊髄反射の意義—毛様脊髄反射のみ陽性を示した2例—. *脳と神経* 51: 161-6, 1999
- 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班. 総括研究平成11年度報告書: 脳死判定上の疑義解釈. *日医雑誌* 124: 1813-26, 2000
- 松田憲昌, 松本美志也, 坂部武史: 脳死判定における無呼吸テスト. *臨床麻酔* 32(3): 573-582, 2008
- Moshé SL, Alvarez, L A: Diagnosis of brain death in children. *J Clin Neurophysiol* 3: 239-49, 1986
- Pollack MM: Clinical issues of brain death in children. *Lancet Neurol* 6: 88-9, 2007
- Rowland T W, Donnelly, J H, Jackson, A H et al: Brain death in the pediatric intensive care unit. A clinical definition. *Am J Dis Child* 137: 547-50, 1983
- 榊原洋一: 小児の発達. 小児科学第2版. 監修 白木和夫, 前川喜平 医学書院, 東京 1997, 19-36.
- 武下 浩: 無呼吸テストのあり方—脳死判定基準の必須項目. *医学のあゆみ* 192: 856-8, 1999
- 武下浩: 脳死判定基準 - 本邦ならびに諸外国の現状 -. *神経内科* 54: 497-505, 2001
- 武下浩: 小児脳死の課題. *臨床麻酔*, 31: 49-57, 2007
- 竹内一夫: 小児の脳死判定. *脳神経外科速報* 6: 185-8, 1996
- Truog RD, Robinson: WM. Role of brain death and the dead donor rule in the ethics of organ transplantation. *Crit Care Med* 31: 2391-6, 2003
- Vardis R, Pollack MM: Increased apnea threshold in a pediatric patient with suspected brain death. *Crit Care Med* 26: 1917-9, 1998
- Wijdicks EFM: Brain death worldwide - Accepted fact but no global consensus in diagnostic criteria. *Neurology* 58: 21-5, 2002

## 第8章 脳死判定の補助検査

村川 敏介、武下 浩

研究要旨 厚生省基準では、従来から一貫して補助検査という表現を用い、確認検査という用語は用いなかった。脳死判定に当たって機器による検査は補助的であるという意味であるが、国によっては補助検査を必須項目に加えている。信頼のおける確認あるいは補助検査を求めて多くの研究が行われ、最近では複数の補助検査を行って相互の関連性を調べている研究も多い。脳循環検査にもいろいろな方法が検討されて、利点、欠点なども明らかにされているが、完全な「補助検査」というものはなく、脳循環も例外ではない。小児に関しては欧米では脳シンチグラフィがよく用いられているようである。神経検査が主体であるといっても、補助検査の地位は揺るがない。神経検査で十分でないときはもちろん、乳幼児では補助検査を必須とする考え方が強い。不可逆性の保障は、前提条件、観察時間、必要に応じて補助検査を加えるの三つの条件で決まり、後2者は相互に依存しており、たとえば、補助検査をしなければ後は観察時間延長が必要である。このようにみても脳死の判定には医師の総合判断が重要であることがよく分かる。

### 1 補助検査と確認検査

基準によって差があるのは補助検査(ancillary test)の位置づけである。外国の基準では確認検査(confirmatory test)といわれる場合が多いが、ドイツでは補完検査(Ergänzende)といわれている。厚生省基準では電気生理学的検査、脳循環検査を補助検査と呼んできたが同基準では脳波が必須項目に入っているため、脳波以外の検査となると、現在のところ誘発電位及び脳循環に関するものである。用語の使い方として、厚生省基準は、脳死診断の中核は神経所見であるという立場から補助検査と称してきた。脳死判定のための補助検査は多いほどよいというものではない。患者・施設にかかる負担や検査所見の判断や信頼度などを考えると、確実に脳死を診断するのに必要な検査にとどめるべきである。

国際的にみて補助検査は、神経学的な診

断だけでは判定が困難なとき、小児脳死の診断に用いるとき、脳死の診断を早くしたいときに用いられると考えてよい。

近年の検査手法の進歩にもかかわらず、小児においても神経検査を繰り返し行って経過をみることの方が重要とされている(Ashwal 2001)。脳波、脳幹誘発電位などの電気生理学的検査や、各種の脳循環検査が採用されている小児基準もあるが(竹内 1996)、臨床神経学的検査のみでは判定が困難な場合に利用するべきであるとする考えもある(Canadian Council for Donation and Transplantation 2003)。

補助検査や確認検査といわれるものは広範な領域を含んでおり、専門的知識と技術が必要である。本報告書がそれらのすべてを網羅することは不可能なので、ここでは基本的考え方と現状の概要を述べるにとどめる。

## 2 脳波と誘発電位

### 2-1 脳波

厚生省研究班小児基準では成人の基準と同様に脳波検査が必須項目になっており、平坦脳波でなくてはならない。通常の感度  $10\mu\text{V}/\text{mm}$  で記録し、一部分感度を上げて  $2\mu\text{V}/\text{mm}$  として記録し、脳波計の内部雑音 ( $2\sim 3\mu\text{V}/\text{mm}$ ) 以上の脳波がまったく認められないことを確かめる。平坦は誤解を招くので脳電氣的無活動 (electrocerebral inactivity; ECI) とされている。厚生省研究班小児基準では修正齢12週以降の乳児が脳死の判定対象であるが、脳波検査の実施にあたっては日本臨床神経生理学会による改訂臨床脳波検査基準2002 (日本臨床神経生理学会 2003) に準拠することが望ましい。

大府ら (2000) らは、小児脳死の判定における記録上の問題点を指摘している。基準では電極間距離を7cm以上。4導出、単極、双極というが、たとえば頭囲が30cm (標準小児の出生時) であり、7cm以上あけることは不可能なので追加導出が必要になること、アーティファクトの危険が高い環境での高感度30分以上の記録には困難を伴うこと、小児脳波判読の専門性などについて注意を喚起している。また、高感度でハムなどを除外した後も最後まで残る脳波様微小電位は皿電極を用いてインピーダンスが高いと生じるので、針電極で電極接触インピーダンスを  $2\text{k}\Omega$  以下にするとよい (橋本 2003)。脳波に関しては日本臨床神経生理学会、臨床脳波検査学会基準が出されている。それによると、脳死の判定に関する脳波検査は、① 平坦脳波とECIの定義、② 耳垂

を基準とした導出及び電極間隔10cm以上の長距離双極導出につき、それぞれ最低4導出以上混合したモニタージュで30分の連続高感度記録、となっている (石山 2002)。

### 2-2 小児の脳波

新生児、乳幼児では脳死と診断されても脳波活動が持続する場合はよく知られている。脳死と診断された当初は等電位脳波 (平坦、isoelectric) でないときも、数日経過すると多くの小児は電氣的脳無活動 (electrocerebral silence; ECS、electrocerebral inactivity; ECI) の状態になる。また、新生児で脳死と診断されてから脳波の回復がみられた例も報告されているが、その頻度は  $5/222,500$  と低い (Ashwal 1997)。これらの例でも植物状態にも回復していない。Task Forceの基準では1歳未満小児での脳波検査を2回行うことになっているが、最初にECSがあれば臨床的脳死診断を支持していると考えてよいだろう。1歳以上では適切な観察時間中に神経所見の変化がなければ、脳波検査をする必要はない。低体温や薬物の影響がないことを確かめるのは当然である。低体温では平坦に近い脳波 (suppression) は  $24^{\circ}\text{C}$  以下でないとみられないし、等電位脳波になるのは  $18^{\circ}\text{C}$  以下とされている。体格の小さい乳幼児では体温の調節は比較的容易なので、 $35^{\circ}\text{C}$  に保つのは難しくない。薬物としては等電位脳波からの回復性の高いものに痙攣抑制のために用いられるフェノバルビタール使用症例が多い。フェノバルビタールの血中レベルが  $20\sim 25\mu\text{g}/\text{ml}$  以下であれば、脳波、無呼吸テスト、脳幹反射に及ぼす影響は少ないとされている (Ashwal 1993)。

### 2-3 誘発電位

日本の場合、公表済みの脳死下の臓器提供例で明らかなことは、聴性脳幹反応(ABR)検査がほとんどの例に行われていることである。所見としては全ての波またはI波以外の全ての波の消失である。規則で定められた脳波以外の検査として、体性知覚誘発電位(SSEP)はABRほどには行われておらず、むしろ脳循環検査が行われている。米国神経学会基準の解説ではABRは取り上げられておらず、SSEPの方が詳しく書かれている。

ABRの有用性については、小児、特に6か月未満の小児では信頼性に欠けるといわれているが、脳死と診断された51例の小児について検討した結果では、90%で波形の完全消失、Ⅲ-Ⅶ波の消失がみられ、しかも、ECIに先行してみられたという(Ruiz-Lopez 1999, Butinar 1996)。大府ら(2000)によると13歳までの8例について無呼吸テストを除く脳死判定を行い、脳波が平坦化した時点と脳死判定時のABRを経時的に測定し、いずれの時点においても8例中3例にABRの波形成分の残存が認められた。脳波とABRは同時に波形消失をきたすわけではなく病態によって異なることを示唆している。2歳未満の小児脳死5例のうち脳波がECIを示した時のABRは、3例で全波消失、Ⅰ-Ⅱ、Ⅰ-Ⅲ波残存が各1例であったところから、ECIの測定が難しいときはABRが有用であるとしている。脳波と誘発電位とを比較して、後者では介在ニューロンが少ないので残存の可能性が高いと考えられる。

体性知覚誘発電位(SSEP)については、ABRと比較して感度がよいとはいえないが、部位的にABRよりも下部の脳幹誘発電位を

測定しているのが特徴である。脳死と判定した症例の62.5%において、SSEPの完全消失あるいは頸髄反応のみがみられたと報告されている(Butinar 1996)。脳死症例でのABRとSSEPを比較検討した報告(横田 2003)ではP18以降の脳幹、皮質成分は出現していない。P13, N13の脳幹成分は消失していた。ABRが行えないような時にはSSEPで補完するのがよいとしている。測定法の問題として、SSEPは正中神経から大脳皮質感覚野に至る深部感覚路を神経路に沿って波形を観察するので、通常のモンタージュ法では脳幹由来の波形を十分に評価し難い。横田ら(2006)はモンタージュ法を工夫して腕神経叢由来のP9、延髄膜状核由来のN18、内側毛帯、一部下部頸髄由来のP13、体性感覚由来のN20をそれぞれ別個に評価できるようにしている。

誘発電位に関しては、記録法が統一されていないと比較は困難であり、それぞれの測定条件が明示されていなければならない。日本臨床神経生理学会の誘発電位測定指針(1997年改訂)に準じる必要があるが、脳死状態のようなときには工夫が必要であろう。いずれにしても脳死の診断に用いるときは、できるだけ方法を標準化しておく必要がある。その場合には小児に対する配慮も必要となる。

### 3 脳循環検査

脳血流が一定時間途絶すると脳細胞の死は確実であるという学理的根拠に基づき血流途絶の脳死の診断にもっとも有用であるとする考えから、脳循環検査は確認検査という名にふさわしい検査とされてきた。し



かし、脳死と診断された乳幼児、小児のすべてに脳血流の欠如や経頭蓋超音波ドプラー検査法(TCD)での異常パターンがみられるとは限らない。

ちなみに、脳循環の停止は、弾性の少ない頭蓋内で、脳細胞の障害から浮腫、組織圧の上昇、さらなる虚血の進展という悪循環が形成されることによる。単に脳細胞が死んだという理由だけで血流が停止するわけではない。画像診断による脳循環検査では、基本的には脳循環（特に脳幹への循

環）が、神経細胞の生存に必要なして十分なほどには存在しないことを確認する必要がある。

表8-1はWijdicks(2001)の論文からの引用で、脳循環検査は米国における成人の確認検査として広く行われていると思われる。

### 3-1 脳シンチグラフィ

日本と異なり、米国では小児の脳循環測定には脳シンチグラフィが最も広く用いられている。理由は、放射性核種を静脈注入

## 表8-1 脳死判定の確認検査

### 脳血管撮影（造影）

- ・造影剤は、総頸動脈・椎骨動脈の領域に高圧で注入されなければならない。
- ・内頸動脈と椎骨動脈の頭蓋内入口レベルで脳内造影があってはならない。
- ・外頸動脈領域は造影がみられなくてはならない。
- ・上矢状洞の描出は遅れてもよい。

### 脳波

- ・少なくとも4導出（8電極）を使用する。
- ・電極間抵抗は100Ω以上、10KΩ以下とする。
- ・脳波測定システムの総合機能チェックを行う。
- ・電極間距離は少なくとも10cm以上とする。
- ・感度は2μV/30分以上とし、その間適時較正を行う。
- ・ハイカットフィルターは30Hz以上とし、ロウカットフィルターは1Hz未満とする。
- ・脳波測定は、激しい体性感覚刺激や視聴覚刺激の反応がない状態で行う。

### 経頭蓋ドプラー超音波検査

- ・両側で超音波検査を行う。プローベは頬骨より上部の側頭骨におく、大後頭孔窓で椎骨・脳底動脈を検索する。
- ・異常所見としては、拡張期の血流消失あるいは反射流(reverberating flow)の欠如、収縮期初期のみの短いスパイクを認めることである。
- ・頭蓋内全血流停止の所見があっても、経側頭骨窓からの不十分な探査のため信頼できない可能性がある。

### 脳シンチグラフィ（Tc-99m-HMPAO）

- ・核種は30分以内に注入する。(標識化合物を造った後)
- ・核種注入後30-60分の間と2時間後に数カ所の部位において、50万カウントの静止画像を撮る。
- ・血管内に正しく注入されたか否かの確認は腹部のイメージで肝臓への取り込みを確認する（随意項目）。

(N. Engl. J. Med, 344.. 16, 2001)

しておけば動脈採血を必要とせず、シンチカメラですぐに結果を得ることができる。安全で信頼性があり、電氣的干渉を受けず、頭蓋欠損や頭皮の外傷があっても検査が可能であるのも利点である。わが国ではシンチカメラの設置されている場所に患者を移す必要があるが、欧米ではベッドサイドに持ち運びのできるポータブル・シンチスキャナが普及しており施行が容易である。大部分の方法で初期のdynamic phaseで循環を評価し、その後、それぞれの放射性核種の脳への吸収をstatic imageで検査する。放射性核種を急速に注入し頭蓋像を得る。動脈相において数秒以内に脳活性がえられ、脳活性ピークから6-8秒以内に矢状洞活性が観察される(Wieler 1993)。初期相の活性が認められなければ血流はないと判断される。最近では、Tc-99m-HMPAO(ヘキサメチルプロピレンアミノキシム)が用いられることが多く、より正確な脳実質のstatic imageが得られる。核種をICUで注射して、後はガンマカメラあるいは核医学部門へ移して検査する。多くの研究で、この方法が成人、小児ともに正確で再現性があり、脳血流の存在を確認するには他の方法よりも優れていると報告されている。にもかかわらず、わが国で行われない理由は、放射性物質の病院内での使用が厳しく制限されているためであろう。脳血流欠如の主な原因は灌流圧の低下によるが、血管平滑筋、脳実質からの血管収縮性物質の放出が関与している可能性もある。小児脳死で血流がみられないとき、脳灌流圧は20-30mmHgといわれるが、8ヶ月から3歳の小児脳死例で頭蓋内圧を測定した研究によると、45-50mmHg以上の灌流圧があったという(Go

odman 1985, Holzman 1983)。要するに、頭蓋内圧の上昇が血流停止の主因ではあるが、それ以外の上述の機序の関与も考えられる。

### 3-2 ゼノン脳血流量測定

ゼノンを用いた脳血流量測定(XeCBF)による成人脳死8症例の脳血流量値(CBF)は $1.6 \pm 2.0 \text{ ml/min/100g}$ で(Darby 1987)、脳シンチグラフィで血流の認められなかった小児脳死の9例のXeCT/CBFは $1.29 \pm 1.6 \text{ ml/min/100g}$ であったという報告(Ashwal 1989)がある。このことは、成人でも小児でも脳死ではXeCTによる脳血流量値が $2 \text{ ml/min/100g}$ 以下になると脳シンチグラフィでの血流停止の所見と一致する(Ashwal 1989, Darby 1987)。本多ら(2004)は7例の脳死、切迫脳死などの重症脳傷害患者のXeCTの画像処理を行い、脳血流量は左右大脳半球の平均値を用い脳血流マップを作成した。さらに脳血流のヒストグラムを作成して血流評価した。全例で脳血流量は $4 \text{ ml/min/100g}$ 以下であった。脳死症例では $0 \text{ ml/min/100g}$ をピークとした低還流を示すピクセルが多くの割合を占めた。また、脳血流マッピングは、すべてのスライス面で蜂巢状の特殊なパターンを示すと報告している(本多 2006)。

### 3-3 経頭蓋超音波ドップラー検査

脳死診断の補助検査としての経頭蓋超音波ドップラー検査(Transcranial Doppler Sonography; TCD)に関する研究は多い。測定機器がポータブルで非侵襲的なところがよいが、相当な経験を必要とする。脳死では特異的パターンとして拡張期血流速の消

失、拡張期の逆流を伴う振動波パターンや収縮期流速の減少などがみられる。小児脳死のTCDは1980年代初期から発表されており (McMenamin 1983)、それらによると頭蓋内圧亢進が進行する症例では特徴的TCDパターンの変化がみられる。放射性核種による画像あるいは脳血管撮影とTCDによる所見との関係はみていないが、TCD所見で脳血流の消失が見られた症例では剖検では脳死に伴う脳組織の壊死がみられた。小児のTCDに関しては、脳死に至る典型的パターンを示すという報告 (Messer 1990) もあるが、一方で脳死と判定されたにもかかわらずTCDが正常であったという報告や、拡張期流の反転がみられたにもかかわらず回復したという報告 (Jalili 1994, Bode 1988) もある。頭蓋内圧亢進や血管抵抗増加をきたしていない小児脳死、特に乳幼児、新生児では特異的パターンを示さないものと思われる。

### 3-4 その他の検査

単光子放出型コンピュータ断層撮影 (single-photon emission computed tomography; SPECT) は小児での報告があり、桂木 (2001) は脳死の疑いのある3歳以下の小児12

例にSPECTを行い、6例で脳血流の途絶を認め、他の所見とあわせて脳死と診断している。3例では脳全体に蓄積、他の3例では一部にごく微量の集積を認め、一部に集積の認められる例では検討を必要としている。さらに、臨床的脳死を疑った成人を含む56例を対象として行ったところ、ほとんどの症例でSPECTにより脳死の確認あるいは否定が可能であったが、小児脳死症例においては少量の部分的血流があり境界線上にある例も存在したという (桂木 2002)。臨床的脳死状態での磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging; MRI) や磁気共鳴血管撮影 (magnetic resonance angiography; MRA) による検討は少ない。図8に示す症例は、2ヶ月齢のときに窒息が原因で深昏睡、脳幹反射の消失をきたし人工呼吸管理を行い、1年4ヶ月経過している小児の発症時のCTと1歳6ヶ月のMRIとMRAである (図8-2A、図8-2B)。この間、神経症状は全く変化していない。MRIではスポンジ状に脳実質の軟化が起きているが、MRAでは支持組織と見られる組織への血流は維持されていると思われる (症例提供は福岡徳州会病院周産期センターの好意による)。

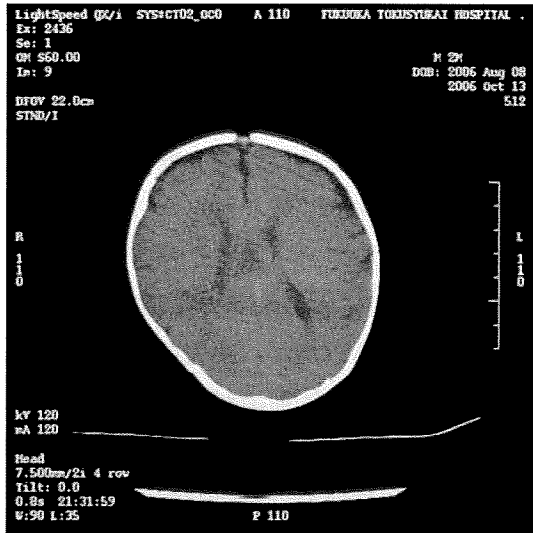


図8-1A来院時（生後2ヶ月）2006.10.13 CT  
皮髄境界が不鮮明である

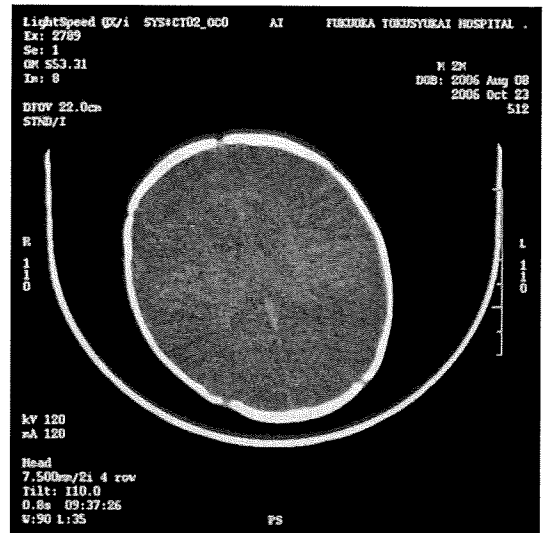


図8-1B 10病日 2006.10.23 CT  
皮髄境界不明瞭。脳室・脳溝の狭小化を  
呈し全般性の著明な脳浮腫を認める

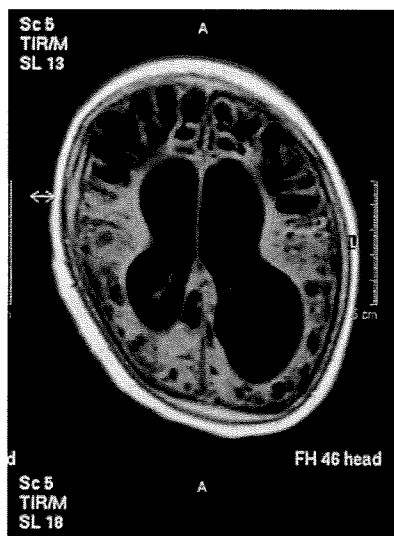


図8-2A 1歳6ヶ月 2008.2.14 MRI  
広汎な脳硬化(encephalomalasia)および萎縮(atro-  
phy)を認める

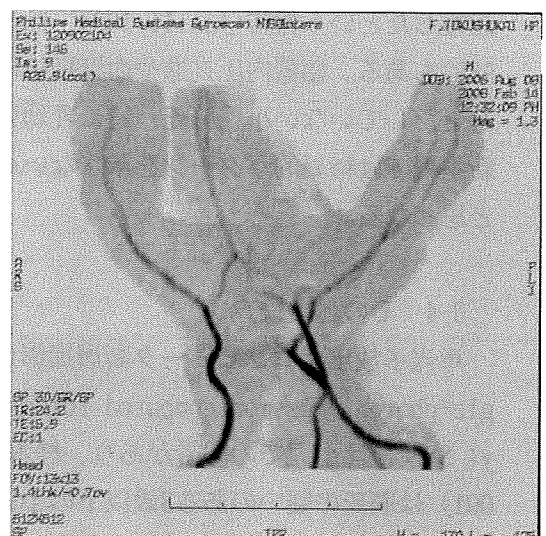


図8-2B 1歳6ヶ月 2008.2.14 MRA  
血流は乏しいが、前・中・後大脳動脈が  
描出されている

症例：1歳 男児 無酸素性脳症（臨床的脳死状態） 2008..2.14 体重 15.2kg、身長 85.8cm

病歴：成熟児にて38週、3398g、仮死無く出生。2006.10.13(生後2ヶ月)ベッド（マットレス）より滑り落ち横に置いてあったオムツのビニール袋に顔を埋めた状態で家族に発見され救急搬入となった。来院時、心肺停止状態で、直腸温35.8度。直ちに心肺蘇生を行い、発見後45分後（来院後15分後）に心拍再開した。その後ICU管理となった。

入院後経過：引き続き人工呼吸管理、カテコラミンによる循環管理、脳低温療法・グリセオー

ル・フェノバルビタールによる抗脳浮腫療法、DICに対する治療、インスリンによる血糖コントロール、輸血等を行った。来院時より脳CT上では皮髄境界の不明瞭化が認められ、その後全般性の低吸収・著明な浮腫を認めた。1週間のICU管理により循環動態等は安定したが、意識状態の改善・自発呼吸の回復はみられなかった。経過中、瞳孔5.0mm（左右同大）、対光反射・角膜反射・眼球頭反射・咳反射は認められず、脳波は平坦で聴性脳幹反応は認められなかった（無呼吸テストは行っていない）。

以後、人工呼吸管理継続し、肺炎などの感染症契機に全身の状態悪化みられるが治療により改善した。

#### 4 平坦脳波とは何か、そして脳血流停止とは何か

厚生省基準では脳波検査が必須項目に入っているが、これには歴史的経緯がある。和田心臓移植を受けて脳死の判定基準作成の先導的役割を果たした（旧）日本脳波学会の存在、その流れを受けての厚生省基準であった。米国でも同じような事情があり、Harvard大学の基準も当初は脳波検査を必須としたが、後に脳波は必須ではないとした。脳波学会基準は脳幹の機能消失の重要性を強調するとともに脳波検査の限界についても述べている。つまり、脳波は補助検査であるが、厚生省基準では脳死判定の必須項目になっているものの、脳死判定において完璧な検査であるから採用されているのではない。1985年の厚生省基準における平坦脳波という表現は用語として適切でない。平坦という用語はなく、電氣的無活動あるいは静止（ECIあるいはECS）と表現すべきだと批判されている。標準化という点では脳波はほかの補助検査よりも完成度が高いのは確かであり、判定基準の脳波記録法は最低限守るべき日本臨床神経生理学学会のガイドラインに従うことが薦められている。脳波検査に必要な技術的事項は膨

大であり、これらがマニュアルに採用されて法的拘束力を持つようになると、現場での対応を難しくする可能性がある。脳死の臨床では脳波の限界を知った上での用い方をすべきである。

脳循環停止を証明する脳血管造影は決定的な脳死の証明になるとされ、脳血管が造影されない所見はnon-fillingと呼ばれている。しかし、脳死状態でも頭蓋内主幹動脈の血流が残存する場合は古くから知られている。これも「血管撮影上のnon-filling」といわれ、脳血流停止と同義的に考えられている。塩貝（2003）は血管撮影上のnon-fillingと経頭蓋超音波による血流速度波形解析を行って、血管撮影上のnon-fillingでは、少なくとも頭蓋内血流停止ではない病態が存在することは明白だとしている。そうであれば脳血管造影の意義も従来考えられたほどではないかもしれない。臨床的に脳死でも血管が造影されることもあり、逆に脳血管が造影されなくても脳死でない場合もありうる。このように見ると、天幕上病変で脳ヘルニアをきたして脳死に至る典型的な場合以外は病態により、検査の時期により多彩な所見がみられても不思議ではない。たとえ客観性に優れていても、補助検査を安易に導入す

ることは却って混乱を招く恐れがある。要するに、神経検査に取って代わるような脳循環検査は今のところないということである。

#### 引用文献

- Ashwal S, Schneider S, Thompson J: Xenon computed tomography measuring cerebral blood flow in the determination of brain death in children. *Ann Neurol* 25: 539-46, 1989
- Ashwal S: Brain death in early infancy. *J Heart Lung Transplant*. 12: S176-8, 1993
- Ashwal S: Brain death in the newborn. Current perspective. *Clin Perinatol* 24: 859-82, 1997
- Ashwal S: Clinical Diagnosis and Confirmatory Testing of Brain Death in Children. (edited by EMF Wijdicks.) Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001, 98-110.
- Bode H, Sauer M, Primingsheim W: Diagnosis of brain death by transcranial Doppler sonography. *Arch Dis Child* 63: 1474-8, 1988
- Butinar D, Gostisa A: Brainstem auditory evoked potentials and somatosensory evoked potentials in prediction of posttraumatic coma in children. *Pflugers Arch* 431: R289-R290, 1996
- Canadian Council for Donation and Transplantation: Severe brain injury to neurological determination of death: A Canadian Forum. Report and Recommendations. The Canadian Council for Donation and Transplantation. Edmonton, AB, Canada. 2003
- Darby JM, Yonas H, Gur D et al: Xenon-enhanced computed tomography in brain death. *Arch Neurol* 44: 551-4, 1987
- Goodman JM, Heck LL, Moore BD: Confirmation of brain death with portable isotope angiography: a review of 204 consecutive cases. *Neurosurgery* 16: 492-7, 1985
- 橋本修治: 脳死判定 脳波検査の脳死判定における問題点. *臨床神経生理学* 31: 100-101, 2003
- Holzman BH, Curless RG, Sfakianakis GN et al: Radionuclide cerebral perfusion scintigraphy in determination of brain death in children. *Neurology* 33: 1027-31, 1983
- 本多満、長尾建樹、内野正文 他: 脳死判定における補助診断としてのXe-CTの有用性の検討. *日本神経救急学会雑誌* 17: 23-6, 2004
- 本多満、青木美憲、羽賀大輔 他: 脳死判定における脳血流評価としてのXe-CTの有用性. *脳死・脳蘇生* 18: 46-51, 2006
- 石山陽事: 改訂臨床脳波検査学基準(脳死判定の検査を含む)について. *臨床病理* 50: 313, 2002
- Jalili M, Crade M, Davis AL: Carotid blood-flow velocity changes detected by Doppler ultrasound in determination of brain death in children. A preliminary report. *Clin Pediatr Phila* 33: 669-74, 1994
- 桂木誠、西原春実、里井美香 他: 脳血流SPECTを中心に. *小児科臨床* 54: 422-3, 2001
- 桂木誠、西原春実、林隆士 他: 脳血流測定による診断と治療のモニタリング 脳死診断における脳SPECTについて. *Brain Function Imaging Conference記録集* 17: 49-54, 2002

- McMenamin JB, Volpe JJ: Doppler ultrasonography in the determination of neonatal brain death. *Ann Neurol* 14: 302-7, 1983
- Messer J, Burscher A, Haddad J et al: Contribution of transcranial Doppler sonography to the diagnosis of brain death in children. *Arch F r Pdiatr* 47: 647-51, 1990
- 村松和彦、山本剛：武下浩宛私信．福岡徳州会病院小児科・周産期センター
- 日本臨床神経生理学会 誘発電位の正常値に関する小委員会：誘発電位測定指針案(1996年改訂) *臨床神経生理学* 25: 1-16, 1997
- 日本臨床神経生理学会 臨床脳波検査基準改訂委員会：改定臨床脳波検査基準 2002：*臨床神経生理学* 31: 22-42, 2003
- Ruiz-Lopez MJ, Martinez de Azagra A, Serrano A et al: Brain death and evoked potentials in pediatric patients. *Crit Care Med* 27: 412-6, 1999
- 塩貝敏之：脳死判定 脳死と脳血流停止所見をめぐって 超音波検査法を中心に．*臨床神経生理学* 31: 101, 2003
- 大府正治、満留昭久：小児の脳死判定における脳波の問題．*臨床神経生理学* 28: 109, 2000
- 竹内一夫：小児の脳死判定．*脳神経外科速報* 6: 185-8, 1996
- Wieler H, March K, Kaiser KP et al: Tc-99m HMPAO cerebral scintigraphy: a reliable noninvasive method for determination of brain death. *Clin Nucl Med* 18: 104-9, 1993
- Wijdicks EMF: The Diagnosis of Brain Death. *N Engl J Med* 344: 1215-21, 2001
- 横田裕行、桑本健太郎、志賀尚子 他：脳死判定における短潜時体性感覚誘発電位の意義．*日本救急医学会雑誌* 14: 658, 2003
- 横田裕行、山本保博、有賀徹 他：脳幹機能評価のための短潜時体性感覚誘発電位 (SSEP) 測定法．*脳死・脳蘇生* 18: 70, 2006

## 第9章 アジア諸国とドイツ、カナダ、スイスの小児脳死判定基準 坂部 武史、武下 浩

研究要旨 アジア諸国の脳死判定基準と臓器移植に関するアンケート調査の結果、日本を含め8カ国中6カ国で国家レベルでの成人の脳死判定基準が存在し、現在検討中が1カ国、まだ国家レベルでの基準がない国が1カ国であった。判定基準の確立している6カ国のうち5カ国では、臓器移植のために基準の遵守を法で定めている。小児にも判定基準を適応して年齢を定めている国は、日本・韓国（6歳以上）、タイ（12ヶ月以上）であった。小児に限定した脳死判定基準をもっている国は、韓国、マレーシア、シンガポール、日本の4カ国であった。中国では国家レベルでの脳死判定基準が検討されている最中のようなようではあるが、心臓移植の方が先行している。アジア諸国ではインド、中国を除くと成人の心臓移植は多くはなく、小児の心臓移植例はきわめて限られている。今回の調査では、文化的、社会的、宗教的特性と脳死・臓器移植の普及度とを詳細に考察することはできないが、ドイツ、カナダ、スイスと比べて、アジア諸国では脳死・臓器移植に関して残された検討課題は大きいと思われる。カナダでは、脳死はガイドラインに基づいて判定されるが、臓器移植やドナーからの臓器摘出のためのガイドラインの手順は、各々の地方および施設のガイドラインを尊重すべきとしているのは特徴的である。

### 1 アジア諸国へのアンケート調査

平成19年度研究班の主たる課題にあるように、本研究の目的はそれぞれの項目についての国際比較を重要視している。脳死判定基準の国際比較はWijdicks (2002) が丹念に調べており、基本的に脳死の概念は同じであるが判定基準には差があるとしている。しかし、脳死は脳幹死、全脳死を問わず機能死である点では判定基準は同じで、その診断は神経所見によるとする考え方も共通している。一方、脳幹検査の種類、補助検査の位置づけ、観察時間、法制化の有無、などには差がある。補助検査(ancillary test)を確認検査(confirmatory test)と称する基準は多いが、神経検査を重視する点では共通している。各国の脳死判定基準の多くは医学雑誌などに公表されているが、外国の基準のなかには政府あるいは学協会の印刷物の形でしか入手で

きないものもある。そこで研究者が個人的ルートで当該国の指導的立場にある人に依頼するという方法もとられる。いずれにしても、脳死判定に関する公表文は検査項目の羅列でなく、背景となる考えや検査法の詳細な記述があることが望ましい。また、改訂版が出ているかどうかも大切である。このようにみても、この種の調査にはどうしても避けられない情報不備があるのは知っておく必要がある。

本研究ではアジア諸国に対してアンケート調査を行ったが、相手はその国の代表的研究者(Asian Society of Neuroanesthesia and Critical Care)の支部長あるいはそれに準じる者である。質問の内容は表9-1の通りである。アンケート依頼時に参考のために日本の厚生省基準の英訳(表9-2)を添付した。



## 2 調査結果

調査結果は表9-3に示すとおりで、残念ながら、フィリピンとは連絡が取れなかった。

日本を含め8カ国中6カ国で国家レベルでの成人の脳死判定基準が存在し、現在検討中が1カ国、まだ国家レベルでの基準がない国が1カ国であった。判定基準の確立している6カ国のうち5カ国では、臓器移植のために基準を遵守すべきことを法で定めている。また、小児にも基準を適用しているが、年齢を定めている国は日本（6歳以上、ただし、臓器移植は15歳以上）、韓国（6歳以上）、タイ（12ヶ月以上）である。小児に限定した脳死判定基準をもっている国は韓国、マレーシア、シンガポール、日本の4カ国であった。中国では国家レベルでの脳死判定基準がまさに検討されている段階ではあるが、心臓移植の方が先行しているようである。なお、最近の新聞報道（平成20年3月9日産経）によれば、

中国衛生省では4月より脳死判定の条例が試行されるという。アジア諸国ではインド、中国を除くと成人の心臓移植は多くなく、とくに小児の心臓移植については極めて限られており、調査で明らかになった症例は13歳、14歳の2症例のみであった。アジア各国にはそれぞれの国に文化的、社会的、宗教的特性があり、その差は決して小さいものではない。中国、韓国、日本は儒教の影響が強く、脳死臓器移植についても同様の影響があるのではないかとの見方もある。脳死が臓器移植と結びつくために脳死自体にも文化的背景が影響しているとすると、それは脳死を人の死とするかどうか最大の論点で、判定基準そのものにおける差は少ない。医学的には戦前から英国（かつての宗主国）医学の影響が強かった国と戦後米国医学の影響が強い国とで差があるように見える。前者は脳幹死、後者は全脳死である。

表9-1 東アジア諸国へのアンケート調査表

Country ( \_\_\_\_\_ ) 1/3

2/3

**Adults**

Do you have national criteria for brain death determination in your country?  
(Please check with √ )  
Yes, \_\_\_\_\_ No, \_\_\_\_\_

If yes, who (or what organization) made the criteria?  
Medical association  
Government  
Others ( \_\_\_\_\_ )

Are criteria for brain death strictly in observance in case of organ transplant donor?  
Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Do you have any law that regulates the observance of criteria for brain death?  
Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

or, could you use your own institutional criteria in case of organ transplant donor?  
Yes, \_\_\_\_\_ No, \_\_\_\_\_

Who is responsible to diagnose or declare brain death?  
How many doctors, \_\_\_\_\_ ( requested by law)  
What is his or her specialty?  
Neurologist, Neurosurgeon, Anesthesiologist,  
Critical care medicine specialist , Intensiveist

Are criteria for adults applicable to children?  
Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

If yes, is there any age limitation?  
Yes \_\_\_\_\_  
elder than what age? ( > \_\_\_ years , or, \_\_\_ months old)  
No, \_\_\_\_\_

**Children**

Do you have national criteria for brain death in children, especially for infants and young children, in your country?  
Yes, \_\_\_\_\_ No, \_\_\_\_\_

If yes, who (or what organization) made the criteria?  
Medical association  
Government  
Others ( \_\_\_\_\_ )

Are there any specific criteria for different age groups (age- related criteria)?  
Yes, \_\_\_\_\_ No, \_\_\_\_\_

If yes, please specify items (mandatory brain stem reflexes and confirmatory tests) different from adult criteria.  
Neonates (less than 7days)  
Infants (less than one month )

**Children**  
1 year old to 5 years old (young children)  
6 years old to 12 years old  
13 years old to 17 years old  
If you have different age grouping, please specify.

Are criteria for brain death strictly in observance in case of organ transplant donor?  
Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Is it needed to obtain informed consent for organ donation from a child with age of less than 18?  
Yes \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ (only will of parent or next of kin is necessary)

If yes, at what age can child give his or her own consent to become an organ donor?  
> \_\_\_\_\_ years old

3/3

**Cardiac transplantation**

What is the number of cardiac transplantation per year?  
Cases in 2006 \_\_\_\_\_ , in 2007 \_\_\_\_\_ ,  
or  
Average number of cases for the last two or three years \_\_\_\_\_

Among those, what is the number of children with age of less than 18?  
\_\_\_\_\_

If possible, please provide the number of cases in a different age group  
Neonates (less than 7 days) \_\_\_\_\_  
Infants (less than one month) \_\_\_\_\_  
Children  
1 year old to 5 years old \_\_\_\_\_  
6 years old to 12 years old \_\_\_\_\_  
13 years old to 17 years old \_\_\_\_\_

**Table Criteria for Brain Death**

---

Determination of Brain Death

**1. Prerequisite**

- 1) Cause of disease must be securely diagnosed and imaging diagnosis (especially CT) is mandatory for the diagnosis.
- 2) A known irreparable structural brain injury detected by CT should be present.
- 3) Patient who are in deep coma and placed on ventilator
- 4) Available best treatments for the specific brain injury and the effort to maintain circulatory and respiratory function have to be done and there is no possibility of functional recovery with all currently available interventions in all aspects

**2. Exclusion**

- 1) Patient with mental retardation who is considered to be unable to express his or her own will
- 2) Children under 6 years old (under 15 years old by Organ Transplant Law)\*1
- 3) States that can mimic brain death  
Locked-in syndrome, Drug intoxication, Poisoning of sedatives, hypnotics or anticonvulsants, Neuromuscular blocking agents, Sever hypothermia (core temperature below 32°C), Endocrine and metabolic diseases

**3. Neurological Examination**

- 1) Deep coma: Japan coma scale 300, Glasgow coma scale 3
- 2) Absence of papillary respnses to light and pupils at mid position with respect to dilatation (greater than 4 mm in diameter)
- 3) Absence of brainstem reflex
  - Absence of corneal reflex
  - Absence of ciliospinal reflex
  - Absence of oculocephalic reflex
  - Absence of vestibular reflex
  - Absence of pharyngeal reflex
  - Absence of cough reflex

**4. Flat EEG : Electrocerebral inactivity (ECI)**

Recordings must be obtained for at least 30 minutes. Electrical activity is absent at levels higher than 2 V with the instrument set at a sensitivity of 2 V/mm. There should be no EEG reactivity to intense somatosensory or auditory stimuli

**5. Absence of respiratory drive at a PaCO<sub>2</sub> level greater than 60 mmHg**

**6. Observation period**

Interval between the first and second evaluation (Evaluation must be performed twice)

---

表9-3 アジア諸国へのアンケート集計表

		China	India	Indonesia	Korea	Malaysia	Singapore	Thailand	Japan
Adults	1. Do you have national criteria for brain death	UD	+	-	+	+	+	+	+
	2. If yes, who (or what organization) made the criteria	b	b	a, b	b	a, b	b	a	b
	3. Are criteria for brain death strictly in observance in case of organ transplant donor?	+	+	-	+	+	+	+	+
	4. Do you have any law that regulates the observance of criteria for brain death?	+	+	-	+	-	+	+	+
	5. Or, could you use your own institutional criteria in case of organ transplant donor?	-	-			-	-	-	-
	6. Who is responsible to diagnose or declare brain death How many doctors, ___ ( requested by law) What is his or her specialt	2 or more UD	4	3	by law 4 ~ 6	2	by law	3	by law > 2
		1,2,4	1,2	1,2,3,5	1,2,3	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4	1,2,3,4,5
	7. Are criteria for adults applicable to children	-	-	+	+	#	+	+	+
8. If yes, is there any age limitation? elder than what age			-	+	+	+	-	+	
				> 6y	> 1y	12Mo		> 6y	
Children	1. Do you have national criteria for brain death in children, especially for infants and young children, in your country?	-	-	-	+	+	+	-	+
	2. If yes, who (or what organization) made the criteria				b		b		b
	3. Are there any specific criteria for different age groups (age- related criteria)?		-	-	+		+	-	+ †
	4. If yes, please specify items (mandatory brain stem reflexes and confirmatory tests) different from adult criteria.				§				
	Neonates (less than 7days)						-		
	Infants (less than one month )						-		
	Children								
	1 year old to 5 years old (young children)						+		
	6 years old to 12 years old						+		
	13 years old to 17 years old						+		
If you have different age grouping, please specify.									
5. Are criteria for brain death strictly in observance in case of organ transplant donor?		+	-	+	+	+	+		
6. Is it needed to obtain informed consent for organ donation from a child with age of less than 18?			-	-	+	-	+		
If yes, at what age can child give his or her own consent to become an organ donor?					> 18	> 18	> 18		
Cardiac transplantation	1. What is the number of cardiac transplantation per year? Cases in 2006 in 2007 Average number of cases for the last two or three years		25 (AIIMS*)	0			6	6	10
				0				7	10
		30				5		6	9
	2. Among those, what is the number of children with age of less than 18?		0				0	2	
	3. If possible, please provide the number of cases in a different age group								
	Neonates (less than 7 days)								
	Infants (less than one month)								
Children									
1 year old to 5 years old									
6 years old to 12 years old									
13 years old to 17 years old							2(13,14y)		

Account +: Yes, -: No. a: Medical association, b: Government, c: Others. 1: Neurologist, 2: Neurosurgeon, 3: Anesthesiologist

4: Critical care medicine specialist, 5: Intensivist. UD: under discussion

§: If you have different age grouping, please specify.

A. Between 2 months and 1 year

Confirmatory test should be performed at 48 hrs and EEG test should be performed before and after the Confirmatory test.

B. Between 1 year and 6 years Confirmatory test (Item 1 -B(7)) should be performed at 48 hrs and EEG test (Item-B(8)) should be performed before and after the Confirmatory test.

\*: AIIMS (All India Institute of Medical Sciences, New Delhi)

#: with modification