

乳幼児難治性てんかんの外科治療前後における 視覚認知機能からみた発達評価

大 橋 伯

新潟大学大学院医歯学総合研究科
生体機能調節医学専攻内部環境医学講座小児科学分野
(主任：内山 聖 教授)

Visual Cognitive Function in Pre - and Postsurgery Infants with Intractable Epilepsy

Tsukasa OHASHI

*Department of Pediatrics,
Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences
(Director: Prof. Makoto UCHIYAMA)*

要 旨

【目的】 てんかん外科治療を行った乳幼児難治性てんかん児に対し、エアハート発達学的視覚評価 (EDVA) をはじめとする視覚認知機能検査が認知機能の評価方法として有用であるかを検討した。

【方法】 重度発達遅滞を伴う難治性てんかん児に対し外科治療を行った月齢3ヵ月から36ヵ月の乳幼児8例(男児4例, 女児4例)を対象とした。エアハート発達学的視覚評価 (EDVA), 光点減刺激による追視反応および縞模様による視力評価 (PL法: Preferential Looking 法), 視運動性眼振 (OKN法: Optokinetic nystagmus) による視力評価, 物体の移動の認知と視力評価; STYCAR法 (Sheridan's Test for Young Children and Retarded) を一連の検査として外科治療の術前および術後1ヵ月時に施行した。それぞれの結果と既存の発達評価法による発達年齢とを比較した。

【結果】 全例でEDVA, 光点減刺激による追視反応は評価可能であった。PL法, OKN法, STYCAR法を組み合わせることで, 1例を除き視力の推定が可能であった。術前および術後にEDVAを行った5例を検討すると, EDVAによる発達評点と既存の発達評価法による発達年齢は同傾向の推移を示したが, 発達年齢の変化に比してEDVAの発達評点が大きく改善する症例もあった。EDVAによる発達評点と視力との関連性は明らかでなかった。

【結論】 EDVAを含めた認知機能検査は重度発達遅滞を伴う難治性てんかん児に対して有効な認知機能評価法であり, 外科治療前後で比較を行うことにより術後早期にみられる微細な認知面での変化を捉えることができる。

キーワード: EDVA, visual cognitive function, developmental delay, epilepsy surgery, infancy

Reprint requests to: Tsukasa OHASHI
Department of pediatrics
Nishi - Niigata Chuo National Hospital
1 - 14 - 1 Masago Nishi - ku,
Niigata 950 - 2085 Japan

別刷請求先: 〒950-2085 新潟市西区真砂1-14-1
独立行政法人国立病院機構西新潟中央病院小児科
大橋 伯

はじめに

小児のてんかんにおける外科治療の目的は、てんかん発作の軽減と同時に発達面の改善が挙げられる。そのため、術前術後における認知機能の評価は重要である^{1)–5)}。しかしながら、乳児や重度精神発達遅滞のある児においてはその評価は困難な場合が多い。エアハート発達学的視覚評価(以下EDVAと示す)は1983年にErhardtらによって作成され、1989年に改訂されている。EDVAは胎児期から生後6ヵ月時における視覚認知機能の評価を目的としており、とりわけ発達遅滞のある児や視覚機能に異常のある児において有用であるとされている⁶⁾。てんかんを持つ小児の約半数が知的な問題を抱えているとされており¹⁾、さらに手術適応のある難治性てんかんの乳幼児では、しばしば重度精神発達遅滞や視覚機能障害を伴うことが多い。このような難治性てんかんに対し外科治療を受ける児において、EDVAは術前および術後の認知機能評価法として有用であると考えられるが、EDVAを用いた評価報告はない。

EDVAは施行するのに約20分程度の時間を必要とし、注意力の持続時間の短い乳幼児においては十分な検査が行えない状況が予測され、より簡易な視覚認知機能の評価法について検討する必要があると考えられる。EDVAには簡単なスクリーニングを目的とした簡易版のEDVA-Sがあるが、これは主にEDVAの最上位の発達段階を確認する検査項目から構成されており、不完全な得点の群はEDVAを用いて再検査すべきであるとされている。本研究が対象とする難治性てんかんのある乳幼児の場合、EDVA-Sを用いて簡単な確認を行っても、結局のところEDVAによる再検査が必要な場合が少なくないと考えられる。したがってEDVAおよびEDVA-Sとは別の観点から、より簡易な視覚認知機能の評価法について検討することは有用であると考えられる。光刺激に対する追視反応はEDVAの評価項目の1つであるが、健常児では生後10週までに獲得する基本的な視覚認知機能の1つである⁷⁾。今回は光点減刺激を用いて追視の状態を観察し、この評価法がEDVAで

の視覚認知評価と関連性を示すのか検討を行った。

認知機能の発達に視機能が影響を及ぼすことが報告されている⁸⁾。代表的な視機能は視力である。乳幼児の視力評価方法としては種々の方法が提唱されている⁷⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾が、難治性てんかんのある乳幼児の視力発達について本格的に検討した研究は報告されていない。今回は、TAC-IIを用いたPL法、OKNの誘発、およびSTYCAR ball vision testを組み合わせて使用することにより多方面からの視力評価を試みた。

今回の研究は、てんかん外科治療を行った重度発達遅滞を伴う乳幼児難治性てんかんの児に対し、EDVAをはじめとする視覚認知機能検査が認知機能の評価方法として有用であるかを検討し、あわせて視力検査や既存の発達評価法による発達検査の結果と比較検討することを目的とした。

対象および方法

対象

2006年以降、国立精神・神経センター病院で難治性てんかんに対し外科治療を行った月齢3ヵ月から36ヵ月の乳幼児8例(男児4例、女児4例)を対象とした(表1)。全例が脳形成異常を伴っており、3例が皮質形成異常、3例が片側巨脳症、2例が多小脳回であった。皮質形成異常の3例では、病変部の離断術が行われた。うち1例では、脳梁離断術後に病変部の離断術が行われた。片側巨脳症の3例は、いずれも機能的半球離断術が行われた。多小脳回の2例は、いずれも脳梁離断術が行われた。うち1例では前頭葉離断術も同時に行われた。手術時の月齢は3ヵ月から37ヵ月で、平均23ヵ月だった。また、てんかんを発症した月齢は0ヵ月から10ヵ月(平均3ヵ月)で、てんかん発症から手術までの期間は平均で20ヵ月であった。全症例において、事前に両親から書面で同意を得た。また、本検査は国立精神・神経センター倫理委員会の承認を得た。

検査方法

エアハート発達学的視覚評価(EDVA)、光点減

表1 患者概要

症例	性別	診断 (部位)	術式	発症月齢	手術時月齢	抗てんかん薬	発作予後 (Engel class)
1	女	片側巨脳症 (左)	半球離断術	0	3	PB, ZNS, CLB, KBr	I
2	女	限局性皮質形成異常 (左側頭葉)	側頭葉離断術	10	30	VPA, ZNS, CZP, NZP	I
3	女	限局性皮質形成異常 (左頭頂葉、後頭葉)	多葉離断術	3	36	VPA, CBZ, ZNS, CLB	I
4	女	限局性皮質形成異常 (左頭頂葉、後頭葉)	1. 脳梁離断術 2. 多葉離断術	1	1. 32 2. 33	PB, CBZ, CLB	I
5	男	片側巨脳症 (右)	半球離断術	3	37	PB, VPA, PHT, KBr	I
6	男	片側巨脳症 (左)	半球離断術	0	3	PB, VPA	III
7	男	多小脳回 脳梁低形成	脳梁離断術	3	29	PB, ZNS, CLB	IV
8	男	多小脳回 (左前頭葉)	脳梁離断術 前頭葉離断術	2	10	PB, ZNS, CLB	IV

Engel class: I 発作消失, II 90%以上の発作減少, III 50-90%の発作減少, IV 発作減少 50%未満

PB: フェノバルビタール, ZNS: ゼニサミド, CLB: クロバザム, KBr: 臭化カリウム, VPA: バルプロ酸ナトリウム, NZP: ニトラゼパム, PHT: フェニトイン

刺激による追視反応および縞模様による視力評価 (PL法: Preferential Looking法), 視運動性眼振 (OKN法: Optokinetic nystagmus) による視力評価, 物体の移動の認知と視力評価; STYCAR法 (Sheridan's Test for Young Children and Retarded) を一連の検査として, 外科治療の術前および術後1ヵ月時に施行した。同時に, 既存の発達評価検査として遠城寺式乳幼児分析的発達検査法, およびKIDS乳幼児発達スケールを行った。てんかん焦点精査のため, 頭部MRI検査, 99m-Tc ECD SPECT検査, FDG-PET検査, および視覚誘発電位検査を術前に施行した。

1) エアハート発達学的視覚評価 (EDVA)

EDVAはセクション1. 初期の不随意的な視覚パターン (反射的) とセクション2. 初期の随意的な眼球運動 (認知的) の2つのセクションから構成されている。今回の研究では, セクション2. を用いて評価を行った。セクション2. は「視覚定位」「注視」「追視」「注意点移行」の4つの群から構成されており, 各群において胎児期, 新生児期, 月齢1-6ヵ月の計8段階の発達段階がある。各段階には3-9個からなるパターンの構成要素があり, その各要素に対し, 十; 統合された正常

なパターン, 十十; より成熟したパターンに取って代わられた過渡的パターン, 十; 現れつつあるかまたは一貫性がないパターン, -; 現れていないパターンの評価を行う。その上で, 各発達段階が十; パターンの構成要素がすべて現れている, 十十; パターンの構成要素はすべて取って代わられている, 十; パターンの構成要素がいくつか現れているが, 全部ではない, -; パターンの構成要素が現れていないのいずれに該当するか評価を行う。本研究では, 各発達段階において十, 十十1点, 十0.5点, -0点と客観的に評点化を行い, 比較検討が容易になるよう考慮した (図1)。

2) 光点滅刺激による追視反応

赤, 青, 緑, 黄色に点滅・回転するLED玩具を児の眼前30cmに提示し, 上下, 左右方向に移動させた。各方向に対して, 0点; 追視はみられない, 0.5点; わずかに追視がみられる, 1点; 追視はみられるが, 不十分である (持続性, 範囲が不十分), 2点; 安定した追視がみられるの4段階に評価し, 各方向の点数を合算した (8点満点)。

3) PL法による視力評価

PL法は乳幼児において模様のある画面と模様のない画面を提示したときに, 模様のある画面を

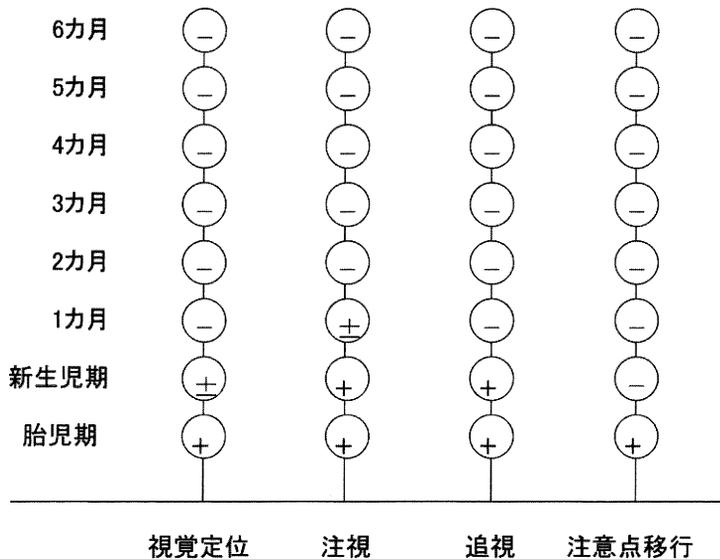


図1 EDVAの評価方法

各項目の評価方法については、本文を参照。上記の場合「視覚定位」1.5点、「注視」2.5点、追視2点、注意点移行1点で、合計7点と評価する。

選択して見る特性を利用している⁷⁾。今回は、Teller Acuity Card II (TAC-II, by Stereo Optical Co., Inc.) を使用した。特定の幅 (0.23-38.0 cycle/cm) の縞模様が印刷されたカード (図2) を眼前38cmに提示し、縞模様を注視するかで縞模様を認識しているかを判定した。認識できる最小の縞模様の幅から視力を推定した。

4) OKN法による視力評価

特定の幅 (0.23-38.0 cycle/cm) の縞模様が印刷されたA3サイズ用の紙 (自作) を眼前38cmで左右方向へ動かし、視運動性眼振が誘発されるか観察した。視運動性眼振が誘発された縞模様の最小の幅から視力を推定した。

5) STYCAR法による視力評価

大きさの異なるボール (1/8-3 1/2 inch, by NferNelson) を眼前で移動させて、追視がみられるか評価を行った (図3)。追視が確認できた最小のボールの大きさと、眼前からの距離を測定した。

上記1)-5)の検査は車椅子に乗車もしくはは養育者が抱いた状態で行った。各刺激に対する反

応がよく確認できるよう騒音がなく、直射日光の入らない部屋を検査室として用いた。検査の様子はビデオカメラで録画を行い、検査後確認を行った。判定は原則として児の治療に関わらない障害児心理学専門の研究者1名と、治療に関わっている医師1名以上の計2名以上がその場で確認しあって行い、客観性を保つよう留意した。

結 果

1. エアハート発達学的視覚評価 (EDVA)

検査を行った全例でEDVAでの評価が可能であった (表2)。術後検査を施行できなかった3例は、検査予定時刻に睡眠していたり、検査日程があわないなど不可避な事情によるものであった。発達評点は、2点から26.5点の間に分布した (表2)。5例で術前および術後に評価を行い、3例で術後2点以上の点数の改善が確認された (症例1, 4, 5)。他の1例 (症例2) では、0.5点の改善を認め、もう1例 (症例3) では変化がみられなかつ

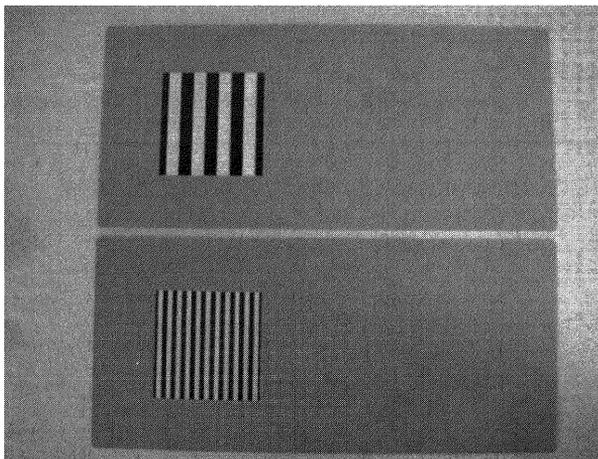


図2 TAC-IIカード (by Stereo Optical Co., Inc.)
カードの一方に特定の幅 (0.23 - 38.0 cycle/cm) の
縞模様が印刷されている。
中心部に小孔があいており、検者はそこから被検者
が縞模様を注視しているか観察する。

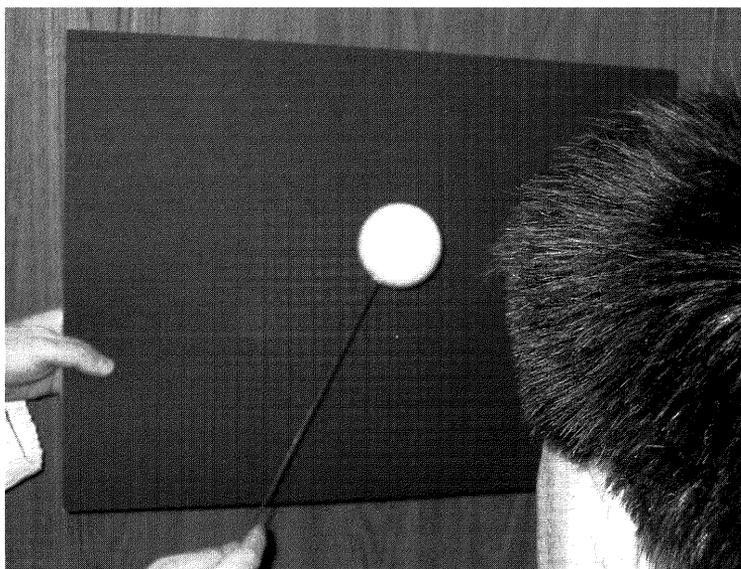


図3 STYCAR法による視力評価
大きさの異なるボール (1/8 - 3 1/2 inch, by NferNelson) を眼前で
移動させて、追視がみられるか評価する。

表2 既存の発達評価法による発達年齢と EDVA による発達評点, および追視点数

症例	発達年齢 (月齢)		EDVA による発達評点		追視点数	
	術前	術後	術前	術後	術前	術後
1	1 (DQ 33)	3 (DQ75)	2.5	4.5	1	6
2	15 (DQ 50)	15 (DQ 48)	26	26.5	8	8
3	5 (DQ 14)	6 (DQ 17)	20.5	20.5	7	8
4	1 (DQ 3)	2 (DQ 6)	2	4	0	2.5
5	2 (DQ 6)	4 (DQ 11)	8.5	23.5	1	7
6	2 (DQ 100)	2 (DQ 67)	3	NP	1	1.5
7	1 (DQ 3)	1 (DQ 3)	23.5	NP	6	4
8	1 (DQ 14)	NP	2	NP	0.5	2

NP: 施行せず

発達年齢の評価は症例 3, 7, 8 は遠城寺式発達評価法, その他は KIDS 乳幼児発達スケールを使用した。全例で EDVA, および追視点数の評価が可能であった。

た。

2. 光点減刺激による追視反応

この検査は短時間で簡便に実施可能であったため, 全例で術前および術後 1 ヶ月で評価を行った (表 2)。7 例中 6 例で術前より術後の点数が高値であった。1 例では術前より術後の点数が低値であった (症例 7)。なお, 術前から満点であった 1 例 (症例 2) は術後も満点であり, 変化はみられなかった。

3. PL 法, OKN 法, STYCAR 法による視力評価

2 例で, 3 種類のいずれの方法でも視力の評価が可能であった。また, 1 例を除き, PL 法, OKN 法, STYCAR 法のいずれかで視力の評価が可能であった (表 3)。

PL 法は, 術前は 5 例に施行し, 4 例で評価可能であった。評価できなかった 1 例は術後も評価が

できなかった。症例 5 では術後視力の改善がみられた。

OKN 法は, 術前は 7 例に施行し, 3 例で評価可能であった。術前に評価できなかった例は, 全例で術後も評価ができなかった。術前, 術後とも評価が可能であった 1 例 (症例 3) では, 変化はみられなかった。

STYCAR 法は, 術前は 8 例全例に施行し, 5 例で評価可能であった。術後は 5 例で評価を行い, 全例で評価可能であった。術前評価ができなかった 2 例で, 術後評価が可能になった。また, 1 例で術後追視のできる ball size が小さくなり, 1 例で追視可能な距離が延長した。

4. EDVA と他の検査および既存の発達評価法との比較

遠城寺式または KIDS 乳幼児発達スケールによる発達年齢を表 2 に示した。いずれの検査法とも

表3 PL法, OKN法, および STYCAR法による視力評価

症例	PL法		OKN法		STYCAR法	
	術前	術後	術前	術後	術前	術後
1	0.32	NP	NP	NP	NA	1.5 / 15
2	NA	NA	NA	NA	0.125 / 38	0.125 / 60
3	2.4	2.4	2.4	2.4	0.125 / 20	0.125 / 20
4	NP	NP	NA	NA	NA	1.5 / 13
5	2.4	4.8	NA	NA	0.5 / 38	0.125 / 38
6	NP	NP	0.64	NP	2.5 / 30	NP
7	2.4	NP	2.4	NP	0.125 / 38	NP
8	NP	NP	NA	NP	NA	NP

PL法, OKN法: cycles/cm で示す

STYCAR: 追視が確認できた最小のボールの大きさ(inch)/ 眼前からの距離(cm)

NA: 評価困難 NP: 施行せず

本邦で乳幼児の発達検査法として確立されたものである。このうち遠城寺式は、もともと各発達分野の発達状況を比較したり、個人の発達状況の経過を判定する目的で開発されたものであり、発達年齢の測定法としては KIDS 乳幼児発達スケールのほうが望ましいと考えられた。このため、KIDS 乳幼児発達スケール導入以前に検査を行った3例(症例3, 7, 8)では遠城寺式での発達年齢を使用し、その他の5例では KIDS 乳幼児発達スケールでの発達年齢を使用した。

術前、術後に EDVA, 光点減刺激による追視反応、および既存の発達評価法を施行できた5例について、EDVAによる発達評点を既存の発達評価法による発達年齢、および追視点数と比較した(図4)。全体的には EDVAによる発達評点と発達年齢、および追視点数は同様に推移する傾向がみられた。5例とも術後1カ月の時点で発作は抑制されていたが、症例1, 4, 5では術後 EDVAによる発達評点、発達年齢、および追視点数とも改善傾向を認めたが、症例2, 3では術前、術後で変化はみられなかった。また、症例5のように術後の発達年齢が0歳4カ月と乳児期早期レベルなのに対し、EDVAによる発達評点は23.5点と高得点を示すなど、既存の発達年齢と EDVAによる発達評

点と一定の関連性を示さない例もみられた。

EDVAによる発達評点と各種視力評価法による視力を比較すると、EDVAが改善した症例1, 4, 5では、症例1, 4で術前には評価できなかった STYCAR法による視力測定が術後は可能となり、症例5では PL法、および STYCAR法で視力の改善が認められた。一方、EDVAに変化がみられなかった症例2, 3では、症例2は STYCAR法での視力の改善が認められたが、症例3はいずれの方法でも視力の変化はみられなかった。

考 察

本研究の結果をまとめると以下のようになる。

1) EDVAを用いることで、重度発達遅滞を伴う難治性てんかん児における視覚認知機能の評価が可能であった。

2) 光点減刺激による追視反応はより簡便に視覚認知機能を評価することが可能であった。

3) PL法, OKN法, STYCAR法を組み合わせることで、視力を推定することが可能であった。

4) 上記1) - 3)の検査を組み合わせると、難治性てんかんの術前および術後に評価を行うと、視覚認知機能の変化を評価することが可能であ

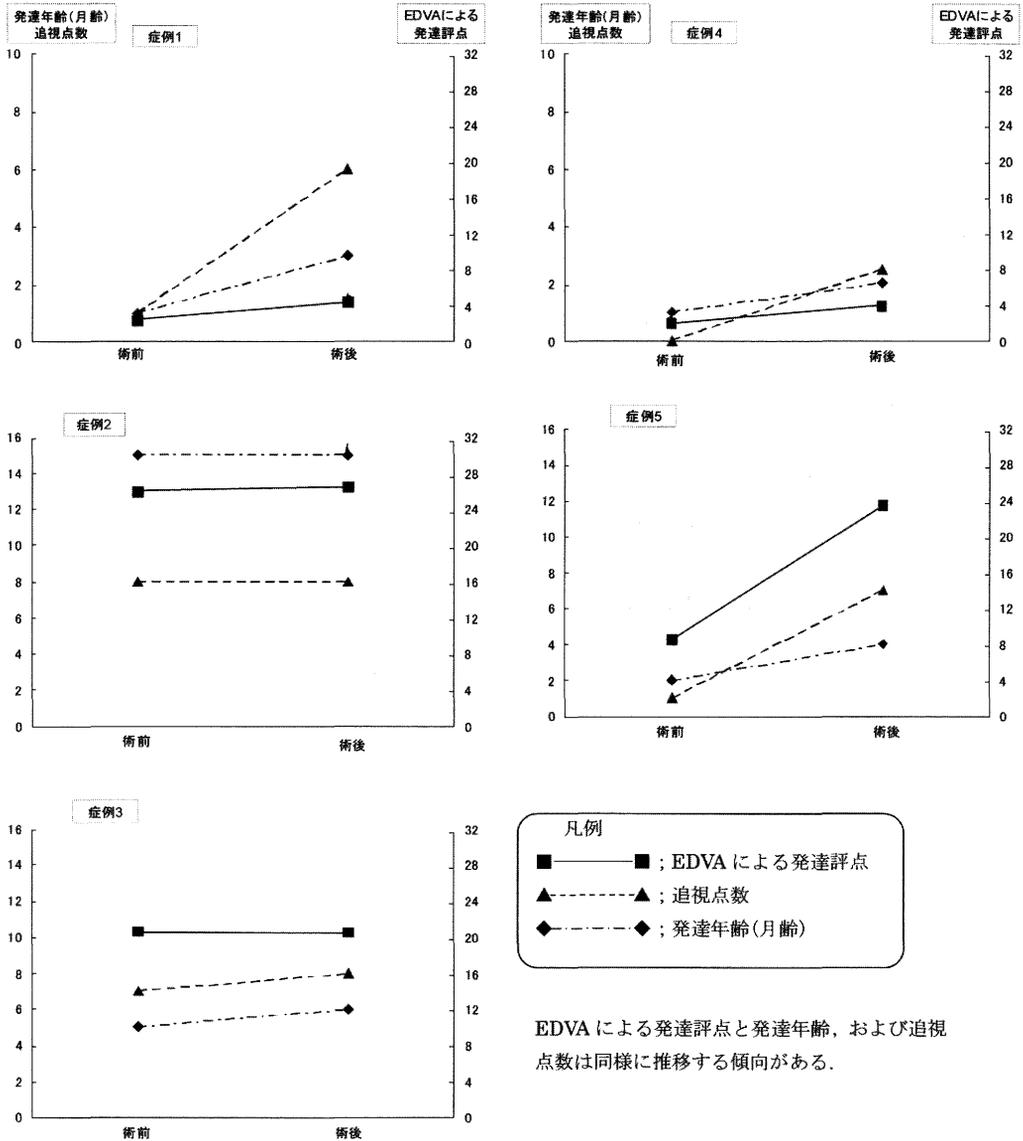


図4 術前, 術後における EDVA による発達評点, 追視点数, および発達年齢の推移

た。

視覚障害や重度発達遅滞のある児において, 発達を客観的に評価することは困難な場合が多い。EDVA は胎生期から生後 6 ヶ月時までの各段階における多数の評価項目を含んでおり, 重度の発達

の遅れを認める児においても微細な変化を捉えることが可能である⁶⁾。本研究は, EDVA を重度発達遅滞を伴う難治性てんかん児に適応した初めての報告であるが, このような状態の児においても全例で評価可能であり, 視覚認知機能の評価を行

うことができた。さらに、評点化を行うことにより、術前および術後のEDVAの変化をより客観的に捉えることができた。また、本研究においてEDVAの評価は複数人からなる同一の判定者が検査時および検査後VTRを用いて行うことにより、客観性を保つことができた。このことから、EDVAは視覚機能からみた認知機能評価法として有用であると考えられた。

追視反応は生後7～8週までは認められず、生後8週以降徐々に発達し、生後10週で完成するとされている⁷⁾。光点減刺激による追視反応は、この範囲の視覚発達段階にある児において特に適していると考えられる。この方法は、EDVAに比して簡便で、短時間に行えるため、児の状態の良いときに繰り返し行える利点がある。しかし、てんかんに対する外科治療として切除手術を受けた児にこの評価法を適用する場合には、術後出現した視野狭窄による影響を無視することはできず、結果の解釈においては注意が必要である。このような限界はあるものの、EDVAによる発達評点と追視点数の推移は同じ傾向を示しており、有用な評価方法であると考えられた。

乳幼児期における視力評価法については、さまざまな報告がある⁶⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。PL法は弁別的な手法、OKN法は反射的な方法、STYCAR法は認知的な方法に分類される¹¹⁾。今回これらの方法を組み合わせることによって、1例を除き視力の評価が可能であった。評価に適した方法は個々の症例で異なることから、複数の方法を組み合わせて評価することが必要である。視機能と認知機能との関連性については様々な報告がある。Cioniら報告⁸⁾やStephensonらの報告¹²⁾では、視機能障害と認知機能障害との関連性が示されている一方、Stiersらの報告¹³⁾やMackieらの報告¹⁴⁾では、視機能障害と認知機能障害の関連性は否定的とされている。今回、術後にEDVAによる発達評点が改善した3例では視力の改善が認められたが、EDVAによる発達評点が変わらなかった1例でも視力の改善が認められており、視機能と視覚認知機能との関連性は明らかではなかった。

既存の発達評価法による発達年齢と視覚認知機

能との関連性については、GuzzettaらによるWest症候群の児を対象にした報告がある¹⁵⁾。この報告では、fixation-shift testと発達年齢の推移が同じ傾向を示すとされている。fixation-shift testと類似の項目は「注意点移行」としてEDVAに含まれており、今回の研究でも、術前および術後のEDVAによる発達評点と発達年齢とは同様に推移する傾向がみられた。術後EDVAによる発達評点と発達年齢が改善する症例がある一方、術前と変化のみられない症例もあった。いずれも術後発作が消失している点が変わらなかったが、変化のみられなかった2例では術前のEDVAスコアが20点以上と高値であった。このことが術後に変化のみられなかった要因であるかは症例数が少なく、断定はできない。また、術後発達年齢の変化に比して、EDVAによる発達評点が大きく改善した症例もみられた。Freitagらはてんかんの外科治療前後における発達年齢を比較し、術後早期では有意な発達年齢の変化はみられないと報告している²⁾。一方で、てんかんの外科治療後早期から、「視線を合わせるようになった」、「刺激に対する反応がよくなった」など認知面の改善を児の家族が実感することはしばしばである。EDVAによる発達評点を含めた視覚認知機能検査における変化は、発達年齢に現れない、これらの微細な認知機能の変化を捉えており、術後早期に変化がみられる可能性がある。EDVAによる発達評点と発達年齢とが必ずしも一定の関係を持たないことから、既存の発達評価法による発達年齢をEDVAによる発達評点に置換することは困難であるが、既存の発達評価法と視覚認知機能検査を併用することにより、認知機能の経時的変化をより詳細に捉えることができると考えられた。

今回行った視覚認知機能検査の問題点として、術後早期の認知機能の変化が長期的な認知機能の予後と関連するのかわからないこと、および検査において判定者の主観が入りやすいことが挙げられる。前者については、今後長期的な認知機能の推移を検討する必要がある。また、後者については、今後近赤外線スペクトロスコープなどの手法を利用して、客観性を高めていく必要がある。今

回の検討では、症例数が少なく、統計学的解析が不可能であった。検査法の改善とともに症例の蓄積が必要と考えられる。

上記のような問題点はあるものの、EDVAを含めた認知機能検査は発達の遅れのある、難治性てんかんの児に対して有効な認知機能評価法であり、外科治療前後で比較することにより、術後早期にみられる微細な認知面での変化を捉えることができるものと考えられた。

謝 辞

ご指導、ご高聞くださいました国立精神・神経センター病院小児神経科中川栄二先生、同心理・指導部大江啓賢先生、東京学芸大学教育実践研究支援センター小林巖先生および内山聖教授に深謝します。

参 考 文 献

- 1) Lassonde M, Sauerwein HC, Jambaque I, Smith ML and Helmstaedter C: Neuropsychology of childhood epilepsy: pre- and postsurgical assessment. *Epileptic disorders* 2: 3 - 14, 2000.
- 2) Freitag H and Tuxhorn I: Cognitive function in preschool children after epilepsy surgery: rationale for early intervention. *Epilepsia* 46: 561 - 567, 2005.
- 3) Battaglia D, Chieffo D, Lettori D, Perrino F, Di Rocco C and Guzzetta F: Cognitive assessment in epilepsy surgery of children. *Childs Nerv Syst* 22: 744 - 759, 2006.
- 4) Tellez-Zenteno JF, Dhar R, Hernandez-Ronquillo L and Wiebe S: Long-term outcomes in epilepsy surgery: antiepileptic drugs, mortality, cognitive and psychosocial aspects. *Brain* 130: 334 - 345, 2007.
- 5) Maehara T, Shimizu H, Kawai K, Shigetomo R, Tamagawa K, Yamada T and Inoue M: Postoperative development of children after hemispherotomy. *Brain Dev* 24: 155 - 160, 2002.
- 6) Erhardt RP: Developmental visual dysfunction. Models for assessment and management. *Therapy Skill Builders*, Arizona, 1990.
- 7) Atkinson J: *The developing visual brain*. Oxford University Press, New York, 2000.
- 8) Cioni G, Bertucelli B, Boldrini A, Canapicchi R, Fazzi B, Gezzetta A and Mercuri E: Correlation between visual function, neurodevelopmental outcome, and magnetic resonance imaging findings in infancy with periventricular leucomalacia. *Arch Dis Fetal Neonatal Ed* 82: F134 - 140, 2000.
- 9) Prager TC, Zou YL, Jensen CL, Fraley JK, Anderson RE and Heird WC: Evaluation of methods for assessing visual function of infants. *J AAPOS* 3: 275 - 282, 1999.
- 10) Rydberg A, Ericson B, Lennerstrand G, Jacobson L and Lindstedt E: Assessment of visual acuity in children aged 1 1/2 - 6 years, with normal and subnormal vision. *Strabismus* 7: 1 - 24, 1999.
- 11) Rydberg A and Ericson B: Assessing visual function in children younger than 1 1/2 years with normal and subnormal vision: Evaluation of methods. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 35: 312 - 319, 1998.
- 12) Stephenson T, Wright S, O'Connor A, Fielder A, Johnson A, Ratib and Tobin M: Children born weighing less than 1701 g: visual and cognitive outcomes at 11 - 14 years. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 92: F265 - 270, 2007.
- 13) Stiers P and Vandenbussche E: The dissociation of perception and cognition in children with early brain damage. *Brain Dev* 26: 81 - 92, 2004.
- 14) Mackie RT, McCulloch DL, Saunders KJ, Day RE, Phillips S and Dutton GN: Relation between neurological status, refractive error, and visual acuity in children: a clinical study. *Dev Med Child Neurol* 40: 31 - 37, 1998.
- 15) Guzzetta F, Frisone MF, Ricci D, Rando T and Guzzetta A: Development of visual attention in West syndrome. *Epilepsia* 43: 757 - 763, 2002.

(平成 20 年 11 月 7 日受付)