乳 幼 児 の 検 査 機 器 と 方 法

三 宅 三 平

(名古屋大学眼科)

Examinations for Infants—Instruments and Methods—

Sampei MIYAKE

*Department of Ophthalmology, Nagoya University School of Medicine
65 Tsuruma-cho, Showa-ku, Nagoya 466, JAPAN*

I. はじめに

近年、弱視や斜視の分野では早期治療が重要性を増してきており、少なくとも弱視の視力予後は早期治療により非常に良くなったと言える。このことは、一般的に視力障害の高度である斜視弱視や視性刺激遮断弱視にもあてはまることであるが、これらの弱視や弱視がなくても乳児内斜視のような早期発祥の斜視においては、両眼視機能の予後はいまだに不良のことが多い。このために斜視においても、早期手術を行い両眼視機能の予後も良くしようとする試みがなされてきている。このような背景から、乳幼児に対する視機能検査は臨床上の重要性を増してきている。

一般的に眼科検査は自覚的検査が多く、他覚的検査でもほとんどのものが患者の協力を要する。それ故、自覚的検査が不可能なことが多く、他覚的検査でも最小限の協力しか得られない乳幼児では検査が非常に難しいことが臨床上の大きな問題であった。例えば、弱視・斜視の分野で日常よく使用される検査としては、視力検査、屈折検査、両眼視機能検査、眼位検査(定量的、定性的)などがあげられるが、既存の方法の多くは乳幼児には使用することができなかった。しかしながら、最近上記の検査を乳幼児に使用する目的で種々の機器が製作されてきている。こ

のなかには既に臨床応用されているものもあるが、多くは一般的には普及していないものの今後乳幼児の検査として期待できる。

ここでは特に筆者自身が使用経験のある機器を中心に述べることにする。

II. 乳幼児の検査機器ならびに検査方法

1. 視 力

a) Preferential Looking 法(PL 法)

乳幼児に対する視力の評価法としては VEP 法、OKN 法、PL 法などがあるが、このなかで定量的と臨床上の簡便性の双方を考えあわせると PL 法が優れている。また、ここで述べる幾つかの乳幼児検査法のうちで最も臨床応用されているものと思われる。

これは乳幼児の視力を測定する方法で、一般的には4カ月から2歳ぐらいの年齢が検査対象となるが、それより年長児でも「絵ひとつ視力」や「字ひとつ視力」などの一般的な方法が使用できない幼児の場合には対象となりうる。PL 法には幾つかの種類の変法があるが、forced choice PL 法が最も基本的な PL 法で、ここではこの方法について主に述べる。図1に我々が現在使用している栗屋—Mohindra 式 PL 装置(日本点眼薬研究所製)を示した。患者の眼前50 cmの距離に2つの円形スクリーンがはめこまれた黒い衝立を置き、患者の反対側から2台のプロジェクターで2つの円形スクリーンの一方に縦縞模様のスライド、他方には同じ輝度の無地のスライドを投影する。観察者は衝立の中央にあけられた小さいのぞき穴から、患者がどち

連絡先 (〒466)名古屋市中区和鶴舞町65
名古屋大学医学部眼科学教室

図1 Preferential Looking 法

スクリーン後方の観察者(写真の左方)は音の出る玩具やスクリーン中央に備え付けられている赤色ライトを点滅することにより被検者(写真の右方)の注意を集中させて検査を行う。

らのスクリーンを見ているか判定する。この際、観察者はどちらのスクリーンに縞模様が呈示されているか知らされていない。観察者の判定と縞模様の呈示が一致しているかどうかは、観察者の後方にいるプロジェクター係兼検者が判定し、一致しているときには正答、不一致の時には誤答と記録する。この操作を空間周波数の低い(粗い)縞模様から高い(細かい)ものへと順次行ってゆき正答できた最も大きい空間周波数をその患者の視力値とする。Forced choice PL法で大切なことは、観察者は患者がどちらのスクリーンを見ているかを必ず判定せねばならないことで、これが“forced choice”という名称の由来である。つまり、二者択一を迫られるのは観察者で患者ではない。それ故、観察者はどちらのスクリーンに縞模様が呈示されているかを知らされていないことが望ましく、観察者の判定をもう一人の検者が check することにより二重盲検性を持たせ、統計学的に有意である75%の正答率の最大空間周波数を患者の視力とすることができる。乳幼児の視力の発育過程を検討する場合のように視力の絶対値を正確に検出する必要のある時には上記の方法で行うべきであるが、時間がかかりすぎたり人手を二人要したりするので臨床的には使用しにくいこともある。また、临床上最も重要な検査目的は「片眼の弱視の検出」であるので、この目的には検者と観察者を一人の人間が兼ねて検査を行う略式

の方法でも問題はないと考えられる。この場合には、得られた視力の値そのものは正確さに欠けることがありうるが、同じ検査条件で左右眼の視力を測定しているので相対的な左右差を見る上には問題はないと考えられる。左右の視力差が2倍より大きい場合には視力差(+) (弱視が存在する)、2倍の時は(±) (再検査)、2倍未満ならば(-) (弱視は存在しない)と考えている。また、最近 computer 内蔵の PL 装置が日本点眼薬研究所で製作され、これを使用すれば computer が検者の代わりと検査結果の正答率の計算をし観察者が判定を下すだけで検査ができるので検査時間の短縮と人手の削減ができる。

以前、当院で2歳6カ月以下の乳幼児に対して PL 法を行い検討を加えたところ、検査不成功の原因に重要なものが3つあった¹⁾。すなわち、1) 比較的低年齢児に多く見られる縞模様に対する無関心、2) 全年齢層に見られるが1歳前後にやや多い傾向のあるアイパッチの拒絶、3) 高年齢層に多く見られる検査環境に対する拒絶(暗室を嫌うことなど)である(図2)。1)の原因に対しては、検査室の静寂性を保つとともに音や光で観察者が乳幼児の注意を引き検査に集中できるようにし、2)に対しては、アイパッチを貼った後にすぐ玩具などを用いて乳幼児の注意をアイパッチから逸らせるようにする

図 2 (a)

Incidence of failure in PL acuity measurement by rejection to the eye-patch.

(b)

Incidence of failure in PL acuity measurement by psychological rejection to the testing environment.

(c)

図2 PL法不成功の原因とその頻度

PL法が行えなかった原因別に、対象を2カ月毎の月齢に分けそれぞれの月齢児における検査不成功率をヒストグラムで示した。a) 縞模様に対する無関心：比較的低下年齢層に多く認められる。b) アイパッチの拒絶：どの年齢層にも見られる。c) 検査環境に対する異和感：比較的高年齢層に多く見られる。

ことが、検査成功率を上昇させる上で大切である。

b) Acuity Card 法

Acuity Card 法²⁾は、McDonald, Teller らにより報告された方法で、PL法と基本的には類似するが、検査距離が36cmと近いこと、明室で検査を行うこと、視標として印刷されたものを使用することがPL法と異なる(図3)。原法では、yes/no方式の判定方法を取っているが、PL法のような判定方法を取ることも可能である。この方法の長所は、yes/no方式の判定

図3 Acuity Card 法

被検者を外界から隔離するための外枠の中央に窓があげられており、検査者はこの窓から被検者をあやし注意を窓の方に集中させておき(上)、視標の印刷されたボードを呈示する(下)。ボードには、一方に縞模様他方に同輝度の blank が印刷されており、被検者がどちらに興味をひかれるかをボードの中央の小孔から観察して検査を行う。yes/no方式の判定法では、被検者の視線が縞模様の方を見ている時にボードをゆっくり左右に動かし、それにつれて被検者の眼球が同調した追従運動を示すならば、呈示された空間周波数に相当する視力があると判定される。

法を使用すると首のすわっていない乳児でも視力測定ができる点であり、一般的に通常の PL 法では検査が難しい 4 カ月未満の乳児にも使用できる。

2. 立体視

a) T.V.-Random Dot Stereo Test(粟屋)³⁾

乳幼児の立体視を検査する装置である。図 4 にその検査状況を示した。T.V. monitor 上に random dot を用いて視差のある円形図形を呈示し、立体視のある被検者が赤緑眼鏡を通してこの像を見ると円形図形が浮き上がって見える。円形図形は、monitor 上の左方と右方に交互に呈示され、被検者である乳幼児にこの図形が見えている時には、左右に呈示される図形の動きに同調して乳幼児の眼も動く。この乳幼児の saccadic な眼球運動を検査者が直接あるいは赤外線カメラの像で観察して、被検者に立体視が存在するかどうかを判定する。この方法の最大の長所は monocular cue がないことで、このため false positive が極めて出にくいことである。また、次に述べる PL 法を用いた Stereo Test に比して検査時間が短かくてすむ。

この方法を用いて得た検査結果を示す。まず検査成功率について述べると、最近いくつかの改良を検査法に加えて^{4),5)} 検査成功率は上昇し

図 4 T.V.-Random Dot Stereo Test

Color display(写真の左方)上に赤緑の random dot を用いて視差をつけた円形図形が display 画面の左右に交互に呈示される。この display の上方には、被検者の眼球運動を monitor するための赤外線カメラが据付られており、その映像は monitor T.V.(写真の右方)で観察できる。

ている。昭和61年10月1日から昭和62年3月15日までに行った3歳6カ月未満の正常乳幼児に対する検査では、93例中58例に検査が可能であった(検査成功率62%)。この値は検査法改良前の結果54%(150例中81例)より良くなっている。現在までにこの方法で立体視が検出できた最年少者は生後3カ月の乳児であるが1例のみで、生後4カ月以後の症例では複数例に立体視が検出されている。図5は、現在までに当院で検査が可能であった正常児139例の立体視の実測値(視差量)を6カ月毎の月齢で平均したものである。

図 5 T.V.-Random Dot Stereo Test を用いて測定された立体視力

3歳6カ月未満の正常児139例から得られた立体視力の実測値を月齢6カ月毎の平均値と標準偏差で示した。

b) PL法を用いた Stereo Test(Held)⁶⁾

Heldらは、polaroidを使用した立体視図形と PL 法を組み合わせた立体視検査法を発表している。被検者に polaroid 眼鏡をかけさせ、被検者の眼前に置かれたスクリーン的一方の窓に立体視用図形、他方の窓に平坦な図形を呈示し(図6)、被検者がどちらの窓を見るか PL 法と同様にして検査するものである。この方法の欠

図6 Heldの方法の立体図形

偏光を使用して視差のつけられた図形と視差のない図形をボードの左右の窓に呈示し、PL法の立体視の有無を検査する。

点は、被検者にゴーグルのような polaroid 眼鏡をかけさせねばならないこと、polaroid を使用しているので被検者の頭が傾くと検査が出来ないこと、一つの視差量を pass するために10回中8回の正答を必要とし時間がかかることなどがあげられる。我々もこの方法を試みたが、現在までのところ検査時間がかかりすぎいくつかの視差量の検査を行えず、まだ data を取る段階に至っていない現状である。また、Heldらは、正常児では生後3～4カ月で立体視が出現し短期間に60 sec. of arc という成人のレベルに発達すると述べているが、この値は我々の結果と大きく異なっている(図5)。この結果の差は、検査法の違いによる部分もあろうが、立体視の発達が彼等の言うほど急峻におこるならば、早期発生斜視の手術後の立体視予後はもっと良くてしかるべきと思われ、我々は立体視の発達は急峻ではなく緩やかであると考えている。

3. 眼位

a) Remote Cover Test (Guyton)⁷⁾

この装置は、定性的な眼位検査を行うためのもので斜視角測定などの定量的な検査を行うためのものではない。眼位検査の際に、乳幼児の眼前に occluder を持っていくと泣き出したりしてしばしば検査が困難に陥ることがある。この装置では二枚の凹面鏡を使用しており、被検者はこれらの凹面鏡を通して視標(漫画映画を使用している)を固視する。一枚目の凹面鏡の

前に occluder が備えられており、これで視標を光学的に遮ることにより cover test を行う装置である。occluder が眼前にないため、乳幼児は目を覆われる異和感がなく検査が円滑に行える。図7にその光学系を示した。occluder には小さな豆電球がつけられており、これが乳幼児の目の上に投影されるので、検査はどちらの目が cover されているかを知ることができる(図8)。この方法を用いると乳幼児に対して非常に簡単に cover test が行える長所はあるが、光学系が大きく検査室の大きさに応じて凹面鏡の角度を変える必要があるので個々の検査室に合わせ特別注文せねばならないことが欠点である。また、遠見時の眼位検査しかできない。

図7 Remote Cover Test の光学図

図の右上に視標が倒像の位置で置かれており、二枚の凹面鏡(左上と右下)で反射されて左下の被検者の目に直像となって映る。右上の視標は大きな板では隠されていて、被検者から直接見ることはできない。左上の凹面鏡の前で光学系を遮ることにより cover test を行う。左上に示される occluder の上に豆電球がつけてある。

図8 Remote Cover Test

検者(写真の右方)はアームを使って occluder 動かしながら cover test を行う。この写真では、被検者(写真の左方)の左眼が遮蔽されている。左眼の上方に occluder から豆電球の光が投影されている。

4. 斜視角

a) Photostrabismometry (三宅)⁸⁾

図9に schema で示すように、ボード上に円周状に配列された光源の角膜光反射をカメラで写真に取り、角膜光反射と角膜輪部の位置関係を digitizer と personal computer を用いて解析し眼軸の方向を求めることにより斜視角を測定する方法である。図10に示すように、右眼固視と左眼固視の二枚の写真から固視眼のカップ角と偏位眼の見掛け上の偏位角(実際の斜視角にカップ角の加わったもの)が求められ、図11に示す計算式から実際の斜視角が得られる。この計算には角膜の曲率と写真の拡大倍率が影響するために、標準球面と standard bar を同時に写真に撮影しておくことが必要である(図10)。我々は、正常者に人為的に眼位ずれをおこさせて本法で計測した値と比較したところ、図12に示すように10人の被検者から得られた測定値の平均値は偏位角 20° まで実際の偏位角と一致した。また誤差は約 3° 程度であった。この方法の欠点は、水平方向の眼位ずれだけしか測定できない点、現在のところ遠見時眼位には使用できない点、 20° 以上の偏位角では誤差が大きくなる点である。

図9 Photostrabismometry (検査法)

ボードの中央にカメラのレンズを出す穴がけられており、この穴から半径10cmと20cmの円周上に8個ずつの光源が等間隔に置かれている。この16個の光源の光が被検者の目にあたってできる角膜反射像をカメラで写真に取る。

(a)

(b)

(c)

図10 Photostrabismometry (計算法)

右眼固視の写真(a)と左眼固視の写真(b)を撮影する。この時標準球面と standard bar を毎回同時に撮影しておく。写真を4~5倍に拡大して角膜上の光反射の位置と角膜輪部の位置関係を digitizer と personal computer を用いて計測し眼軸の偏位を計算する(c)。

図11 Photostrabismometry (計算式)

外斜視例で positive angle kappa を持つ場合、右眼固視の状態(左図)で、右眼の実線は視線、破線は眼軸を示す。一方、左眼の実線は眼軸、破線は視線と左眼の中心を結ぶ仮想の線である。この場合には、右眼はやや外斜視的外観を呈することになり (positive angle kappa = a) 左眼の外斜視(B)は実際の斜視角に左眼の angle kappa (b) が加わったものとなる。左眼固視の場合からも同様のことがわかる。結果として、 $B-b$ が右眼固視時、 $A-a$ が左眼固視時の実際の斜視角となる。

測定誤差の検定

図12 Photostrabismometry の精度

正常者10名に、正面ならびに左方 9.5° 、 18.4° 、 24.5° の視標を固視させて人為的な眼位ずれを作り、Photostrabismometry で得られた結果と比較した。視標の位置 0° の測定値は angle kappa に相当し、ここから 45° の傾きで引かれた破線は、検査が正確である時に結果がその上に乗るべき線を意味する。

b) Remote Haploscopy (Guyton)⁹⁾

Remote Haploscope なる大掛りな機器を使用した測定法で、9 眼位における斜視角測定と立体視検査が可能でこの他にも種々の検査に使用できる可能性を秘めている。図13に実際の機器、図14にその光学系の schema を示した。Remote Haploscope の前に腰掛けると被検者の眼前の実際にはなにもない空間に eye piece が二個浮き上がってくる。この eye piece は虚像であるために被検者には eye piece を通してものを見ている異和感はない。それ故乳幼児にも使用できる。この eye piece の中に T. V. display の像が写しだされる。display 上の像を種々に変化させることにより haploscope として使用する。これらの像は、最終的に被検者の眼前約80cmの距離にある大きな凹面鏡に反射されて被検者の目に入る。測定可能な範囲は 50° で凹面鏡の周辺部におこる収差は、computer により補正されている。乳幼児に使用する場合には頭の固定も大きな問題となるが、赤外線カメラと computer を使用した monitoring 機構が備えられており、頭部の位置変化は自動的に補正される。このことも乳幼児に対して使用しやすくしている。また光学系を遮蔽することに

図13 Remote Haploscope

図14 Remote Haploscope(光学図)

二台の display(図の中央上方)に映された検査用図形は“く”の字形の平面鏡で反射され2つの eye piece を通った後に再び平面鏡と凹面鏡で反射されて被検者の目に至る。この時被検者の眼前には、実在しない eye piece とそれを通して見ることができる display 上の像が現れる。図右上の赤外線カメラで被検者の目は monitor され、被検者の頭部の固定が悪い時でも、凹面鏡の傾きが変化して一定の検査状況が設定されるようになっている。

より cover test も容易に行うことができる。立体視検査では立体図形は種々の視差量で呈示できるので図形を追従するかどうかをすることで容易に立体視の有無が検査できる。Remote Haploscope はかなり完全に近い乳幼児に対する斜視検査機器と言えるが、かなり大きな容量の computer を必要とするし、機器も大掛りとなるので高価であり普及型の製品とはなりえないと思われるところが、最大の欠点である。

5. 屈折

乳幼児に対する屈折検査に関しては、目全体の屈折度を測定する photorefraction 法と角膜の曲率から角膜の屈折度を測定する方法があるが、筆者は使用経験がないので今回は割愛する。

III. むすび

今回種々の乳幼児に対する斜視・弱視検査法について述べた。我々の日常診療はまだ理想とはほど遠く限られた人員、時間ならびに予算のもとで行われているのが現状である。それ故、

大人の患者の検査ですらしばしば困難に遭遇することもあり、ましてや乳幼児の検査が十分にできないことはある意味で仕方のないことであろう。しかしながら、我々乳幼児を対象とする医療に携わるものは、この困難を乗り越える必要があることも現実である。このためには、現在使用している方法をいかに有効に使用できるかが現状では最も大切なこととなる。乳幼児診療で大切なことは、決して診療者サイドの都合に合わせて検査を行わないことと思う。すなわち、一日のうちの覚醒時間の短い乳幼児に対する検査は、必ず患者の状態の良い時間帯に合わせて行わなくては正確なまた良い結果は得られない。この点が、大人を対象とする場合と最も異なる点と思う。このことに留意すれば、既存の方法でもさらに良い結果が得られると思われる。

参考文献

- 1) 栗屋 忍, 菅原美雪, 児玉安居, 矢ヶ崎悌司, 大石文恵, 平井淑江: 乳幼児の視力測定における Preferential Looking 法の検討。一とくに正常曲線, 左右差, 検査成功率について。眼紀, 34: 1160-1165, 1983.
- 2) McDonald, M., Dobson, V., Sebris, S. L., Baitch, L., Varner, D., Teller, D. Y.: The acuity card procedure. A rapid test of infant acuity. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 26: 1158-1162, 1985.
- 3) 栗屋 忍: 形態覚遮断弱視。日眼, 91: 519-544, 1987.
- 4) 水上寧彦, 栗屋 忍, 小泉恵里子, 神谷あゆみ: 新しい T. V.-Random Dot Stereo Test による乳幼児の立体視の研究。眼紀投稿中。
- 5) 三宅三平: 発達各期の特性と臨床上の問題点。第12回日本小児眼科学会シンポジウムにて発表, 眼臨投稿中。
- 6) Held, R., Birch, E. E., Gwiazda, J.: Stereoacuity of human infants. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 77: 5572-5574, 1980.
- 7) Guyton, D. L., Scattergood, K. D.: The Remote Cover Test. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 24 (suppl.): 35, 1983.
- 8) 三宅三平, 富安誠志, 水上寧彦, 矢ヶ崎悌司, 丸山節郎, 今道正次: 新しい他覚的斜視角測定法 Photostrabismometry の試み。臨眼, 40: 764-765, 1986.
- 9) Guyton, D. L.: The Remote Haploscope. Trns. Am. Ophthalmol. Soc. (in press).