



Title	健常児を対象とした衝動性眼球運動の定量的解析
Author(s)	八田, 達夫; 福島, 順子; 山田, 孝
Citation	北海道大学医療技術短期大学部紀要, 3, 45-52
Issue Date	1990-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37511
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_45-52.pdf



健常児を対象とした衝動性眼球運動の定量的解析

八田 達夫・福島 順子*・山田 孝**

An analysis of saccadic eye movement in normal children

Tatsuo Hatta, Junko Fukushima* and Takashi Yamada**

Summary

We have examined saccadic eye movements in 25 normal children (4–11 years old) and 11 adults (20–41 years old). Visually guided saccade tasks of 12, 8, 24 degrees were assigned to each subject, and amplitude, latency and peak velocity were analyzed. There was no statistically significant difference in amplitude and velocity of saccades between children and adults.

However, children showed longer Latencies of saccades than those of adults. Latencies of saccades in children decreased as they grew up. These results suggest a dissociation of the development in initiation and execution of saccadic eye movement.

要 旨

4–11才の健康な子供25名を対象として衝動性眼球運動(saccade)の発達を調べた。

EOGにて測定を行い、その潜時、振幅、最高速度を解析し、各年齢層の比較を行った。また対照群に健康成人11名をおき、成人との比較を行った。解析は正確に行っていると考えられるデータのみを対象とした。その結果、速度と振幅は年齢間で差がなく成人とも差がなかった。振幅と速度の相関も極めて良かった。

一方潜時に関しては子供では有意に延長し年齢間、成人との比較でも差がみられた。

すなわち子供はsaccadeの遂行過程においては成人と差がみられないが、saccadeの課題遂行までの時間がかかることが示された。

これらのことから子供では視覚情報処理、運動プログラムをつくる機能の未熟性を示すことが示唆された。

はじめに

作業療法(Occupational therapy)は精神分裂病などの精神障害者や脳卒中、脳性麻痺などの身体障害者の主体的な生活の獲得をはかるために諸機能の回復、維持及び援助を行うことを目標としている¹⁾。

北海道大学医療技術短期大学部作業療法学科

* 北海道大学医療技術短期大学部理学療法学科

** 秋田大学医療技術短期大学部作業療法学科

Department of Occupational Therapy, College of Medical Technology, Hokkaido University

* Department of Physical Therapy, College of Medical Technology, Hokkaido University

** Department of Occupational Therapy, College of Medical Technology, Akita University

作業療法が対象とする障害の1つに学習障害がある。学習障害に関する定義はまだ十分整理されていないが、「学習障害」という概念の提唱者のKirkは主として読み、書き、計算など学力に関する障害、知覚した内容を認知したり、用いたりできない非言語シンボルに関する障害、言葉の意味が理解できない、意志や考えを音声や動作で表現できないなど言語シンボルに関する障害の3つの類型をあげている²⁾。作業療法で対象とする学習障害は明かな精神遅滞や器質障害がないにもかかわらず中枢神経系のなんらかの機能障害が原因となって認知、学習の障害や行動上の異常、微細な神経学的徴候をもつ子供である。

Ayresによると学習障害児の多くは感覚統合障害をもっていると考えられる。感覚統合障害(sensory integrative dysfunction)とは感覚入力の統合を困難にするような脳機能の異常とされる³⁾。感覚統合障害をもっている子供は筋緊張が低かったり動作の協調性が悪く不器用であったり空間認知が悪く視知覚に問題をもっているなどなんらかの神経学的徴候をもっている。

感覚統合機能に障害があるとする時にもっとも関心を向けられるのは脳幹であり、眼球運動の反応は視覚入力に依存する重要な脳幹機能の一つである⁴⁾。また実際にも学習障害に関連する教科学習において、眼球運動のコントロールは重要な鍵となる。

学習障害児を対象とする感覚統合検査には追視、輻輳視など眼球運動の検査も含まれているが、検査は指人形などの視標を動かし子供の反応を観察し、評価を行う。しかし定性的な検査法であること、また発達年齢に対応した基準となる資料も乏しいためその解釈は難しい。

本研究はこのような学習障害児を対象とする作業療法の臨床で使われる評価に対して、4才からの健常児を対象とした定量的な測定による年齢間の差異、成人との差異などの資料を提供することを第一の目的とする。

Robinsonは1968年に視標を追跡する眼球運動には4つの下位システムがあることを明かにし、その1つとして衝動性眼球運動(saccade)をあげている⁵⁾。saccadeは突然視野の中に現れた視標に対して急速に眼球を動かす運動である。saccadeには神経系の発達と成熟が反映されると思われるので子供と成人ではその正確さ、潜時(反応時間)、速度に相違が予想される。年齢による変化を調べた研究にはCohenとRossらによるものがあり彼らは子供と成人のsaccadeについて調べ、子供では反応潜時が遅いことを示した⁶⁾。

GrollとRossは成人、5-6才児、8-10才児の3群の潜時を調べたところ、年齢とともに潜時が有意に短縮することを示した⁸⁾。Rosenhallらは7-11才の子供、20才から50才の成人、76-77才の老人を対象にsaccadeを調べた。正確性についてはすべてのグループで同じであること、速度に関しては老人と子どもでわずかに遅い傾向がみられたこと、潜時は老人と子どもでは25-50ms遅かったが潜時はばらつきが大きいことを示した⁹⁾。

以上のように子供では成人と比べて眼球運動開始までの潜時が長いことなどの相違があることが知られている。しかし連続した年齢群の子供において何才ころから大きく変化するのか、さらに年齢の低い子供ではどうかなどはまだ明かではない。従って本研究の二つめの目的はこれらの速度、正確性、潜時などに関して4才から11才までを対象として年齢間の相違について調べることである。

対 象

対象は4-11才の神経系障害の既往歴のない知能、学習、日常生活上問題のない健康な子供25名(男子16名、女子9名)で、札幌市在住の幼稚園児から小学生の児童である。平均年齢は 7.5 ± 2.4 才である(表1)。実験への参加については全員の保護者と児童から承諾をとつ

ている。

表 1 被検者数 (年齢ごとの被検者数を示す)

年 齢	4	5	6	7	8	9	10	11
被検者数	2	5	4	2	2	2	5	3

被検者数 25名 平均年齢 7.5 ± 2.4 才

対照群は 20 才から 41 才の神経学的な既往歴のない成人 11 名である。平均年齢は 28.5 ± 7.0 才である。

全被検者とも健康状態は良好で睡眠薬や鎮静剤などの服薬もしていない。4 才児を含め全員が十分に覚醒し、課題を理解し実験に協力的であった。

方 法

被検者を暗がり椅子に座らせ、眼前 1 m のスクリーン上に、赤の発光ダイオード (LED) の視標を提示した。視標は水平面上の合計 9 個からなり、中心の LED を 4 - 6 秒間点灯させ、それが消えると同時に右または左の LED を 500 msec 点灯させた。左右の LED は 8 度、12 度、24 度の位置にある (図 1)。視標の点灯は

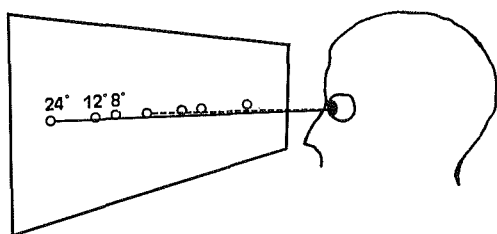


図 1 視標の提示方法

視標は被検者の眼前 1 m のスクリーン上にある。視標は中心及び左右の 8 度、12 度、24 度の位置に点灯させた。

パーソナルコンピュータ (PC 9801 VX) により制御した。視標の提示時間、左右方向はランダムに設定されている。左右の点灯はランダムであるが提示は 8 度、12 度、24 度の課題ごとに 20 回ずつ行った。

被検者には中心の LED が点灯している間そ

れを注視し、それが消え左右どちらかの LED が点灯するとすばやくその視標をみるように指示した。測定にあたっては心配ない旨を説明し不安をとりのぞいた。また各課題の施行ごとに途中で休憩をいれた。データ測定中注意を集中していないと思われる時には必ず声をかけて注意を促した。各被検者とも測定は 1 度のみで行った。

EOG (Electro-oculogram) は眼窩外側に付けた表面電極から D.C. または時定数 10 の A.C. にて記録したが、同一被検者において D.C. による記録と時定数 10 の A.C. による記録で潜時や速度に有意の差はみられなかった。頭の固定は行っていないが子供 25 名のうち 14 名では頸筋より EMG を導出し、頭を動かさずに saccade ができることを確認し、また EMG を導出しない例でも頸部を動かしていないことを注意深く観察し、確認した。

EOG と LED の信号はペンレコードに出力し、同時にデータレコードにも記録した。眼球の位置信号から速度を得るため微分回路 (sample clock 10ms) を用いた。データレコードの記録からシグナルプロセッサ 7 T 17 (NEC 三栄) にて図 2 のように潜時 (latency)、振幅

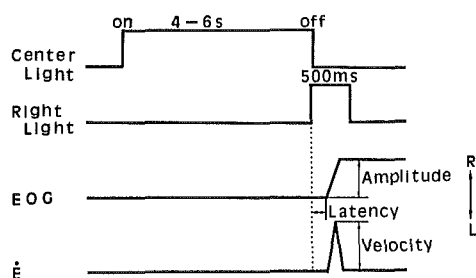


図 2 サッケードの課題と測定項目

中心の視標が 4 - 6 秒点灯した後、右の視標が点灯したことを示す。被検者はそれをすばやくみるように指示され、原波形と速度波形からシグナルプロセッサ 7 T 17 にて Latency (潜時)、Amplitude (振幅)、Velocity (速度) を測定した。

EOG: 眼球の位置, R: 右, L: 左,

E: 眼球の速度

(amplitude), 最高速度 ((peak velocity)) を測定した。各指標の年齢ごとの平均値を求め、t 検定 (Student's two-tailed t-test) を行った。

結 果

視標提示後の中心視標への固視状態が悪いもの、潜時が被検者個々の平均から極端に遅れるもの (500 ms より遅れるもの) は注意集中がなされていないと判断して除いた。また振幅が±4 度以上不正確なものは解析対象からはずした。このような基準をみたした 4 才児の saccade のオリジナル波形の一例を示す (図 3)。

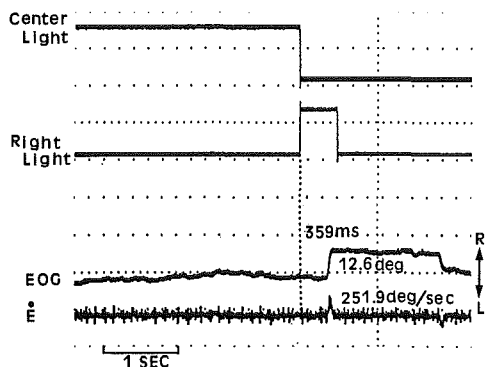


図 3 4 才児の眼球運動

4 才児の眼球運動の一例を示す。課題は右 12 度である。潜時は 359 ms、振幅は 12.6 度、速度は 251.9 度/秒であった。図のように正確に視標をとらえていることを示す。

以上のことを考慮した上で採用したデータの数を示す (図 4)。上記の理由で不採用のものをエラーとすると、4 才児では特にエラーの数が多いことが特徴的である。すなわち 4 才児では全施行中 40%のみを採用し、残りは捨てなければならなかった。年齢とともに採用した割合は増加し、11 才では 80%となった。不採用の数については個人差が大きく部分的な課題を含め採用したデータの 90%をこえる子供も 8 名いた。対照群の成人ではエラーはなく 100%採用した。

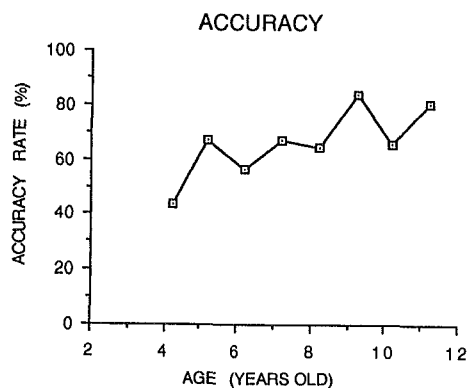


図 4 年齢別採用データ数

正確であるとして採用したデータの割合を示す。視標提示後の中心固視の悪いもの、潜時が 500 ms より延長したもの、振幅が±4 度以上の誤差のあるものは除外した。

振 幅

すでに述べたように採用したデータは±4 度以内を基準としている。それぞれの年齢ごとの振幅の平均値を示す (図 5)。年齢間で差はみら

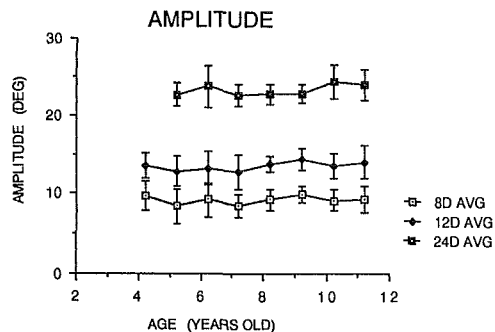


図 5 課題ごとの振幅の平均値と標準偏差
年齢間で差はなく視標を正確にとらえていることを示す。

8 D AVG: 8 度の課題, 12 D AVG: 12 度の課題, 24 D AVG: 24 度の課題

れず正確であった。子供全員の 8 度, 12 度, 24 度の課題ごとの角度は平均 8.3 度, 12.6 度, 22.7 度であった。課題ごとの角度のヒストグラムを示す (図 6)。8 度と 12 度についてはピーク

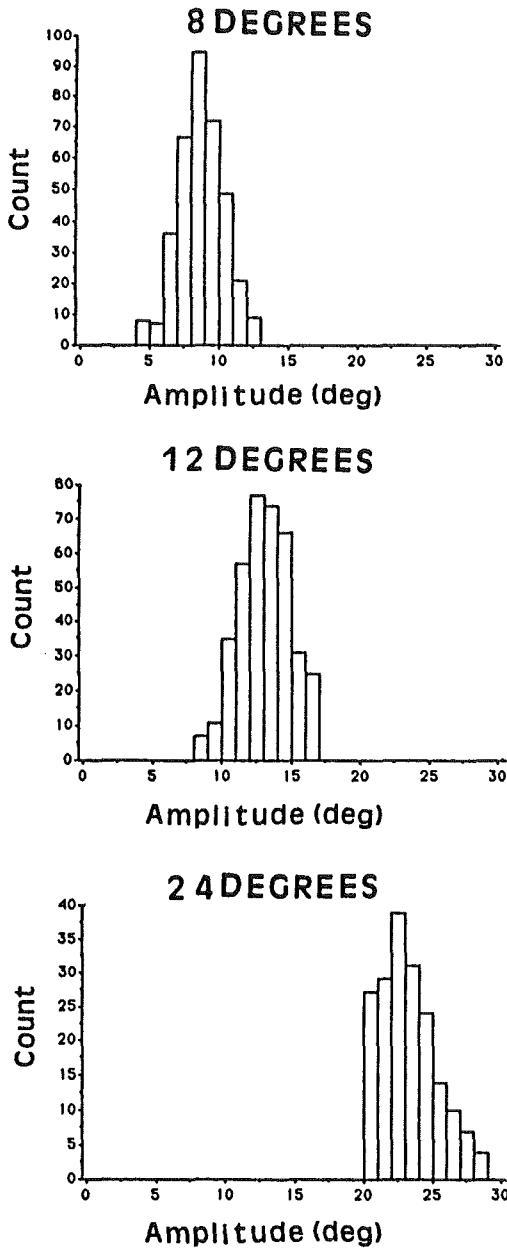


図6 課題ごとの振幅のヒストグラム
縦軸：数，横軸：振幅（角度）

と課題の角度が一致しており，24度の課題ではピーク値はわずかに低かった。

このように採用したデータの振幅は各年齢層において大変正確であった。成人のデータでは7.3度，12度，22.8度であり，子供と成人では

有意差はなかった。

潜 時

子供全体の8度，12度，24度の課題ごとの平均潜時は275.5 ms，286.7 ms，308.9 msであった。成人は215.3 ms，217.5 ms，231 msで8度，12度，24度ともに有意に成人より遅いことが示された ($p < .001$)。各年齢毎の潜時を示す (図7)。全体の傾向として年齢の増加に従って潜時が短縮している。

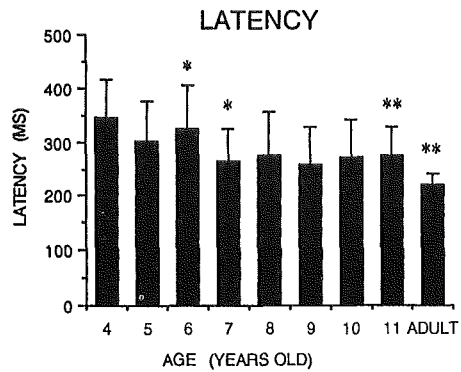


図7 各年齢ごとの潜時の平均値と標準偏差全課題をまとめて平均した。年齢の増加とともに減少する傾向がみられる。6才と7才では有意な差があった (* : $P < .001$)。11才と成人も有意な差があった (** : $P < .001$)。

各年齢間の平均値を比較すると，6才児では326.7 ms，7才児では263.6 msで，6才児と7才児の間では有意な差がみられた ($p < .001$)。他の子供の年齢間では差はみられなかった。また子供でもっとも年長である11才児では275.5 msで成人は220.8 msで11才児のみを成人と比較しても有意な差がみられた ($p < .001$)。

6才児と7才児，11才児と成人の間で有意差があったので，子供を4-6才児と7-11才児に分け，比較してみるとそれぞれ8度，12度，24度で4-6才では294.8 ms，313.1 ms，362.6 ms，7-11才では263.7 ms，269.1 ms，278.9 msで年齢群間でも有意差がみられた ($p < .$

001)。さらに成人との比較においても有意な差があった ($p < .001$) (図 8)。

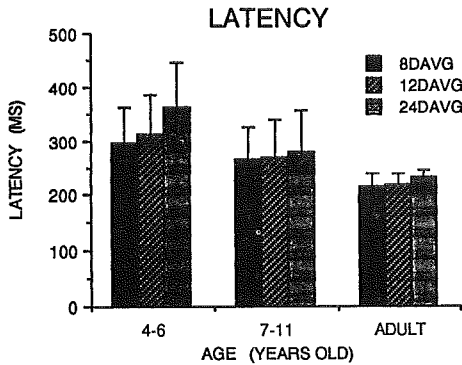


図 8 潜時の年齢群間の平均値と標準偏差
4-6才, 7-11才, 成人の3群にわけた。3群の課題ごとの平均値を示す。すべての角度で年齢間に有意差が示された ($P < .001$)。

8D AVG: 8度の課題,
12D AVG: 12度の課題,
24D AVG: 24度の課題

速度

速度は振幅に応じて増加するものであるが、この振幅と速度の関係が子供でも保たれているかどうかを調べてみた。図 9 a に示すように成人も子供とも振幅の増加にともない速度も増加した。課題ごとの平均速度を示す (図 9 b)。

年齢間で有意な差はみられなかった。4-11才児の8度, 12度, 24度の課題ごとの平均速度は 230.2 deg/sec, 304.0 deg/sec, 415.4 deg/sec であり, 成人では8度, 12度, 24度で平均速度は 213.0 deg/sec, 292.0 deg/sec, 374.7 deg/sec であった。成人との間に差がなくむしろ成人よりも速い傾向があった。4才児の8度, 12度, 24度で課題ごとの平均速度を示すと 229.3 deg/sec, 279.8 deg/sec, 392.6 deg/sec で, 4才児と成人でも差がなかった。各年齢間での比較でも有意な差はみられなかった。

以上をまとめると子供では成人と比較すると振幅, 速度は差がなかった。速度は回転角度に

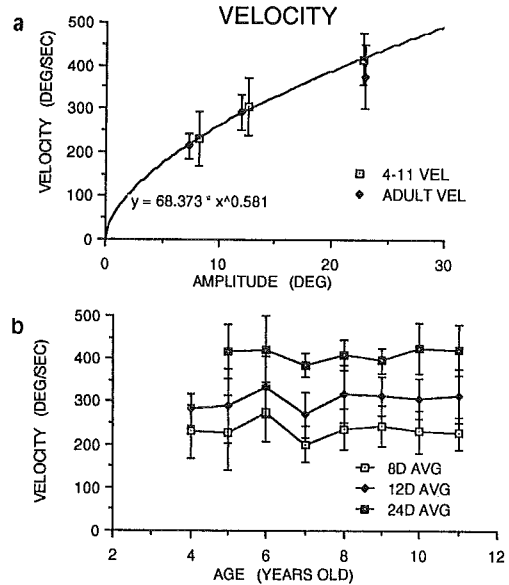


図 9 a. 速度と振幅の相関, b. 課題ごとの速度の平均値と標準偏差

a. 子供と成人の速度と振幅の相関を示す。

縦軸: 速度, 横軸: 振幅

4-11 VEL: 4-11才の平均速度±標準偏差, ADULT VEL: 成人の平均速度±標準偏差

b. 課題ごとの速度を示す。課題の角度がますますごとに速度は速くなっている。年齢間で有意な差はみられない。

8D AVG: 8度の課題, 12D AVG: 12度の課題, 24D AVG: 24度の課題

依存するが速度と振幅の相関もグラフに示すように成人のデータと変わらなかった。年齢間でも振幅と速度には有意な差はなかった。

一方, 潜時は成人に比較し有意に延長していた。潜時は年齢とともに短縮する傾向があったが, 特に6才と7才の間では有意差があった。4-6才児と7-11才児と成人の3群で有意差があった。

考 察

子供では潜時が延長していたが, このような課題にあたって子供では課題の理解が悪いと

か、注意の集中が悪いとか、協力度に問題があるために潜時が延長しているという可能性を考えることもできるだろう。しかし今回はあらかじめ中心の固視がわるいもの、潜時の長いもの、視標に正確に到達していないデータは採用しなかったもので、ここに採用したデータは正確に課題を施行しているもののみのデータである。従って注意集中の欠如という要素はかなり除外していると考えられる。子供では成人よりは採用率は低いが採用したデータに関しては信頼できると思われる。

視標をとらえる正確性については Cohen と Ross⁷⁾ が示したように、私どものデータでも採用したものは成人と比較しても年齢差もなく正確であった。速度との相関も非常に良かった。このことから子供においても十分注意を払った状況下においては、正確に saccade を行うことができると考えられる。

速度は対照群との比較、年齢間の比較でも差がなく、振幅に対する相関も良かった。速度が正常であることから、少なくとも saccade に関係するバーストニューロンの存在する橋網様体傍正中領域 (PPRF) 以下の機能の成熟が推定される。

子供が成人に比較し潜時が遅いというデータは Cohen と Ross⁶⁾⁷⁾, Groll と Ross⁸⁾, Rosenhall⁹⁾ と同じ結果であった。Groll と Ross は 5-6 才と 8-10 才の間で有意差のあることを示しているが、今回の私どものデータが示した 4-6 才、7-11 才の間の有意差と年齢層が一致する。Groll と Ross は 7 才のデータがないのだが、私どものデータは 6 才と 7 才の間で有意な差を示した。これより 6 才と 7 才の間あたりに臨界期があることが示唆される。同じく、Groll と Ross は 8-10 才と成人の間にも有意差を示しているが、これも私どものデータとも一致する。私どものデータでは 10 才と 11 才には差がなく、11 才と成人では有意差があったことより、11 才から 20 才の間のどこかの年齢間

に更に臨界期があることが予測される。

このような潜時の延長は課題の遂行開始までの時間が長いことを示すが、それは視覚情報処理に時間がかかること、または運動プログラムをつくる機能が未熟なため、そこでの時間が延長していること、または伝導速度の遅延と関連すると思われる髄鞘化の未発達を示していることなどが関連していると推定される。

さてそれでは、これらの結果から、実際の検査や作業場面でどのような注意が必要であろうか。まず、第一に子供においては、今回の実験におけるデータの採用率からわかるように、低年齢の子供では中心固視、正確性などのように注意集中、協力度に問題があることがわかる。従って、検査や作業場面などでは、その子供が正しく課題を理解し、注意を集中しているかどうかチェックしなければならないと思われる。

しかし、今回採用したデータについては、注意集中や理解、協力度などの点はクリアしたと考えられるので、注意集中が十分に行われている場合には saccade の振幅の正確性や速度は成人と比べて差はなく、saccade の遂行過程自体は子供のうちからかなり成熟していると考えられる。このことは saccade の運動の遂行に関与する脳幹以下の成熟を示していると思われ、検査の実施や作業場面で参考となる。

また成人との間で明かな差を示し、しかも年齢とともに短縮していくと考えられる saccade の潜時についても検査やまた作業を行わせる場合などで反応時間の遅れとして考慮に入れる必要がある。

結論

1. 児童の saccade の振幅と速度は成人と差がなく、また年齢間でも差は見られなかった。
2. 潜時は成人より有意な延長が見られ、6 才と 7 才の間に潜時が短縮し、その間あたりに臨界期があることが示唆された。
3. おなじく 11 才と成人でも潜時に有意差が

あり、これより 11 才から 20 才までの間に更に臨界期があることを予測させる。

4. 臨床場面で saccade を検査する時、子供でも課題遂行に関しては正確にできる。しかし低年齢では課題の理解、注意集中に関してチェックすることが必要で、また子供では反応時間が遅れることなどが考慮される必要がある。

引用文献

- 1) 日本作業療法士協会：日本作業療法士協会規約集，73，1988，日本作業療法士協会，東京
- 2) 上野 一彦：学習障害の類型化に関する考察，感覚統合研究 第 2 集，1－7，1985，協同医書出版社，東京
- 3) Ayres A. J.：子どもの発達と感覚統合（佐藤剛監訳），77－103，1983，協同医書出版社，東京。
- 4) Ayres A. J.：エアーズ研究論文集（佐藤剛監訳），97－103，1988，協同医書出版社，東京。
- 5) Robinson D. A.：Eye movement control in primates, Science, 161, 1219－1224, 1968.
- 6) Cohen M. E. and Ross L. E.：Saccade latency in children and adults：Effects of warning interval and target eccentricity, Journal of Experimental Child Psychology, 23, 539－549, 1977.
- 7) Cohen M. E. and Ross L. E.：Latency and accuracy characteristics of saccades and corrective saccades in children and adults, Journal of Experimental Child Psychology, 26, 517－527, 1978.
- 8) Groll S. L. and Ross L. E.：Saccadic eye movements of children and adults to double-step stimuli, Developmental psychology, 18(1), 108－123, 1982.
- 9) Rosenhall U., Bjorkman G., Pederson K., et al：Oculomotor tests in different age groups, Neurophysiologic and clinical research edited by M. D. Graham and J. L. Kemink 401－409, 1987, Raven Press, New York.