教育講座

幼小児のバランスの障害と歩行の獲得について

加我 君孝

Development of Balance in Infants and Children with Congenital Vestibular Loss, Congenital Blindness and Mental Retardation

Kimitaka Kaga

Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine, University of Tokyo

Development of balance functions in infants and children can be delayed for various reasons. However, there are three major causes unless particular neurological problems are associated with the delay. These three major etiologies are congenital vestibular loss, congenital blindness and mental retardation. In infants and young children, vestibular loss is assessed by electronystagmography recordings by the damped rotation test, but not by the caloric test.

The damped rotation test in infants and children with congenital vestibular loss, shows very poor rotational nystagmus, but in infants and children with congenital blindness only or mental retardation only, the test shows normal rotational nystagmus. Normal children initially begin walking at approximately 12 months of age, but children with these problems frequently begin walking after two years of age. Because vestibular and visual information converge in the cerebellum, it is speculated that this contributes to the delay in the development of balance functions in infants and children with congenital vestibular loss or blindness. However, mental retardation may influence overall development. Development of balance functions can be delayed by various causes, and careful examination is required.

Key words: balance, vestibular loss, blindness, deafness, mental retardation

1. はじめに

バランス障害——姿勢制御の異常

バランスの障害すなわち平衡障害は、錐体路障害や錐体外路障害を欠くにもかかわらずバランスが悪く、静止時あるいは運動時の姿勢制御に困難の生じる場合をさす。障害の部位は内耳の三半規管や耳石器すなわち迷路か、その中枢である小脳である。先天性と後天性がある。

先天性の運動異常を呈する疾患には、痙直型の脳性麻痺のように、錐体路障害による麻痺やアトローゼ型の脳性麻痺のように錐体外路系の障害に伴う筋緊張の異常によるものが多いが、ここでは麻痺を欠く疾患のみを扱う。先天性の内耳障害と小脳形成不全がこれに相当する。両疾患とも初期には、筋トーンの低下が著しく、フロッピーな時期が続き、頸のすわりや歩行開始時が著しく遅れる。脳性麻痺では初期には同様の症状を呈することから、小児科や整形外科で、脳性麻痺や重い

精神運動発達遅滞と誤診されることが多い。現在では、内耳や小脳の CT や MRI による画像診断や回転検査による半規管機能検査の進歩で正確な診断が可能となったが、これらの疾患の知識の普及が不十分であることが問題である。

小児、特に乳児や幼児の迷路障害の診断には、前庭眼反射の検査の一つであるカロリックテストは患児が泣き騒ぐか、目を閉じるために役に立たないため回転検査を行う。小児では回転中眼振を評価の対象に用いる。回転後眼振は出現しにくい¹⁾からである。

麻痺を欠くがバランスの障害が乳幼児期に伴うものに視覚障害と精神運動発達遅滞があり、迷路障害と比較してとりあげる。

a. 先天性のバランス障害

両側性迷路障害

先天性高度感音難聴児に合併してバランス障害がしばしば認められることが、ろう学校生徒の運動機能検査から知られていた。ろう学校生徒のバランス障害は、成人になるまでに消失することが以前より知られていたが、迷路障害が乳幼児期の運動発達に及ぼす影響は、Rapin²⁾ がろう学校の生徒の発育史を retrospective に面接調査することで気がついた。米国の高名な小児神経学者の彼女は、1974年、先天性の迷路障害では首のすわり、つかまり立ち、処女歩行などの開始時期が遅れると推測して報告した。1981年、著者らは先天性高度難聴児のうち、一方向減衰回転検査で無反応であることが確認された乳幼児の平衡と運動発達を追跡し、迷路機能が低下すればするほど、首のすわり、一人立ち、歩行開始時期の著しい遅れが生じ、移動は shuffling すなわち、いざり移動が生じると報告した。

先天性感音難聴児では、迷路性平衡覚障害を伴うものが少なくない。回転検査法のなかでバレー回転よりも強力な一方向減衰回転法では、機能低下57%、無反応9%である¹⁾。迷路機能が低下すればするほど、首のすわり、一人立ち、歩行開始時期は著しく遅れる。しかし、おすわり、つかまり立ちの遅れが少ないのが特徴である。すなわち支えのある機能の遅れは少ない。原因疾患のはっきりしないものが多いが、サイトメガロウイルスの感染や内耳奇形では特に著しい平衡機能の発達の遅れを示すことが多い。前者は脳の CT

で石灰化像が認められ、後者では側頭骨の CT で、その異常を知ることができる(図1)。

これらの先天性の平衡覚障害の神経学的特徴は、1歳以下では迷路性筋緊張の低下により頸部の固定や下肢の体幹の支持が弱いこと、バランスが悪いこと、1歳以上2歳前後までは迷路性立ち直り反射が欠如していることにより独立歩行が困難なこと、3～5歳では高度のバランス機能を必要とする場面、すなわち“ふとん、砂、雪の上”などを歩くとき、転倒傾向にあることである。しかし上肢の微細運動の遅れは初めから認めず、迷路反射の低下や廃絶があっても、成長・発達とともにバランスの異常は改善し、小学校入学時までにはほとんど正常になる³⁾(表1)。

成人の両側迷路廃絶症例に観察されるような運動時の視覚異常、すなわち見るものがぶれて見える jumbling 現象、暗闇での歩行障害すなわち閉眼時のロンベルグ徴候陽性、水泳時の水中でのオリエンテーションの異常などは先天性の平衡障害の小児の例ではほとんど認めない。この違いは小児では視覚や深部知覚などを通しての立ち直り反射、小脳、大脳基底核、大脳からの筋緊張作用と運動制御によって迷路障害は代償されてしまうのであろう。現在では、高分解能 CT スキャンが先天性難聴児にも応用され内耳奇形がしばしば見出されるようになった。内耳奇形の代表的なタイプは、三半規管が形成されず、耳石器が袋状だけのタイプである(図1)。こうした内耳奇形例では、他の先天性高度難聴児と同様に平衡・運動発達が遅れるが、前庭眼反射はカロリックテストでは無反応であっても回転検査では眼振が誘発されることが多く(図2)、耳石器も回転刺激に反応する可能性を示している。内耳奇形例では眼・心臓・口蓋にも奇形の合併する頻度が高い。これは、三半規管の完成する時期とこれらの他の器官の完成時期が接近しているため、胎生期の発生異常がこれらの器官に同時に生じやすいことを示唆している(図3)。

重複障害の小児の症例では、平衡・運動発達はさらに遅れる。精神発達遅滞や髄膜炎・脳炎後遺症などが重複すると代償作用、運動学習が遅れると考えられる⁶⁾。その典型的な例は胎生期のサイトメガロウイルス感染である。脳性麻痺では、新生児高ビリルビン血症によるアテトーゼ型の脳性

図1 両側内耳奇形症例（4歳）

高度難聴と平衡障害がある。
蝸牛—前庭半規管が1つの袋状になっている。

表1 移動動作の獲得年齢の比較³⁾

	正常児	難聴児		脳性麻痺児	
		前庭機能正常 群（4例）	前庭機能低下 群（4例）	痙直性対麻痺	アテトーゼ型 麻痺
首のすわり	4カ月	3.5カ月	8.8カ月	6カ月	1歳4カ月
寝返り	6カ月	5.3カ月	8.5カ月	1歳2カ月	1歳6カ月
腹ばい	8カ月	7.3カ月	11.6カ月	1歳2カ月	2歳9カ月
座位	10カ月	9.5カ月	1歳2カ月	1歳6カ月	3歳6カ月
四つばい	10カ月	8.3カ月	1歳0.3カ月	2歳7カ月	4歳11カ月
つかまり立ち	8カ月	8.1カ月	1歳3.4カ月	2歳6カ月	5歳6カ月
伝い歩き	12カ月	9.5カ月	1歳3.5カ月	3歳7カ月	6歳7カ月
ひとり立ち	1歳2カ月	10.4カ月	1歳6.3カ月	4歳5カ月	5歳2カ月
ひとり歩き	1歳3カ月	11.5カ月	1歳9カ月	4歳10カ月	6歳3カ月

麻痺である核黄疸には迷路障害の合併頻度は高いが、新生児仮死による痙直型でも認められ、運動発達を著しく遅れさせる⁷⁾。

迷路障害例は、症状としては蝸牛障害による難聴と、これに伴う言語発達の遅れ、前庭三半規管の障害による運動発達の遅れのために、小児科、整形外科などで、しばしば脳性麻痺、精神運動発達の遅れ、筋疾患、小脳障害などが疑われると説

明されることがあり注意が必要である。ABR と回転検査を実施することで誤診を防ぐことができる。ただし脳性麻痺では、迷路障害を合併する頻度が高く、アテトーゼ型の方が痙直型よりも、その頻度は高い。むしろこの場合、脳性麻痺に注意を奪われて、迷路障害が見逃されやすい。

b. 後天性のバランス機能異常

正常出生児で、初期は運動発達に問題がなかつ

Case T.T 4yrs M

図2 図と同じ症例
回転中眼振を認める。

たにもかかわらず、突然生じた迷路障害のために、バランス機能や運動発達が退行することがある。その症状が重いために、重篤な脳障害が生じたと誤解されることがある。しかし、ある年齢までの障害は退行しても、もう一度バランス機能を中枢神経系の代償・学習機能で獲得する。しかし、ある年齢を越えれば、退行はせず、一時的にバランスの異常を呈するだけである。その年齢は、どのあたりであろうか。

新生児・乳児期の両側迷路障害による影響

Eviator⁸⁾ らは新生児の敗血症症例でアミノ配糖体の治療を受けた例について検討したところ、カロリックテストなどの平衡機能検査の異常とともに首のすわりに著明な遅れが生じるので、迷路機能が顎定に貢献すると指摘している。カナマイシンよりもゲンタマイシンの方がその影響が著明であるという。著者らの経験でも、新生児期の迷路障害のバランス機能に対する影響は、先天性の迷路障害と同様である。

幼児期の両側迷路障害による影響

髄膜炎や脳炎の迷路波及によって生じる場合がほとんどである。前者の場合、使用した抗生剤の耳毒性によることもある。急性期から亜急性期の平衡失調は、バランスの異常と筋緊張の低下を呈するために、中枢性すなわち小脳失調と間違われることが多い。しかし温度眼振反応の低下や消失、下肢に失調はあるが上肢には認めないことや小脳性の眼球運動異常を認めないことから鑑別は可能である。脳炎の場合は、脳機能全体の低下のため、要素的に神経症候を把握することが難し

く、その鑑別が困難なことが多い。

1歳前後で初めて生じた両側迷路障害では、それまで獲得した運動機能のうち、首のすわり、おすわり、ひとり立ち、歩行などが数カ月の間失われ、母親に“赤ちゃんに戻ってしまった”といわしめる状態になる。しかし、他の脳神経機能に異常がない限り1～4カ月の間に再獲得が可能となる(図4)。知的障害も合併すると運動学習の遅れのため、再獲得に至る期間は2倍以上必要なことが多い。

2歳以後では一時的なバランス障害を示すだけで、直ちに代償されてしまう。この点をとっても2歳以後の小脳、大脳レベルからの姿勢に対する中枢制御が圧倒的で、迷路にとって代わることがわかる。

アミノグルコシド系薬剤は耳毒性がある。そのため最近では慎重に使用されているが、救命のために髄膜炎の治療にゲンタマイシンを髄注することがある。副作用として、難聴と平衡障害が生じることがあるので治療前にABR、回転検査をあらかじめ実施し、治療後と比較できるようにした方がよい。

c. 学童期以後の両側迷路障害

成人の両側迷路障害は、ゲンタマイシン、アミカシンなどの耳毒性のある薬物や髄膜炎によって生じ、その症状はjumbling現象、すなわち前庭眼反射の欠如により注視機能が障害され、物体がぶれて見えること、暗所での平衡失調などである。先天性迷路障害児では両症状とも出現しない。しかし、後天性の場合、何歳以後の障害なら

AGE (days)	LENGTH (mm)	STAGE Streeter	EYE	EAR	FACE	HEART
19	1	IX				Merging mesoblast anterior to prechordal plate
24	2	X early somites	Optic evagination	Otic placode	Mandible Hyoid arches	Single heart tube Propulsion
30	4	XII 21-29 somites	Optic cup	Otic in vagination	Fusion, mand. arches	Ventric. outpouching Gelatinous reticulum
34	7	XIV	Lens invagination	Otic vesicle	Olfactory placodes	Auric. outpouching Septum primum
38	11	XVI	Lens detached Pigmented retina	Endolymphic sac Ext. auditory meatus Tubotympanic recess	Nasal swellings	Fusion mid. A-V canal Muscular vent. sept.
44	17	XVIII	Lens fibers Migration of retinal cells Hyaloid vessels		Choana, Prim. palate	Aorta Pulmonary artery Valves Membrane ventricular septum
52	23	XX	Corneal body Mesoderm No lumen in optic stalk			Septum secundum
55	28	XXII	Eyelids	Spiral cochlear duct Tragus

図3 眼, 耳, 顔面口腔, 心臓の発生
内耳奇形とその合併奇形の理解に役に立つ⁵⁾。

ば両症状が恒久的に残るか否かわかっていない。
著者の経験では12歳の髄膜炎による両側迷路機能
喪失例では数カ月して jumbling 現象は消失し,
Romberg 現象も陰性となった。脳の可塑性, 感
覚の代償と運動学習が急速に働くのであろう。

d. 片側性迷路障害

小児では mumps による片側性の難聴と平衡障

害が急性期に生じることがある。頭部外傷で側頭
骨骨折が迷路に及んだり, 迷路の打撲による迷路
振盪症で, めまい・平衡障害の生じることがあ
る。これも急性期のみですぐに代償される。片側
の迷路が正常である限り, 代償の速度は敏速であ
る。

図4 後天性平衡失調の2例の運動機能の喪失と再獲得過程

2. 視覚障害児とバランスの発達

視覚に障害があると全体的な発達に著しい影響を及ぼすと言われている。確かに、子どもの発達は、外界からの刺激や情報を入手し、それらに反応することによって促進される。この情報の最も重要な入手源である視覚情報が制限されれば、発達に大きな影響を及ぼすであろうということは想像される⁹⁾。筆者は、平成7年3月に東京大学で開催された、心理学系の「乳幼児研究会」で国立特殊教育総合研究所の千田耕基先生の「視覚障害に起因する行動の制限とその反応について」という研究発表で、先天性盲児は、歩行の開始が生後2才前後であることを初めて知り、それは常識であるとのことで、何故、先天性平衡障害児とほぼ同様に遅れるのか深い関心を抱いた。その機序はどのようなものであろうか、検討する必要がある。

1) 眼の発生と視覚系の髄鞘化

胎生24日頃より眼の発生は開始し、胎生34日でレンズが陥凹、胎生38日でレンズと網膜が離れる。胎生7.5週でレンズ完成。胎生28週で網膜が光を感じるようになる。胎生5ヶ月で虹彩の色素沈着完成する⁵⁾。

視皮質は生下時に髄鞘化が始まり、生後5ヶ月頃には完成する。聴皮質の髄鞘化が2才頃に完成するのに比べ著しく早く、ミエリンサイクルが終了することがわかる¹⁰⁾。

2) 視覚と小脳

「視野の安定性を維持するために前庭眼反射が働く。反射の目標に対して反射がうまく働かずに視野がブレてもそれを直ちに前庭核にフィードバックすることは出来ない。そのための経路が無いからである。したがって前庭眼反射はいわゆる開ループ制御系の一種である前向き制御系の構造を持っていることになる」と伊藤は指摘し、視神経から視蓋前域、そして下オリーブ核、下オリーブ核より小脳片葉へ投射する登上線維路と苔状線維路が発見され、伊藤の考えが裏付けられ、片葉説を提唱することになる。

a) 片葉は前庭眼反射の3ニューロン弓に側路として挿入されており、したがって前庭眼反射の動特性に寄与している。

b) 視覚信号を受けることにより、片葉は前庭眼反射の動作を急速に修正して網膜像の安定を保つように働く。

c) そのように修正が繰り返されると片葉内の内部パラメーターが次第に変化し前庭眼反射の動特性を学習的に改善する¹¹⁾。

下オリーブ核には視覚だけでなく、いろいろな入力の中継した後、登上線維として、プルキンエ細胞に運動に関する情報を伝達する。すなわち、下肢・体幹・上肢・頸部からの運動の状況に関する情報は下オリーブ核を介する脊髓オリーブ路、オリーブ小脳路により伝えられる。これらは小脳虫部に結合する系である。この主オリーブ核と小脳の歯状核は小脳皮質外側部と並んでヒトで

図5 前庭眼反射弓と小脳片葉との関係

Ⅲ, Ⅵ, 第3, 第6脳神経核。興奮性ニューロンは白抜きの中空で、抑制性ニューロンは黒塗りで示してある。

は非常によく発達している¹²⁾。

視覚系を混乱させる目的で逆転プリズムをかけると、しばらくの間、体のバランスがとれない。温度眼振を誘発させている間に、光をつけて固視させると眼振が抑制される、いわゆる固視抑制は、小脳片葉が障害されると減弱することなどが、この視覚・下オリーブ・小脳片葉の神経回路のバランス機能に与える影響を示している。健康人でも、急に目を隠し、歩行をするとバランスの維持が難しくなることが何よりの証拠であろう。

3) 重度弱視児の視空間との広がりや行動の変容。

千田は、重度弱視児の移動行動の具体的例を報告している⁹⁾。「両親共視覚障害者の間に生まれたN児は10ヶ月の熟産で3620gで出生、重度の先天性白内障であった。首のすわり3カ月、おすわり6カ月、ねがえり8カ月、つかまり立ち9カ月、つたい歩き11カ月、はいはい12カ月、始歩16カ月。2才8カ月に右眼手術、3才4カ月に左眼手術。」「未熟児網膜症で右側に軽いマヒがあるY児の場合、はいはい2才半、始歩3才2カ月。4才で両眼共に視力が0.04。」生まれつき見えにくい子ども(先天弱視)は、自分の見えにくい状況がよく分からない。ましてや、それを相手に伝えることが出来ない。遠近の判断が曖昧で段差が知

図6 実空間と視空間

覚できず、すり足になったり、眼振を軽減するために頭を左右に振ったりするような行動(の真意)が他者に理解されず、誤解されることが多い。

先天性盲児、弱視児の始歩が遅れる理由には、前庭眼反射のうち、視神経、下オリーブ核、片葉の系が欠如しているために、小脳の姿勢制御の発達に遅れが生じることがまず考えられる。さらに、実空間と本人の脳の中に形成される視空間の形成が必然的に遅れるために、一致しない間は、バランスが悪くなることも考えられる(図6)。広い意味で、視性立直り反射が欠如するために遅れるのであろう。この問題に関する神経耳

科からの取り組みは今後の課題の一つである。

3. 精神発達遅滞とバランスの発達

精神発達遅滞には運動発達遅滞を伴うものが多い。臨床的に精神運動発達遅滞と診断されることが多い。大脳レベルの認知・言語・微細運動に問題があるが、首のすわり、はいはい、つかまり立ち、始歩のような粗大な運動機能にも遅れをしばしば伴う。このカテゴリーに入る疾患は多種多様であるため、耳鼻咽喉科医も診察の機会が多い。ダウン症を例にとりあげることにする。

全出生の約1%が知的障害を伴っている。そのうちダウン症すなわち21トリソミーは、一般出生における頻度は日暮らは0.09%、黒木らは0.12%と報告している。先天性難聴児の出生頻度は0.02～0.05%であるから、その5～10倍である¹³⁾。

「ダウン症は立位・座位といった抗重力姿勢を獲得していく段階で発達の停滞をみるのが特徴

であるが、全体としては粗大運動の伸びは順調に経過する。運動が筋肉による骨・関節の動きと、神経学的なコントロールする姿勢反射で構成されるとすれば、抗重力姿勢のおくれは筋トーンの低下に主因があると思われる。さらに知的能力の遅滞に伴う身体各部の使いこなしの不器用さが粗大運動の背景にあると考えられる。主な通過項目の通過率を表2に示す¹³⁾。表3に示すように預定は3～5ヶ月、始歩は1～3才と大きな巾がある¹⁴⁾。三半規管の奇形の合併も認められることが報告されており、そのような症例では、さらにバランスの発達が遅れる。

ダウン症の脳の病理学的研究では次のようなことがわかっている。肉眼的には大脳および小脳の形成異常、脳回の異常、組織学的には未熟な皮質細胞と細胞構築異常の存在と、後頭葉皮質細胞の減少が知られるが個々の例で程度が異なる。6才までのダウン症の髄鞘化を調べた報告では26%に髄鞘化に遅れがあったという¹⁵⁾。

ダウン症児が特に乳幼児期に筋緊張が低下している点は、先天性の迷路障害の例と似ているが、神経病理が示すように中枢神経系の髄鞘化の遅れ、脳の形成不全などに起因する、中枢神経系の発達の遅れが原因であろう。知能低下の著しい例では、歩行能力が充分にあると考えられる児でも歩かない場合があるという¹⁶⁾。さらに大きな特徴

表2 ダウン症の粗大運動発達（通過月齢）

	25%	50%	90%
預定	—	4.8	7.1
寝返り	5.8	7.5	10.0
坐位	—	—	12.7
独り立つ	20.4	24.7	34.1
独歩	22.3	26.7	35.4

表3 ダウン症候群の運動言語発達

	症例数	幅	平均±標準偏差
預定	353	1～18週	3.95±3.12週
寝返り	332	1～60か月	6.38±5.85か月
独座（男児）	257	5～72か月	12.52±7.77か月
（女児）	211	5～36か月	11.14±5.04か月
はいはい（手と膝で）	46	4～24か月	12.19±4.55か月
一人立ち（男児）	168	8～84か月	22.17±11.62か月
（女児）	116	7～72か月	18.97±9.36か月
独歩（男児）	242	7～74か月	26.09±11.40か月
（女児）	188	8～72か月	22.72±8.89か月
排泄自立	277	8～108か月	34.78±20.32か月
初語（男児）	171	6～72か月	26.59±15.70か月
（女児）	151	6～84か月	21.82±13.33か月
節（フレーズ）を話す	147	12～96か月	41.82±17.15か月
文章を話す	139	17～132か月	52.05±19.81か月

(Melyn ら, 1973)

は、粗大運動、微細運動、社会的発達と比べた時、言語発達が著明に遅れることである。ダウン症に限らず、精神運動発達遅滞児の神経耳科学的研究も今後の課題である。

4. バランスの発達に遅れを伴うその他の疾患

小児の脳奇形には、さまざまなものがあるが小脳奇形もその一つである。奇形の程度にもよるが粗大運動の発達も割合良好である。乳幼児期の小脳出血による場合も、発症の時期は運動の退行が認められるが、代償の速度が早く、その後の粗大運動の発達も良好なことが多い。先天性、後天性の小脳障害の場合のバランスの獲得過程の研究が待たれる。脳性麻痺、進行性の脳障害など、これまで神経耳科学的には前庭眼反射の有無などについて主に研究されて来たが、リハビリテーションにも貢献できるように、反射レベルから微細運動、移動などについても研究が必要であろう。

5. おわりに

乳幼児小児のバランスと運動発達の研究は、Magnus, Andre Thoms, にルーツがある。わが国では、福田精、吉倉範光にルーツがある。現在の医学の著しい進歩により画像診断、電気生生理学的検査がルーチン化し、症状の理解がかつてないほど容易になった。神経耳科学の対象とする迷路から、脳および身体全体を対象とするニューロサイエンスへ脱皮の時期が到来したように思える。すなわち、認知、理解、判断、記憶、運動制御が研究の対象領域になるであろう。

文 献

- 1) Kaga K, Suzuki J, et al: Influence of labyrinthine hypoactivity on gross motor development of infants. *Ann NY Acad Sci* 374: 412-420, 1981
- 2) Rapin I: Hypoactive labyrinth and motor development. *Clin Pediatr* 13: 922-937, 1974
- 3) 堀内美智子, 加我君孝, 他: 先天性平衡機能障害児の粗大運動と微細運動の発達. *Audiology Jap* 28: 709-716, 1985
- 4) Tsuzuku T, Kaga K: Delayed motor function and results of vestibular function tests in children with inner ear anomalies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 23: 261-268, 1992
- 5) Jones KL: Smith's recognizable patterns of human malformation, WB Saunders, Philadelphia, 1988
- 6) Kaga K, et al: Development of righting reflexes, gross motor functions and balance in infants with labyrinth hypoactivity with or without mental retardation. *Adv Otorhinolaryngol* 41: 152-161, 1988
- 7) 加我君孝: 核黄疽の聴性脳幹反応と前庭眼反射. *小児科 MOOK* 7, 207頁, 金原出版, 東京, 1979
- 8) Eviator L, Eviator A: Neurovestibular examination of infants and children. *Adv Otorhinolaryngol* 23: 169-191, 1978
- 9) 千田耕基: 視覚障害に起因する行動の制限とその対応について. 特別研究報告「心身障害児の運動障害にみられる課題とその指導に関する研究」国立特殊教育総合研究所. 118-125頁, 1995
- 10) Yakovlev PI, Lecours A-R: The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain. *Regional Development of the Brain in Early Life* (ed. Minkovoski A), Blackwell Scientific Publ, Oxford and Edinburgh, 1967
- 11) 伊藤正男: 前庭眼反射の小脳制御. *神経耳科学第1巻*. 61-74頁, 金原出版, 東京, 1985
- 12) 松下松雄: 小脳の神経回路. *Clinical Neuroscience* 11: 18-23, 1993
- 13) 鈴木康之: 染色体異常と知能. *小児内科* 19: 58-62, 1987
- 14) Melyn MA, White DT: Mental and developmental milestones of noninstitutionalized Down's syndrome children. *Pediatrics* 52: 542-545, 1973
- 15) Wisniewski KE, Schmidt-Sidor B: Post-natal delay of myelin formation in brains from Down syndrome infants and children. *Clin Neuropathol* 8: 55-62, 1989
- 16) 加我牧子: ダウン症候群の神経学的異常. *小児内科* 24: 1649-1652, 1992

(原稿到着: 平成7年10月2日
別刷請求先: 加我君孝
〒113 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学医学部耳鼻咽喉科学教室)