幼児の手指操作における機能的左右非対称性

京都大学 安 丸 廣¹

Functional asymmetry in children's manipulation

Hiro Yasumaru (*Department of Educational Psychology, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto 606*)

To examine functional asymmetry in children's manipulation, 103 right-handed subjects (4, 5 and 6-year-olds) were given the unimanual task which included both sequential and spatial factors. The main results were as follows: (a) Subjects performed better with their right hands for the sequential factor, and with their left hands for the spatial factor. (b) Left-hand predominance was observed in correct responses of both sequential and spatial factors. (c) Though all subjects were right-handed, different performances were shown by the groups of latent handedness measured by the Crossing-arms test. These results were interpreted as a reflection of functional asymmetry of the brain, and it was suggested that the developmental process of manipulation was different from that of handedness.

Key words: lateral dominance, handedness, psychomotor development, mode of processing, children.

手の機能的左右非対称性に関する研究では、利き手に関する報告は多いが、操作活動との関連をみたものは最近になってからである。従来、利き手は技能的操作的活動においても優位な手となると考えられており、Liepmann (1900) の、右手利きの場合には左右の手で遂行されるすべての運動学習課題において左半球優位であるという見解がその代表的なものである。しかし、近年になって、必ずしも利き手が操作活動にまで優位するものではないことが指摘されてきた。Provins & Glen-cross (1968) は、熟練したタイピストでは右手利き者でも左手優位となることを示した。この結果について彼らは、タイプライターは左手の使用頻度が高いためという練習量に起因するものと解釈しているが、タイプライティングは熟練すると、空間的配置が重要な要因となるためとも考えられる。さらに、5本の指の相互の関連、あるいは空間的な構成を要求される課題でも、右手利き者での左手優位という結果が得られている。Kimura & Vanderwolf (1970) の Finger Flexion 課題、Ingram (1975) の Hand Postures 及び Finger Spacing 課題がそれである。同様の結果がブレール式点字の読みにもみられ、点は文字を表わしているにもかかわらず、空間的なものとして触覚にインプットしている可能性が考えられる (Hermelin & O'Connor, 1971; Rudel, Denckla, & Spalten, 1974)。また、言語及び非言語刺激による触覚に関する研究でも右半球の重要性が知られて

いる (Carmon & Benton, 1969; Fontenot & Benton, 1971; Milner & Taylor, 1972; Wietelson, 1974)。一方、右手利き者で右手優位を示すような手操作に関する研究は、タッピング課題が非常に多い (例えば、Denckla, 1974; Hiscock & Kinsbourne, 1978; Wolff & Hurwitz, 1976)。また複雑な手の運動系列の模倣において、左半球優位の報告がある (Kimura & Archibald, 1974)。

これらの研究をまとめて、Wolff, Hurwitz, & Moss (1977) は、右手利きの場合、右手優位は反復自動化課題・系列性を要求する課題、左手優位は形態再認・空間弁別課題にみられるであろうと述べているが、この観点からすれば、次に示す Nachshon & Carmon (1975) の研究が目される。すなわち彼らは成人を被験者とした実験で同じ装置を用いて課題要求を変化させるだけで、系列的課題の場合には右手優位、空間的な課題の場合には左手優位という結果を得ている。この実験は、視覚的に遮断され、刺激された指のマイクロスイッチを押すという状況で行なわれ、系列的課題の場合、あらかじめ指定された指が順序を変え、1本ずつ継時的に刺激される。また、空間的課題の場合、あらかじめ指定された指のうち、2回の反復刺激を受ける指、1回刺激される指、全く刺激を受けない指があり、空間的パターンを要求するというものである。但し、同時に両手を操作する条件では手の非対称性がみられたが片手操作条件では有意差がなかったことから、彼らは両手操作条件でのみ生じる結果であるとしている。しかし Bakker & van der Kleij (1978) は、Nachshon & Carmon (1975) の片手

¹ この論文の作成にあたり御指導をいただきました京都大学教育学部梅本堯夫教授、坂野登助教授に心から感謝いたします。

操作条件での結果は天井効果によって差異がみられなくなったのではないかと疑問視している。確かに正答率が95%であり、触知覚であっても成人の被験者には3個の刺激の再生は課題が容易すぎたのではないかと思われる。

Nachshon & Carmon (1975) は、系列的課題と空間的課題という課題要求の差異により手の非対称性を示したが、大脳両半球の機能的非対称性を述べる場合、このような異なる課題では、両課題で同じ負荷を与えていることにならないし、課題の順序効果、練習量の差異等の問題が付随してくる。しかし、手は主に反対側の半球によってコントロールされていることが知られているので(例えば、Brinkman & Kuypers, 1972)、系列的な要因と空間的な要因の両者を含むと思われる課題で、両者を区別する分析方法をとることによって手の左右非対称性がみられるなら、左半球で継時的な情報処理、右半球で空間的な情報処理がなされるという大脳の機能的非対称性を反映するものとなるであろうと思われる。またこのことは、練習量により左右の手の遂行に差異が生じるといった見解を否定するものとなると考えられる。

本実験ではこのような課題として、“手のモデルの指先にあるランプが継時的に種々の空間的配列で呈示され、その方向(順序)と位置を正確に、モデルのランプと同じ指のスイッチを押す”という片手操作課題を設定し、系列的関係(方向・順序の正反応)と空間的關係(指位置の正反応)の2つの分析法により手の左右非対称性がみられるか否かを検討する。対象に関しては、手指操作の左右非対称性に関する発達の研究ではその課題の性質上3歳以前の研究がほとんどなされていないこともあり、本実験では4—6歳の幼児を用いて、手指操作の発達過程、およびその中で系列的な関係と空間的な関係がどのように把握されていくかを検討する。また、半球優位性の指標として Luria (1966) の潜在的利き手検

査の中の腕組検査が効果的であることが報告されているが(坂野, 1975)、同じ右手利き者でも腕組みの違いにより手指操作にどのような差異が生じるかについてもあわせて検討したい。

方 法

被験者 京都市内の私立幼稚園の幼児、4歳児23名、5歳児40名、6歳児40名の計103名(男女ほぼ同数)。平均年齢はそれぞれ4歳6か月、5歳5か月、6歳6か月であり、いずれの被験者も右手利きである。尚、利き手については Oldfield (1971) の Edinburgh Handedness Inventory に基づき、鉛筆・箸・歯ぶらし・はさみ・絵筆の使用、ボール投げに用いられた手を観察し、これら6検査すべてに右手を用いた者を右手利き者とした。またルリアの腕組検査では腕組みをした際にきた腕が潜在的利き手であるとされていることにより、右腕上の被験者と左腕上の被験者が同数となるよう各年齢とも配慮された。

実験装置および刺激 Fig. 1 に示すような、両手のモデルが描かれた木製パネル(白色 25 cm×45 cm)が、被験者の眼前約 40 cm に呈示される。そのモデルの各指先に赤色発光ダイオード(直径 9 mm)がとりつけられており、各試行とも、モデルの片手にある発光ダイオード5個のうち3個が継時的に点灯される。被験者の反応は押しボタンスイッチによってなされ、これが実験者側にある発光ダイオードを点滅させ反応した指位置を示す。また、デジタルカウンター(日本光電製)とデジタルレコーダー(タケダ理研製)を介し、反応時間が測定された。

手続 個別実験で、所要時間は30—40分。被験者は、左手(または右手)の指先を5個のスイッチの上に置きモデルの左手(または右手)を見るよう要請され、次のように教示された。“これから、こちら側の手に3つ赤い光がつきます。よく見ていて、3つの光が消えるとすぐに、光のついたとおりに同じ指のボタンを押してください。できるだけ速く、まちがえないように押してください”。すなわち、被験者は5個の光源のうち3個を選択反応することになり、Fig. 2 のように第3番目の刺激

Fig. 1. Apparatus (unit : cm)

Fig. 2. The outline of a single trial sequence. Latency of each response (1—3) was measured. S : stimulus. R : response.

が消滅した直後に片手で反応することになる。刺激呈示時間は1秒、刺激間隔は0.5秒である。尚、第1、第2、第3反応の各々の潜時が測定されている。練習試行を行ない、正確な順序でしかも指位置も正しく反応できることを確かめた後、本実験に移った。

本実験は、Fig. 3 に示す6種の刺激パターン各5試行から成る左右各々30試行、計60試行である。例えば、刺激パターンIの場合、第4指・第2指・第1指の順、あるいは第5指・第3指・第1指の順のように、左手、右手ともに内側方向 (Fig. 3 の矢印の方向) に刺激が呈示されることになる。但し、隣り合う3本の指が連続する場合には含まれない。左右の手および刺激呈示の順は、被験者間でカウンターバランスされた。

結 果

正答率の分析 6種の刺激パターンにおいて、左右の手の平均正答率を年齢別に示すと、Fig. 4 のようである。年齢(3)×手の左右差(2)×刺激パターン(6)の3元配置による分散分析を行なった。結果は、年齢 ($F=58.01$, $df=2/100$, $p<.01$), 左右差 ($F=20.24$, $df=1/100$, $p<.01$), 刺激パターン ($F=12.81$, $df=5/500$,

	DIRECTION		FINGER					
	L	R						
I	→	←	421	531	532	431	542	
II	←	→	124	135	235	134	245	
III	↻	↻	412	513	523	413	524	
IV	↻	↻	142	153	253	143	254	
V	↻	↻	214	315	325	314	425	
VI	↻	↻	241	351	352	341	452	

Fig. 3. Stimulus patterns. L: left hand. R: right-hand. 1—5: thumb-little finger.

Fig. 4. Percent of correct responses by left and right hands on stimulus patterns (Correct responses of both direction and localization).

$p<.01$)の主効果に有意差がみられ、交互作用のすべてに有意差は認められなかった。まず、年齢の主効果についてみると、正答率の高いものから6歳、5歳、4歳の順で、すべての年齢群間に有意差が見いだされた ($p<.01$)。手の左右差については、左手が右手より正答率が高い。刺激パターンの主効果に関しては、多重比較の結果、[I, II], [III, IV, V, VI]の群間に差異があった ($p<.01$)。この結果はI, IIの刺激パターンが他のパターンよりも正答率が高いことを示している。

次に、指位置の正誤に関わらず方向(順序)の正しいものを系列的要因の正答、方向(順序)の正誤に関わらず指位置の正しいものを空間的要因の正答とし、系列的要因の正答率はFig. 5-(a)に、空間的要因の正答率はFig. 5-(b)に示した。

Fig. 5-(a)についてみると、6歳では左右差がみられないが、5歳、4歳で右手優位となっているのがわかる。年齢(3)×手の左右差(2)の分散分析を行なったところ、年齢 ($F=35.53$, $df=2/100$, $p<.01$) と、左右差 ($F=10.21$, $df=1/100$, $p<.01$) の主効果、および両者の交互作用 ($F=4.34$, $df=2/100$, $p<.05$) に有意差があった。多重比較の結果、年齢要因はすべての年齢群間に差異があり ($p<.01$)、年齢が高くなるにつれて正答率が高くなっている。交互作用は、6歳児では左右差は有意でないが、5歳、4歳児で右手が有意に正答率が高い (5歳児: $F=38.54$, $df=1/100$, $p<.01$; 4歳児: $F=17.60$, $df=1/100$, $p<.01$) という、年齢間での遂行の差異によるものである。しかし、この6歳児の結果は、天井効果による可能性も考えられる。また、Fig. 5-(a)の斜線部分は、方向は正答であるが指位置が誤答と

Fig. 5-(a). Sequential factor (Correct responses of direction).

Fig. 5-(b). Spatial factor (Correct responses of localization).

される反応（例えば、刺激がモデルの手の第4指・第2指・第1指の順で呈示され、被験者が第3指・第2指・第1指の順に反応したような場合）を示しているが、これは右手が顕著に優位である。年齢(3)×手の左右差(2)の分散分析の結果、年齢 ($F=25.58$, $df=2/100$, $p<.01$) と、左右差 ($F=57.86$, $df=1/100$, $p<.01$) の主効果に有意差がみられ、交互作用は有意ではなかった。年齢の主効果については、すべての年齢群間に有意差が認められた ($p<.01$)。この結果は、方向のみが正答とされる反応率が4歳児で最も高く、次いで5歳、6歳の順であることを示している。

Fig. 5-(b) に関しては、顕著な左手優位がみられる。年齢(3)×手の左右差(2)の分散分析の結果は、年齢 ($F=51.77$, $df=2/100$, $p<.01$) と、左右差 ($F=40.47$, $df=1/100$, $p<.01$) の主効果に有意差があり、交互作用には有意差はみられなかった。年齢の主効果についてはすべての年齢群間に有意差がみられ ($p<.01$)、年齢が高くなるにつれて正答率が高くなり、左右差では左手が正答率の高いことが示された。また、Fig. 5-(b) の斜線部分は、指位置は正答であるが方向が誤答とされる

反応（例えば、刺激がモデルの手の第4指・第2指・第1指の順で呈示され、被験者が第2指・第4指・第1指の順に反応したような場合）を示しており、左手が優位しているのがわかる。年齢(3)×手の左右差(2)の分散分析を行なった結果は、年齢 ($F=11.66$, $df=2/100$, $p<.01$)、左右差 ($F=21.02$, $df=1/100$, $p<.01$) の主効果と、両者の交互作用 ($F=3.17$, $df=2/100$, $p<.05$) に有意差が認められた。年齢の主効果について多重比較の結果、[6歳]、[5歳、4歳]の群間に差異があった ($p<.01$)。この結果は、指位置のみ正答とされる反応率は、4・5歳児が6歳児より高いことを示している。交互作用は、6歳児で左右差が有意でなく、5歳、4歳児で左手が有意に正答率が高いことによる (5歳児: $F=43.85$, $df=1/100$, $p<.01$; 4歳児: $F=37.22$, $df=1/100$, $p<.01$)。

以上の結果より、系列的要因では右手が、空間的要因では左手が優位であることが知られる。また、Fig. 5-(a) と同図-(b) の斜線部分を比較すると、方向のみ正答とされる反応率が、指位置のみ正答とされる反応率より高いことがわかる。年齢が低くなるにつれて前者の反応率がより高くなる。

ルリアの腕組検査による腕組群別に、左右の手の平均正答率を示したものがFig. 6である。但し、4歳児については被験者数が少ないため、ここでは除外し、5歳、6歳児についてのみ分析した。年齢(2)×腕組(2)×手の左右差(2)の分散分析を行なうと、年齢 ($F=42.23$, $df=1/76$, $p<.01$)、手の左右差 ($F=16.35$, $df=1/76$, $p<.01$) の主効果と、腕組×手の左右差の交互作用 ($F=6.62$, $df=1/76$, $p<.05$) に有意差がみられた。このことは、6歳児が5歳児に比べ正答率が高く、また左手の方が遂行がよいことを示している。交互作用は、腕組群間で左右の手による遂行が異なることを示している。すなわち、右腕上の群は手の左右差がなく、左腕上の群は

Fig. 6. Percent of correct responses by left and right hands in left-arm-uppermost subjects (Arm-L) and right-arm-uppermost subjects (Arm-R).

Fig. 7. Reaction time of each stimulus pattern in left-arm-uppermost subjects (Arm-L) and right-arm-uppermost subjects (Arm-R).

Fig. 8. Reaction times of the first, second, and third responses by left and right hands in left-arm-uppermost subjects (Arm-L) and right-arm-uppermost subjects (Arm-R).

有意に左手の正答率が高い ($F=21.89$, $df=1/76$, $p<.01$).

反応時間の分析 反応時間は、正答率の高い6歳児のみの結果を分析した。6種の刺激パターンについての両手の反応時間を、腕組群別に示したのが、Fig. 7である。腕組(2)×手の左右差(2)×刺激パターン(6)の分散分析を行なった。結果は、腕組×手の左右差の交互作用 ($F=4.72$, $df=1/38$, $p<.05$) のみが有意であった。この結果は、左腕上の群は左手が有意に反応時間が速いが、右腕上の群は左右差が有意でないことによる。これは、正答率での結果 (Fig. 6) と一致するものである。

次に、第1—第3反応の反応時間が左右の手で差異があるか否か、腕組群別に分析した。その結果が Fig. 8 に示されている。腕組(2)×手の左右差(2)×反応(3)の分散分析を行なうと、反応 ($F=25.75$, $df=2/76$, $p<.01$) の主効果と、腕組×手の左右差の交互作用 ($F=4.76$, $df=1/38$, $p<.05$) と、手の左右差×反応の交互作用 ($F=5.62$, $df=2/76$, $p<.01$) に有意差がみられた。まず、反応の主効果では、多重比較の結果、反応時間の速い順に〔第1反応〕,〔第3反応〕,〔第2反応〕ですべての反応間に差異があった ($p<.01$)。腕組×手の左右差の交互作用については Fig. 7 において述べたとおりであるが、手の左右差×反応の交互作用は、第1反応および第2反応では手の左右差が有意でないが、第3反応において左手が有意に反応時間が速いことを示している (第3反応: $F=7.02$, $df=1/38$, $p<.05$)。

考 察

本研究では、系列的要因と空間的要因の両者を含むと思われる課題における手の機能的左右非対称性が検討された。そして系列的関係(方向・順序の正反応)では右手が、空間的關係(指位置の正反応)では左手が優位するという結果が示された。同一課題内においてこのように手の左右非対称性がみられることは、すべての運動学習課題において左半球が優位であるとする説や、訓練量によるとする説を否定するものである。また、系列的課題では右手、空間的課題では左手が優位するというような手の非対称性は、両手操作条件でのみ生じる結果であるとする Nachshon & Carmon (1975) の見解は、本実験では片手操作条件でも非対称性がみられたことにより支持されなかった。ともかく、このような“系列性では右手が、空間性では左手がより正確である”という結果は、ピアノ演奏をする場合、右手で系列性が重要となるメロディーを、左手で空間性が重要となる伴奏をすることとつながるものがある。本実験ではピアノの訓練を受けた被験者は含まれていないが、ピアノの訓練を受けた経験の有無による検討は今後の課題である。

すべての年齢群で、方向のみが正答で完全な正答につ

ながらない反応率が、指位置のみ正答で完全な正答につながらない反応率より高いこと、年齢が低くなるにつれて前者の反応率がより高くなることより、方向性をまずコード化した後指位置をコード化するということが、より低い年齢で多くみられ、これが完全な正答に結びつきにくいことが示唆される。つまり、方向性の後に指位置をコード化するより、指位置の後に方向性をコード化する方が正答に結びつくという可能性である。これは、Wietelson (1974) が触覚知に関する実験で、言語刺激で左半球優位性が認められなかったことに対して、言語刺激は最初に空間的コードで分析され、それから言語コードに翻訳されることを示していると解釈したことからも示唆される。しかし、Wietelson (1974) の研究では、この空間的コードから言語コードへの処理過程について、発達の検討はなされていない。

さらに完全正答率(方向、指位置ともに正答とされる反応率)は左手が右手より高いという結果が得られ、この左手優位の結果は反応時間の分析からもみられた。このような結果からは、本実験課題は、まず空間的に認知されることがより速く正確な反応につながる右半球優位の課題であったことも考えられる。

ルリアの腕組検査による腕組群で、左右の手の遂行に正答率および反応時間に差異がみられたが、この結果は坂野 (1975) の結果と一致している。本実験では、左腕上の群は左手が右手に比べ有意に正答率が高く反応時間も速いが、右腕上の群は正答率、反応時間ともに左右差がみられなかった。これは、本実験が右半球優位の課題であったことが、左腕上群の左手優位は顕著に現われるが右腕上群では右手優位が現われにくいということにつながった可能性、また半球機能一側化の程度の発達の要因も関係している可能性が考えられるが、本実験のみで結論づけることはできない。

また正答率に顕著な年齢差がみられたが、4歳—6歳では手の非対称性は逆転するものではなく、完全正答率ではこの年齢を通じて左手が優位していたし、系列的要因では右手、空間的要因では左手優位の傾向が一貫していた。但し、6歳児で有意差のみられない結果があったが、これは天井効果の可能性が考えられる。利き手の発達においては Gesell & Ames (1947) などの研究において知られるように、1歳までは非対称性と対称性の交代が著しく、1歳半で両手利き、2歳で明確な右手使用が現われ、2歳半—3歳半で再び両手利き、4歳—6歳になって右手が用いられるが、ある場合には7歳が最後の左手あるいは両手利きの時期となり、8歳で利き手(右手)が確立するというのが一般的知見である。ところが、継時的な手の操作活動と言語活動との関連を検討した Hiscock & Kinsbourne (1978) は、発話中の一側性の指のタッピングが、発話のない場合と比較して右手

の遂行がより低下し、それが3—12歳児で一貫してみられるという結果を報告している。この結果は、右手利きの場合、発話と右手の運動系列に関する系が左半球でオーバーラップしていると解釈され、同様の結果がPiazza (1977) などの研究にみられる。このような課題では手の非対称性の程度が発達上変化なく、実験が行なわれた最低年齢(3歳)からすでに非対称性がみられることより、Hiscock & Kinsbourne (1978) は伝統的なLenneberg 説を否定し、“developmental invariance” 説を主張している。Lenneberg (1967) は思春期になるまで言語機能の大脳半球非対称性は確立しないとし、Lenneberg 説を修正したKrashen (1973) も言語機能の大脳半球非対称性の十分な確立は5, 6歳であるとしている。大脳半球非対称性の確立の時期と、手の活動の中でもどの種の活動がその時期に対応した変化を示すのかが問題となる。タッピングなどですでに3歳児から手の非対称性がみられること、あるいは本実験結果のように右手利きの幼児がある課題では左手優位を示すこと、これらは利き手の発達過程と同質のものではないように思われる。手指操作の場合、優位する側は課題がどちらの半球により関連するものであるかによって規定される面が大きいと考えられるが、そのことは利き手の確立していない3歳以前にもみられることであるか、検討することが必要であろう。

第1—第3反応の反応時間の分析に関しては、第1反応が最も速く、次いで第3反応で第2反応が最も遅かった。第1反応後に、第2反応以下の判断があることが示唆される。

刺激パターンについては、正答率は、I・IIの刺激パターンが、III・IV・V・VIの刺激パターンよりも高いという結果が得られたが、反応時間では有意差はなかった。内側方向あるいは外側方向への手指の操作が発達的にどのように獲得されていくのかを検討する要がある。

さらに、Nachshon & Carmon (1975) の研究は、成人を被験者とし、視覚的に遮断した状況で、指への触刺激に対する運動反応を要求する課題であったのに対し、本実験では視覚系と運動系の両方が関与する課題であった。このことに関しては、彼らの行なった課題は6歳児未満では困難を要しこの種の研究が不足していること、また、本実験では手指操作における機能的非対称性の発達過程をみるために4—6歳児を用いたが、この時期では視覚系と運動系が密接に関連しながら発達すると考えられるため、本実験では視覚系と運動系の両方が関与する課題を行なった。運動系の機能的非対称性は、感覚系に比べると非常に早い時期に安定した非対称になることが知られているが(坂野, 1970)、運動系、視覚系の個別の検討およびその相互作用について、また感覚系の中でも視覚と触覚では、機能的非対称性の発達過程にどの

ような差異がみられるか今後の検討が必要とされる。

要 約

右手利き4—6歳児を対象に、系列的要因と空間的要因の両者を含むと思われる片手操作課題を行ない、手の機能的左右非対称性が検討された。

実験結果より、以下の点が示唆された。

1. 系列的要因の分析では右手優位、空間的要因の分析では左手優位が認められた。このように同一課題内で異なる分析法をとることにより手の左右非対称性がみられることは、利き手が操作活動のすべてにおいても優位な手となるのではなく、左右の手各々が優位する操作活動の内容は異なるものであることが示唆された。また、系列的要因は正答であっても完全な正答につながらない反応が多いことより、系列的要因と空間的要因を含む本実験課題のような場合には、系列的要因よりもまず空間的要因をコード化することが重要となることが示唆された。

2. 完全正答(系列的要因、空間的要因ともに正答)はすべての年齢群で左手が優位であり、このことは反応時間の分析からもみられ、1の点を考慮しても、利き手と手指操作の発達過程は同質ではないことが考えられる。

3. ルリアの腕組検査による右腕上の群と左腕上の群で、正答率および反応時間に差異がみられ、同じ右手利きの者でも潜在的利き手により遂行が異なることが示された。

引 用 文 献

- Bakker, D. J., & van der Kleij, P. C. M. 1978 Development of lateral asymmetry in the perception of sequentially touched fingers. *Acta Psychologica*, 42, 357-365.
- Brinkman, J., & Kuypers, H. G. J. M. 1972 Split-brain monkeys: Cerebral control of ipsilateral and contralateral arm, hand, and finger movements. *Science*, 176, 536-539.
- Carmon, A., & Benton, A. L. 1969 Tactile perception of direction and number in patients with unilateral cerebral disease. *Neurology*, 19, 525-532.
- Denckla, M. B. 1974 Development of motor coordination in normal children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 16, 729-741.
- Fontenot, D. J., & Benton, A. L. 1971 Tactile perception of direction in relation to hemispheric locus of lesion. *Neuropsychologia*, 9, 83-88.
- Gesell, A., & Ames, L. B. 1947 The development of handedness. *The Journal of Genetic Psychology*, 70, 155-175.

- Hermelin, B., & O'Connor, N. 1971 Functional asymmetry in the reading of Braille. *Neuropsychologia*, **9**, 431-435.
- Hiscock, M., & Kinsbourne, M. 1978 Ontogeny of cerebral dominance: Evidence from time-sharing asymmetry in children. *Developmental Psychology*, **14**, 321-329.
- Ingram, D. 1975 Motor asymmetries in young children. *Neuropsychologia*, **13**, 95-102.
- Kimura, D., & Archibald, Y. 1974 Motor functions of the left hemisphere. *Brain*, **97**, 337-350.
- Kimura, D., & Vanderwolf, C.H. 1970 The relation between hand preference and the performance of individual finger movements by left and right hands. *Brain*, **93**, 769-774.
- Krashen, S.D. 1973 Lateralization, language learning, and the critical period: Some new evidence. *Language Learning*, **23**, 63-74.
- Lenneberg, E.H. 1967 *Biological foundations of language*. New York: Wiley.
- Liepmann, H. 1900 Das Krankheitsbild der Apraxie (motorische Asymbolie) auf Grund eines Falles von einseitiger Apraxie. *Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie*, **8**, 15-40, 102-132, 182-197. Cited by P.H. Wolff, I. Hurwitz, & H. Moss, Serial organization of motor skills in left- and right-handed adults. *Neuropsychologia*, 1977, **15**, 539-546.
- Luria, A.R. 1966 *Higher cortical functions in man*. New York: Basic Books.
- Milner, B., & Taylor, L. 1972 Right-hemisphere superiority in tactile pattern-recognition after cerebral commissurotomy: Evidence for nonverbal memory. *Neuropsychologia*, **10**, 1-15.
- Nachshon, I., & Carmon, A. 1975 Hand preference in sequential and spatial discrimination tasks. *Cortex*, **11**, 123-131.
- Oldfield, R.C. 1971 The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, **9**, 97-113.
- Piazza, D.M. 1977 Cerebral lateralization in young children as measured by dichotic listening and finger tapping tasks. *Neuropsychologia*, **15**, 417-425.
- Provins, K.A., & Glencross, D.J. 1968 Handwriting, typewriting and handedness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **20**, 282-289.
- Rudel, R.G., Denckla, M.B., & Spalten, E. 1974 The functional asymmetry of Braille letter learning in normal, sighted children. *Neurology*, **24**, 733-738.
- 坂野 登 1970 機能的左右非対称性とその発達の意義 心理学評論, **13**, 38-52.
- 坂野 登 1975 両信号系の相互作用(その17)——潜在的ラテラルティの型と、前後判断における大脳両半球機能の非対称性——日本心理学会第39回大会発表論文集, 60.
- Wietelson, S.F. 1974 Hemispheric specialization for linguistic and nonlinguistic tactual perception using a dichotomous stimulation technique. *Cortex*, **10**, 3-17.
- Wolff, P.H., & Hurwitz, I. 1976 Sex differences in finger tapping: A developmental study. *Neuropsychologia*, **14**, 35-41.
- Wolff, P.H., Hurwitz, I., & Moss, H. 1977 Serial organization of motor skills in left- and right-handed adults. *Neuropsychologia*, **15**, 539-546.

——1980. 9. 2. 受稿, 1981. 3. 28. 受理——