

思春期における対側性連合運動(CAMs)に関する発達の検討

萱村 俊 哉
(武庫川女子大学文学部心理・社会福祉学科)

A developmental study on contralateral associated movements (CAMs) in adolescents

Toshiya Kayamura

*Department of Psychology and Social Welfare, School of Letters
Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663-8558, Japan*

Abstract

A sample of 293 healthy children of 8-12 years old was studied in this research. Degree of contralateral associated movements (CAMs) during diadochokinesis (pronation-supination of upper limb) was observed and assessed. Among right handedness children, there was a decrease of CAMs with age, with a remarkable decrease at 11 years (females) and at 12 years (males) respectively. And females showed fewer CAMs than males in almost all age groups. These sex differences were consistent with a fact that the adolescent spurt begins one or two years earlier in females than in males. Also in non-right handedness children, there were similar results as obtained in the right handedness. These results were discussed mainly on the basis of the callosal inhibition hypothesis (Nass,1985).

はじめに

ある随意運動を遂行中、その運動とは関係のない身体部位に誘発される不随意的な運動は連合運動(Associated Movements, AMs)と呼ばれている。AMsには出現部位や出現形態によって様々な種類がある。その中で臨床的によく知られた代表的なAMsは一側上(下)肢の運動によって同側の異なった部位に出現する同側性AMs(ipsilateral associated movement, IAMs)、そして対側の上(下)肢に誘発される対側性AMs(contralateral associated movement, CAMs)であるが、これら以外にも、尾部(caudad)から頭部(cranial)の方向に誘発される(人の場合はすなわち下から上へ)AMsもある。たとえば年少児の場合、両足の足裏の外側部のみを着地させて歩行させる(Fogs'test)と、両腕が両下肢と類似の姿位になる。あるいは書字や歩行などで手や足を動かしている時に口部に律動的な不随意運動がみられたり、頭を上下させるような運動がみられることもある。これらの反応はともに相対的に身体の下部に位置する部位の運動によりそれより上部位に誘発されるものである。

このように一口にAMsといっても様々な種類があるが、それら相互の関連はどのようになっているのであろうか。その相互関連について、Connolly & Stratton (1968)は子どもにおいて、finger lifting(一本の指のみを挙上させる)、clip pinching(クリップをつまむ)、Fogs'test(上述)、及びfinger spreading test(指の間を開かせる)の各検査で観察されるAMs間の相関を検討し、殆どのAMsの間で有意な相関が認められたとしている。この結果はつまり、AMsの出現の機序では、その種類の違いを超えて共通の基礎的因子が存在していることを示唆している。子どもにみられるAMsの出現機序においてこのように共通する因子とは何であろうか。それは端的に言えば、AMsが年齢の増加とともに消失すること

から推測して、神経系の抑制の成熟ということになろう。実際、AMs がどの程度抑制されているかということは臨床的には神経系成熟の一つの指標と捉える研究者は少なくない(Cohen et al.,1967; Woods and Eby, 1982)。健常児では AMs が消失するはずの年齢になっても、広汎性発達障害(PDD)や注意欠陥／多動性障害(ADHD)などの発達障害児では AMs は消失せず反応が持続することが多いことは臨床的には周知である。事実、それ故に AMs は神経学的微細徴候(soft neurological signs; SNS)の一つに数えられているのである(例えば Wolff et al.,1983, Szatmari and Taylor,1984, 萱村, 1997)。

それでは、健常児でみられる AMs の消失年齢とは具体的に何歳頃を指すのであろうか。これについては、AMs の種類により多少異なるものの、概ね 10 歳頃に顕著な消長をみるとされている(萱村, 1997)。10 歳という年齢は思春期スパート(adolescent spurt)の時期に該当し、性ホルモンや成長ホルモンの分泌が盛んになって第二次性徴を迎える時期である。このような内分泌系の変化は脳皮質の神経線維の髄鞘化(myelination)も促進させ、この時期から皮質の成熟が成人の水準に近づくことが生理解剖学的研究(Yakovlev and Lecours, 1967)や画像診断的研究(Hassink et al.,1992)からも裏付けられている。すなわち 10 歳という年齢は神経成熟の一つの転換点であり、この年齢を境にして AMs が著しく消失する(すなわち、抑制される)ことになる(萱村, 1997)。

ところで、思春期スパートによる内分泌系の変化とそれに伴う神経系の成熟が AMs の出現を抑えるとする上記の説明に立って考えた場合、思春期スパートの年齢が男子よりも約 2 年早く訪れる(戸部, 2002)とされる女子では AMs の消長も男子よりも速やかであることが予測される。さらに利き手の確立も神経系の成熟(とくに大脳半球側性化)と関連する(Bishop, 1990)ことから、右利きとそれ以外の利き側との間においても AMs の消長の仕方に違いが認められることも予測される。しかしながら、これら 2 つの予測に関しては未だ系統的検討は加えられていないのである。

そこで本研究では、思春期スパートや神経成熟と AMs の消長との関連の有無を検証し、発達臨床に供する基礎データを蓄積することを目的として、代表的な AMs である CAMs に注目し、10 歳前後の年齢域における CAMs の消長の推移を明確にするとともに、性差や利き側の確立の違いが CAMs の消長に及ぼす影響について検討することを企図した。

対 象

8～12 歳の健常児 293 名(男子 148 名, 女子 145 名)を対象とした。年齢別の人数内訳は以下の通りであった。8 歳(男子 35 名, 女子 34 名), 9 歳(男子 30 名, 女子 31 名), 10 歳(男子 36 名, 女子 41 名), 11 歳(男子 27 名, 女子 30 名), 12 歳(男子 20 名, 女子 12 名)。

方 法

1) 利き手の判定

全児に対し自記式の利き手質問紙(Crovitz & Zener 法, 萱村(1988)により改変)を実施した。この質問紙は 17 項目より構成され、これらの項目の中、①～⑭の項目は、Crovitz & Zener (1962)による利き手判定に関する項目を採用した。そして、⑮～⑰の利き眼, 利き耳, 利き足に関する質問項目は萱村ら(1988)が付加したものである。各項目「いつも右」「たいてい右」「両方とも同じくらい」「たいてい左」「いつも左」の 5 件法で回答を求め、それらの合計点を得点とした。なお、各質問項目には「わからない」という回答を設け、そこに印のある場合はその項目を除いた得点の合計点を 14 項目に比例換算した。最小得点は 14 点、最高得点は 70 点となり、得点が高いほど左手利きの傾向が強いことを示す。なお、⑮～⑰の項目については、「いつも右」Ra, 「たいてい右」Rm, 「両方とも同じくらい」E, 「たいてい左」Lm, 「いつも左」La, 「わからない」X, というように、上記の得点には加算せず、記号化し判定に用いた。利き手の判定方法について今回は、得点が 14～29 点の者と、得点が 30～40 点の範囲で、⑮～⑰の項目の中で La や Lm が無く、2 つ以上 E の無い者を右手利きとし、それ以外の者を非右手利きと判定した。

2) CAMs の検査

上肢前腕の diadochokinesis を実施した。これは立位で一側上肢を肘で 90° に屈曲させ腋を閉じた姿勢で前腕の交互(回内回外)運動をできるだけ速く 15 秒間繰り返させる検査である。観察点是对側の上肢に誘発された CAMs であり、左右の腕別に①前腕の回転、②肘部の屈曲の 2 点に関して、それぞれ反応がみられない場合を 0 点、反応がみられる場合を 1 点と採点し、左右の腕の合計点(0～4 点)を算出した。全児の中で diadochokinesis を先に行う腕が左右ほぼ半数になるように調整した。この反応の評価は筆者 1 名で実施した。ただしその評価の信頼性を確認するため、10 名の児をランダムに抽出し、これらの児の CAMs については筆者以外の別の評価者も評価を行い、その評価結果について両評価者間で相関係数を算出した。その結果、 $r=0.90$ となり評価者間信頼性は確保されていることが示された。

結 果

利き手テストの結果、268 名が右手利き(男子 134 名、女子 134 名)、25 名が非右手利き(男子 14 名、女子 11 名)と判定された。

右手利き児についてみると、diadochokinesis によって誘発された CAMs は、Table 1 に示すように、男子では 12 歳、女子は 11 歳で著しく消長し、反応が小さくなった。また 10 歳を除いて男子よりも女子の方が反応は小さく、このような性差は 11 歳以後により顕著になった。右手利き児のみを対象として性(2)×年齢(5)の 2 要因分散分析を行った結果、性差、年齢差ともに有意な主効果(それぞれ、 $F(1,258)=7.25, p<.01$, $F(4,258)=3.13, p<.05$)が得られ、交互効果は非有意($F(4,258)=2.31, p=.058$)となった。年齢差について多重比較(Tukey HSD)を行った結果、12 歳と 8 歳、9 歳、10 歳との間にそれぞれ有意差($p<.05$)が認められた。

非右手利き児については人数が少なく、統計的な検討はできなかったが、評定値をみる限りでは、右手利き児と同様、非右手利き児も年齢に伴い反応が小さくなり、男子より女子の方が反応は小さい傾向が認められた。また、非右手利き児は右手利き児と比べて 8 歳の男女と 9 歳男子では反応は大きかったが、それ以後の年齢では逆に右利き児と比べ反応は小さくなった。

Table 1. Diadochokinesis によって対側上肢に誘発された CAMs の性別、利き手別年齢変化

年齢		8	9	10	11	12
右手利き	男子	1.39 (.92)	1.37 (1.28)	1.26 (.93)	1.68 (1.03)	.82 (1.07)
	女子	1.25 (1.00)	1.21 (1.01)	1.31 (1.06)	.69 (.85)	.33 (.65)
非右手利き	男子	2.50 (1.29)	1.67 (1.16)	1.00 (1.41)	1.50 (2.12)	.67 (1.16)
	女子	2.00 (.00)	1.00 (.00)	.80 (.84)	.00	-

()内は標準偏差

考 察

本研究の結果、右手利き児のみを対象とした場合、年齢差に有意な主効果がみられ、年齢差についての多重比較では、12 歳と 8 歳、9 歳、10 歳との間に有意差が認められた。この所見は、11、12 歳に比べ 8～10 歳では CAMs が強く出現し、10 歳を超えると CAMs が顕著に消失することを意味している。このことから、CAMs は 10 歳前後の発達(とくに神経成熟)の指標として有効であることが追認された。

性差に関しては、男子では 12 歳、女子は 11 歳で著しく消長し、CAMs の反応が小さくなった。また 10 歳を除いて男子よりも女子の方が反応は小さく、このような性差は 11 歳以後により顕著になるとの所見が得られた。この所見は思春期のスパートは男子より女子の方が 1～2 年先行する事実と一致し、CAMs の抑制に内分泌系の変化による神経系の成熟が関係していることを示唆する傍証である。

非右手利き児については、評定値をみる限りでは、加齢に伴い CAMs の反応が小さくなり、男子より女子の方が反応は小さい傾向がみられた。つまり、非右手利き児でも右手利き児に認められたものと

似た年齢差あるいは性差の傾向が認められた。この事実は、非右手利き児でも右手利き児と同様に思春期の神経系の成熟が CAMs の抑制を促進することを示唆している。

しかしながら、右手利き児と比べて8歳の男女と9歳男子以後の年齢では非右手利き児の CAMs の反応は小さかったという今回の所見は、CAMs の抑制の程度が神経系の成熟を反映していることと矛盾する。何故なら、非右手利き児は右手利き児に比べ神経運動成熟が遅いとの考え方があり (Bishop, 1990)、もしそうであるならば同年齢の右手利き児よりも非右手利き児の方が CAMs の反応は大きくなるはずであるからである。ただ、今回は非右手利き児の人数が少なく統計的検討が加えられていない。さらに非右手利き児の中には、必ずしも利き手が未確立とはいえない子どもも含まれていたとも考えられる。したがって上記の矛盾は、非右手利き概念の再考と対象人数の増加を経ての再検討課題としたい。

次に CAMs の発現経路について考えてみたい。一般に運動の発現経路には交叉性錐体路 (crossed pyramidal tract) と非交叉性 (同側性) 錐体路 (uncrossed pyramidal tract) がある。これら以外にも皮質脊椎路は種々あるが運動系の中心は錐体路である。CAMs は交叉性の皮質脊髄路とくに交叉性錐体路のほか、同側性の運動経路とくに非交叉性錐体路を経由して発生すると考えられている。脳梁が未熟な小児期では CAMs を抑制できずその出現を許すが、脳梁が成熟する思春期スパートの8~10歳を迎えると、脳梁を介して対側脳からの相互の抑制的支配を受けようになり、交叉性、非交叉性の両錐体路を経由して CAMs があふれ出してしまう (overflow) ことが抑えられるのである。このように、脳梁が成熟し錐体路の興奮性が抑制され CAMs (AMs も含む) が消失するようになるとの考えは脳梁抑制仮説 (callosal inhibition hypothesis) と呼ばれている (Nass, 1985)。つまり思春期の内分泌の亢進により脳の成熟が進み、左右の脳半球間で脳梁を介して対側脳の余分な興奮が効果的に抑制され、CAMs が消失すると考えられているのである。この脳梁抑制仮説と男子よりも女子の方が第二次性徴の到来が先行するとの知見を考え合わせると、11歳以後に CAMs の性差が拡大した今回の所見は、男子より早期に第二次性徴が始まる女子の方が脳梁介在性の抑制機能の成熟が進行しており、それが行動 (運動) 面に現れた結果と解釈できるだろう。

最後に CAMs を含め AMs の臨床的意義について触れたい。さまざまな先行研究 (たとえば, Szatmari and Taylor, 1984; Lazarus and Todor, 1987) により、AMs と脳障害、発達障害、あるいは行動異常などとの間に関連があることが実証されている。すなわちこれらは、健常児に比べ障害児では AMs の出現が増加し、左右差も顕著になり、消長年齢も遅れることを明らかにしたものである。しかし、このような障害児だけでなく、明確な障害の診断を受けていない児の中でも、AMs の所見に異常が認められた児は注意機能などに特異的所見がみられることが多いとの指摘もみられるのである。たとえば Lazarus and Todor (1991) は、6歳から16歳までの健常児を対象に独自の視覚的、聴覚的フィードバック装置を駆使して、AMs に注意を向けさせ、それを随意的に抑制できるかどうかを試した。彼らの研究では、①感覚フィードバックの下ではすべての被検児が AMs の大きさを減少させるのに成功すること、②感覚フィードバックを取り除いた条件下では6歳児を中心に低年齢の小児だけが AMs の抑制に失敗することなどの所見が明らかにされた。この結果が示唆するのは、年長になるに連れて AMs の抑制には低水準の神経運動抑制機構だけではなく、もっと高次の注意機能が関与するようになることである。すなわち AMs と注意機能は密接に関連しており、しかもその関連は年齢とともに変化するのである。

さらにこれと同じ流れに位置する研究として Waber et al (1985) のものがある。彼らは、AMs の出現の多寡で小学生を2群に分け、実験的に両群間で注意持続能力を比較し、AMs の出現量の多い児は少ない児に比べて、作業に無関係な刺激に対して反応する傾向が強く、注意持続能力が弱いことを明らかにした。この研究では、注意持続能力と AMs との関連が明らかにされたのであるが、同時に AMs が注意持続能力を調べる指標として有効であることも示唆している。

以上の先行研究から、今後の展望として、AMs (CAMs を含む) と、前頭前野の機能である注意や実行機能との発達の関連を解明し、それらの関連が、健常児と ADHD や PDD 児とではどのように異なっているのかという点について系統的に検討することが求められるであろう。

まとめ

8～12歳の健常児293名を対象に上肢前腕のdiadochokinesisを実施した。対側の上肢に誘発された対側性連合運動(CAMs)の反応を観察・分析した結果、10歳を超えるとCAMsが顕著に消失することがわかった。このことからCAMsは10歳前後の発達(とくに神経成熟)の指標として有効であることが改めて確認された。CAMsは男子では12歳、女子では11歳で著しく反応が小さくなった。また10歳を除き男子よりも女子の方が反応は小さく、このような性差は11歳以後により顕著になった。これは思春期のスパートは男子より女子の方が1～2年先行する事実と一致し、CAMsの抑制に内分泌系の変化による神経系の成熟が関係していることを示す所見と考えられた。統計的検討は加えられなかったが、非右手利き児では右手利き児に認められたものと類似した年齢差あるいは性差の傾向が認められ、非右手利き児でも右手利き児と同様に思春期の神経系の成熟がCAMsの抑制を促進していることが示唆された。思春期の内分泌の亢進により脳の成熟が進み、左右の大脳半球間で脳梁を介して対側脳の余分な興奮が効果的に抑制され、それに伴いCAMsが消失するという脳梁抑制仮説(callosal inhibition hypothesis; Nass, 1985)と、男子よりも女子の方が第二性徴の到来が先行する事実とを考えると、今回の所見は男子より早期に第二性徴が始まる女子の方が脳梁介在性の抑制機能の成熟が進行しており、それが行動(運動)面に現れた結果と考えられた。

文 献

- Bishop, D. 1990 Handedness and Developmental Disorders. Mac Keith Press, Oxford.
- Cohen, H et al., 1967 Developmental changes in normal and aberrantly functioning children. *J. Pediatr.*, 39-47.
- Connolly, K & Stratton, P. 1968 Developmental changes in associated movements. *Develop. Med. Child Neurol.*, 10, 49-56.
- Crovitz, H. & Zener, K. 1962 A group-test for assessing hand-and eye-dominance. *Am. J. Psychol.*, 75, 271-276.
- Hassink, R. et al., 1992 Assessment of brain maturation by T2-weighted MRI. *Neuropediatrics*, 23, 72-74.
- 萱村俊哉 他 1988 健康小児における Neurological Minor Signs-diadochokinesis の定量的検討, *小児保健研究*, 47, 43-48.
- 萱村俊哉 1997 発達の神経心理学的評価 多賀出版
- Lazarus, J & Todor, J. 1987 Age differences in the magnitude of associated movement. *Develop. Med. Child Neurol.*, 29, 726-733.
- Lazarus, J & Todor, J. 1991 The role of attention in the regulation of associated movement in children. *Develop. Med. Child Neurol.*, 33, 32-39.
- Nass, R. 1985 Mirror movement asymmetry in congenital hemiparesis: The inhibition hypothesis revised. *Neurology*, 35, 1059-1062.
- Szatmari, P. & Taylor, D. 1984 Overflow movements and behavior problems: Scoring and using a modification of Fog's test. *Develop. Med. Child Neurol.*, 26, 297-310.
- 戸部秀之 2002 からだの成長と老化の基礎 萱村俊哉(編)発達健康心理学, ナカニシヤ出版. 35-48.
- Waber, D. et al 1985 Motor overflow and attentional processes in normal school-age children. *Develop. Med. Child Neurol.*, 27, 491-497.
- Woods, B. & Eby, M. 1982 Excessive mirror movements and aggression. *Biol. Psychiatr.*, 17, 23-32.
- Wolff, P. et al., 1983 Associated movements as a measure of developmental age. *Develop. Med. Child Neurol.*, 25, 417-429.
- Yakovlev, P. & Lecours, A. 1967 The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain. In, Minkowski, A. (Ed.), *Regional development of the brain in early life*. Blackwell Scientific Pub., Oxford, 3-70.,

付記：本稿は、文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業オープン・リサーチ・センター「健康な心理・神経発

(萱村)

達の阻害要因の解明および支援方法の開発に関する前方視的研究」平成 20 年度研究成果報告書に発表した報告「対側性連合運動(contralateral associated movements; CAMs)に関する発達神経心理学的研究：性差及び利き側の違いによる検討」に加筆したものである。