

幼児における自転車の異なる ハンドブレーキタイプについて(第1報)

A Differential Suitability Study of Children's Bicycle Brake Types (I)

島岡みどり* 松井秀治* 青樹和夫**

Midori SHIMAOKA*¹, Hideji MATSUI*¹
and Kazuo AOKI*²

Four types of bicycle brakes for children were examined for suitability, by measurement of brake reaction time and simple reaction time at static condition.

89 subjects (55 boys, 34 girls) aged 3 to 5, were divided into four different brake type groups: A (short lever grasp), B (push), C (rotation) and D (normal lever grasp).

The results are as follows;

1. The brake reaction time in the A and D type for children, 3 and 4 years old, was superior to that in the C type, while no significant difference was found for the 5-year-olds.
2. The simple reaction time and brake reaction time decreased with age, especially for 5-year-olds.
3. Sex differences in brake reaction time were recognized for children 5-year-olds. The boys group children was significantly ($p < 0.005$) superior to girls group at static and during pedaling conditions.

From these results, it was suggested that the brake by rotation (C type) is unsuitable for 3 and 4 years old with respect to brake reaction time.

[はじめに]

今日、自転車は、幼児から老人に到るまで性別年齢を問わず、生活の実用にまたレジャー用に幅広く活用されている。

特に幼児に関しては、4才児の90%以上のものが、自転車の補助輪つきにのってこげ、70～80%のものが、自転車にひとりでのれるという報告があり、¹⁹⁾ほとんどの幼児が、自転車を遊び道具としていることが伺える。

しかし幼児は、大人と比べハンドル操作やブレーキ操作、また自転車走行という運動様式にそれ程習熟しておらず、自転車を媒介とした上・下肢の協応性、平衡性など全身的な調整力が未熟である。調整力の一端を担う一つとして考えられるものに、反応時間があるが、⁸⁾¹²⁾¹³⁾¹⁸⁾²⁰⁾反応時間を電氣的または機械的にとらえて幼児を対象に

測定したものは数少なく、⁶⁾²¹⁾自転車を媒介にした反応時間は、見当たらない。

もう一つ、自転車操作での幼児について考えられることに、危険な状況の発見の遅れや判断の未熟さなどもあげられよう。

従って幼児にとって安全でかつ操作しやすいハンドブレーキは、どのような型が適しているかを調べるため自転車静止状態でのブレーキ反応時間、及び単純反応時間を測定し、運動パターンの違いによる反応時間を検討した。そして幼児用ハンドブレーキを操作する幼児を含めたシステムとして総合的に評価しようとした。

[方法]

1. 単純反応時間の測定

単純反応時間の測定には、今日最も多く用いら

* 名古屋大学総合保健体育科学センター **名古屋YMCA

*¹ Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

*² Nagoya YMCA

れている光刺激による方法を採用した。被検者に机上にあるスイッチボックスのボタンの上に手を置き、ランプの点灯をシグナルとして、できるだけ早くボタンを押す反応動作を行わせ、ランプ点灯からスイッチ ON までの時間をエレクトロニックカウンターで測定した。試行は左右 3 回ずつ行い、それぞれの平均をテストの結果とした。

対象は、健康な 3～5 才の男児 77 名、女児 58 名の計 135 名であった。表 1 に人数の内訳を示す。

2. ブレーキを用いた反応時間の測定

用いたブレーキの型は 4 種類で以下の通りである。

- ① A タイプ：握り式でレバーの短いもの。
- ② B タイプ：押しボタン式。
- ③ C タイプ：回転式（ねじり式）。

- ④ D タイプ：握り式でレバーの長いもの（従来のタイプ）

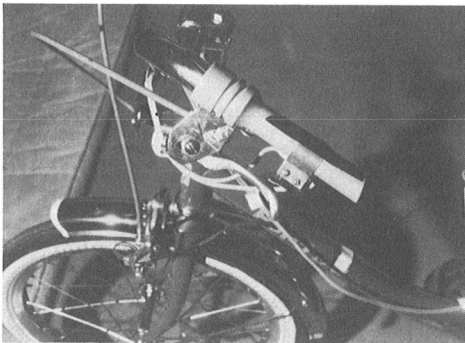
(図 1)。

ブレーキを用いた反応時間は、左右のブレーキにマイクロスイッチを装置し(図 1)、ランプの点灯をシグナルとしてできるだけ早く左右の両ブレーキを操作する反応動作を行わせ、ランプの点灯よりマイクロスイッチが ON になるまでの時間

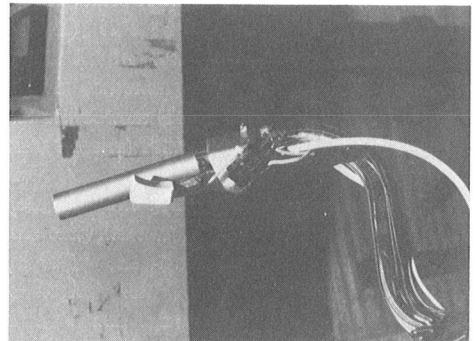
Table 1. Number of subjects in the simple reaction time.

sex \ age	3	4	5	Total
boys	16	32	29	77
girls	9	22	27	58

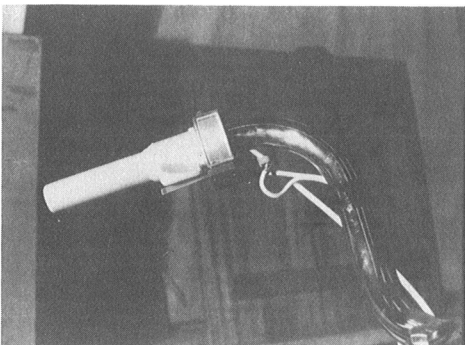
Brake type A



Brake type B



Brake type C



Brake type D

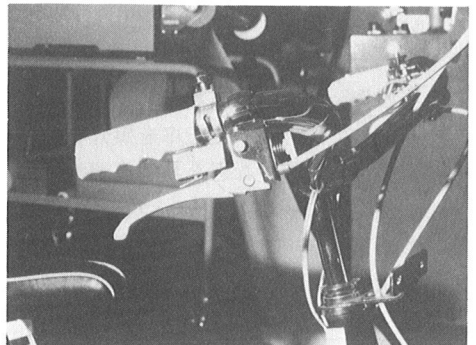


Figure 1. The brakes of Type A, B, C and D were operated by grasp (short lever), push, rotation and grasp (normal lever), respectively.

として、単純反応と同様の方法で測定した(図2)。ランプは自転車から6m離れた高さ1mの所に置いた。

被検者に異なるタイプのブレーキのついた自転車にランダムに乗せ以下の三つの条件下で三回ずつの試行を課し、それぞれの平均をテストの結果とした。

- ①条件1：両足をペダルに乗せ、こがない状態で(以下スタティックと略す)、手をブレーキに掛けている状態。
- ②条件2：ペダルをこいだ状態から回し、(以下ペダリングと略す)、手をブレーキに掛けている状態。

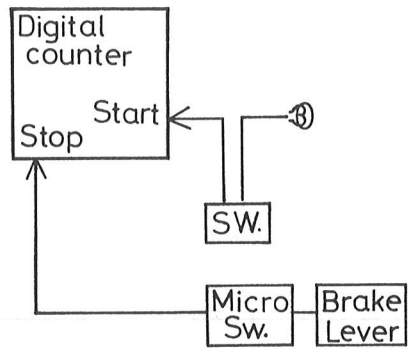


Figure 2. Block diagram measurement of the brake reaction time.

Table 2. Number of subjects in the brake reaction time at static and during pedaling conditions.

sex	condition	Brake Type			A			B			C			D		
		age	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5		
boys	static ①		10	23	14	11	26	19	12	19	6	12	23	10		
	pedaling ② ③		10	22	14	11	26	19	12	19	6	0	21	10		
girls	static ①		7	17	7	7	17	9	8	11	2	8	15	9		
	pedaling ② ③		7	17	7	7	17	9	8	11	3	3	15	9		

- ③条件3：ペダリングで手をブレーキに掛せず、グリップのみを握っている状態。

対象は、単純反応時間の測定に参加した幼児の中から男児55名、女児34名を選んだ。表2に人数の内訳を示す。実験は、昭和55年9月～11月に行なった。

【結果】

1. 単純反応時間について

測定結果を図3に示す。単純反応時間は、加齢に伴い短縮される傾向にあったが、特に4才から5才にかけて大きく短縮された。また、3,4才児では5才児に比べバラツキが大きかった。すべての年令で、男女差及び左右の手による差は、顕著ではなかった。

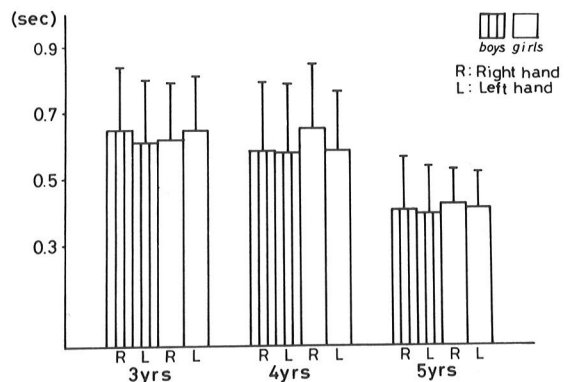


Figure 3. The simple reaction time of right and left hand.

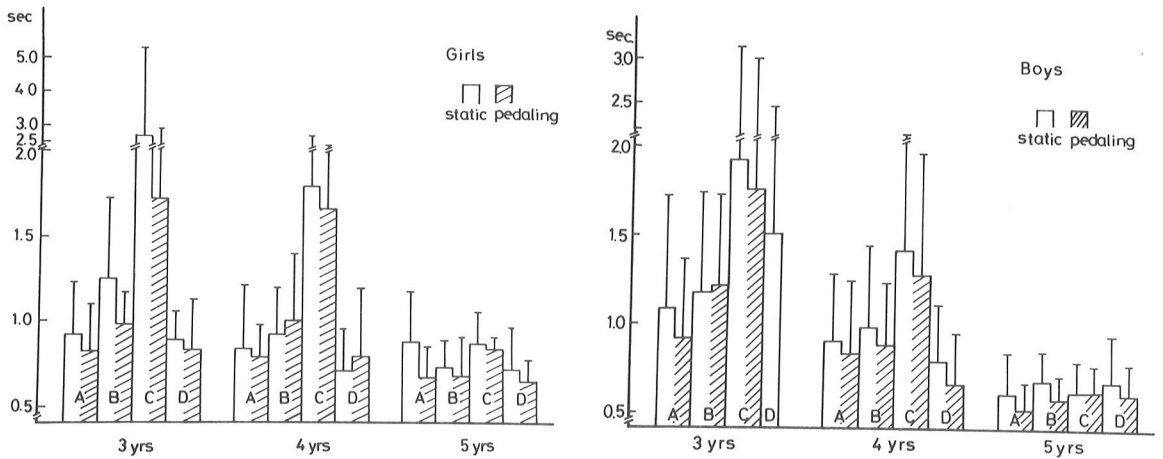


Figure 4. The brake reaction time of Type A, B, C and D in right hand at static and during pedaling conditions.

2. ブレーキ反応時間について

図4は、スタティック及びペダリングでブレーキに手を掛けた場合の右手での反応時間を示したものである。加齢に伴いすべてのタイプで反応時間は減少し、単純反応時間の結果と同様5才児でその減少は著しく、バラツキも少なくなっている。

4つのタイプの内で良い成績を示したものはA及びDタイプであった。但しA-D間の差は少

なく、年齢、性別、条件により逆転し明瞭ではなかった。最も成績が悪かったものは、すべての条件下でCタイプであったが、5才男児では他のタイプとの差はみられなかった。またCタイプは他と比べ、3, 4才児においてバラツキが大きかった。BタイプはA, DとCの中間の値を示した。これらタイプ間の差は、加齢に伴い減少し、5才男児で消失する傾向であった。

Table 3. An analysis of significant difference in the reaction time among different brake types.

condition	Brake Type	age		3 yrs		4 yrs		5 yrs	
		sex		boys	girls	boys	girls	boys	girls
		A	B						
static	A — B	—	—	—	—	—	—	—	—
	A — C	—	—	—	—	—	3.49*	—	—
	A — D	—	—	—	—	—	—	—	—
	B — C	—	—	—	—	—	—	—	—
	B — D	—	—	—	—	—	—	—	—
	C — D	—	—	2.62*	3.14*	—	—	—	—
pedaling	A — B	—	—	—	—	—	—	—	—
	A — C	—	—	—	—	—	—	—	—
	A — D	—	—	—	—	—	—	—	—
	B — C	—	—	—	—	—	—	—	—
	B — D	—	—	—	—	—	—	—	—
	C — D	—	—	2.39*	—	—	—	—	—

— N.S. * P<0.05 (F values by ANOVA)

これらの結果は左手についても同様であった。しかし同一被検者内では、一定の傾向はないものの、左右の反応時間に大きな差がみられる場合があった。

表3は各タイプ間の反応時間の差を分散分析した結果を示す。スタティックで4才女児のA-C間、4才男、女児のC-D間、ペダリングで4才男児C-D間に、いずれも5%水準で有意な差がみられ、Cが劣る結果であった。

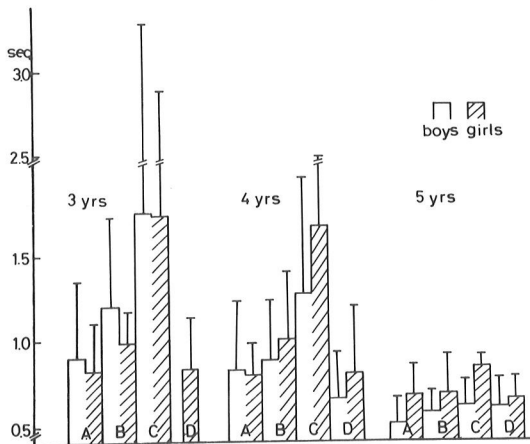


Figure 5. The brake reaction time of right hand in the Type A, B, C and D during pedaling condition.

図5はペダリングでのブレーキ反応時間の男女差を比較したものである。その差は3, 4才児では明瞭ではないが、5才児では、すべてのタイプにおいて男児の方が良い成績であった。この結果はスタティックでも同様であった。表4はすべてのタイプの反応時間の平均の男女差のt検定を示す。

その結果、5才児ではペダリングの左手を除くすべての場合で、1%以上の水準で有意な差が得られた。

ハンドルの握り方の違い（ブレーキに手を掛けた場合とグリップのみを握った場合）の右手の反応時間の違いをペダリングについて図6に示す。3才女児のCタイプを除くすべての場合で、ブレーキに手を掛けた場合の方が良い成績であった。

ペダリングとスタティックでの反応時間を比較すると図4に示したように、一般にブレーキタイプに関係なくペダリングでの成績が良い結果であった。

3. 異なるハンドブレーキによる運動様式と単純反応時間との関係

単純反応時間は、すべてのハンドブレーキ反応時間に比べて著しく短い。

表5は、ペダリングのハンドブレーキ反応時間と単純反応時間の相関を示す。

A, Dタイプのハンドブレーキ操作の反応時間と単純反応時間に相関がみられるが、相関係数そ

Table 4. Sex differences in the brake reaction time during pedaling condition.

condition \ age	Static			Pedaling		
	3	4	5	3	4	5
n	75	150	76	58	147	77
R. Hand	0.17	0.20	2.73***	-0.68	1.36	3.35***
n	51	121	73	50	121	74
L. Hand	-0.12	-0.10	3.62***	1.45	-0.98	1.33

*** p<0.005

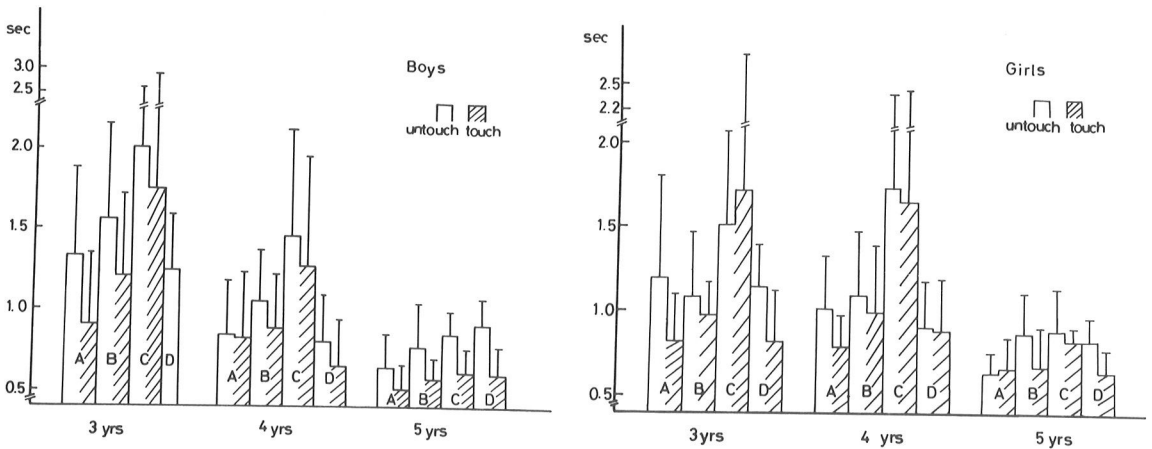


Figure 6. The brake reaction time of right hand, which was measured at a touch with and without brake, in the Type A, B, C and D during pedaling condition.

Table 5. Correlation coefficient between the brake reaction time and the simple reaction time in the different brake types.

	n	r
A	75	0.457***
B	89	0.219
C	58	0.097
D	74	0.355**

** p<0.01 ***p<0.001

Table 6. Correlation coefficient between the brake reaction time and the simple reaction time of the A type in the different ages.

age	n	r
3	17	0.141
4	39	0.398**
5	19	0.361*

* p<0.2 **p<0.02

のものは大きくなく、単純反応時間が短いものが必ずしもブレーキ反応時間も短いということではなかった。

最も相関の高かったAタイプについて年齢別の相関を示したものが表6である。やはり高い相関ではないが、4、5才に相関がみられ3才にはみられなかった。

〔考察〕

1) 単純反応時間とブレーキ反応時間について

ブレーキ反応時間すなわちブレーキ操作の速さは、神経系の反応の速さとブレーキタイプに固有な動作様式の両方に依存する。単純反応時間は、神経系の反応の速さの良い指標となるが、ブレーキ反応時間は、ブレーキを操作するという幼児にとっては比較的複雑な動作が伴うため単純反応時間よりもさらに長くなる。従ってブレーキ反応時間に差がある場合それが神経系の反応の速さの違いによる場合とブレーキ操作の運動様式の違いによる場合とがある事を考慮しなければならない。

本研究は、ブレーキタイプの違いがその操作性に及ぼす影響を反応時間の差により明らかにしようとしたものである。前述のようにブレーキ反応時間は、神経系の反応の速さにも依存するため

レーキの操作性を比較する場合神経系の反応の速さに依存する部分を消去する方法をとらなければならない。本研究では、同一の被検者で異なるブレーキタイプを用いてブレーキ反応時間を測定し、性能の比較を行った。同一の被検者を用いれば神経系の反応の速さは、同程度であると考えられるから、反応時間に差がある場合それは、ブレーキの操作方式に関係すると考える事ができる。さらにB, Cタイプのハンドブレーキの反応時間は、単純反応時間と相関がなく、A, Dタイプも高い相関といえず、ハンドブレーキ反応時間は、単なる神経系のみ測定とは考えられず、前述したようにブレーキの操作方式に関係する他の要素が加わったものと考えられる。

各ハンドブレーキタイプの反応時間の結果からCタイプが最も成績が悪く、次いでBタイプであった。Cタイプは、グリップをねじる事によりブレーキを作動させる。このような動作のためには、手首の回内と親指の押しが必要である。こうした動作は、幼児の生活の中でも類似したものが少なく、彼らにとって不慣れで困難なものであろう。このような理由からCタイプの成績が悪くなったものと考えられる。

Cタイプの次に成績の悪かったBタイプは、A, Dと比較してさほど複雑で困難な動作とは考えられない。しかし、今回対象とした幼児は、日常Dタイプのついた自転車を使用しており、D及びそれに類似のAタイプの操作には、ある程度習熟している。それに反しBタイプの使用は、本実験が初めてであり、その操作に慣れていなかった事が考えられる。従って、本実験の結果からだけで、Bタイプの操作性を評価する事は危険であろう。

5才児で単純反応時間の短縮、特に男児でブレーキ反応時間の短縮を示し、タイプ間の差は、みられなくなる事が明らかになった。松浦は、幼児の発育発達からみて①1~2才、②3~4才、③5~6才と3期に分けており5~6才の時期は、基本的な運動パターンをより上手により安全に安定した形で成就できるようになっていく時期だと述べており、⁷⁾また山下は、はしの持ち方の

研究から5才という年齢は手先きの巧みさの発達における一つの段階を画する年齢であると述べている。²³⁾

従って一つには、5才以上になるとどのハンドブレーキタイプの操作にもそれほど困難なものではなくなる事が考えられる。

第二に、単純反応時間の測定結果が示すように5才付近で神経系の反応が顕著に速くなることがその理由として考えられる。

Scammon は、神経系統の発育について5~6才頃には成人の80%以上にも達していることを示して¹⁴⁾おり、その時期には、中枢神経の構造的組織がかなりできあがっていることが考えられる。しかし、かならずしも機能も80%以上できあがっているとはいえないが、神経細胞の成熟の一つの指標として脳波があげられる。そこで脳波変化からみると、5才頃を中心として徐波優勢から α 波優勢へと移行することなどが報告されており、¹⁾また α 波の周波数の多いものは、反応時間が短いという報告もある。¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾

これらのことから3~4才に比べ5才で単純反応およびブレーキ反応時間の著しく短縮されたことは、神経系の機能面の一つの裏づけにもなるだろう。

第三に、幼児の注意集中があげられる。注意集中のためには、まずテストへの課題意識が持たなければならない。Zweigle, Ch. Jの研究によれば、一般的傾向として5才過ぎるとはっきりした課題意識が持たれるようになると報告されている。²³⁾本実験でも3~4才児において、はなはだしい場合にはランプがついたことを検者が指摘してやっと反応する幼児もいた。しかし5才児には、そのようなものはみられなかった。以上のことから5才児の反応時間の短縮は、一つに幼児側の注意集中の程度によるものと考えられる。

2) ハンドブレーキ反応時間における男女差について

本実験の男女差の結果から単純反応時間には、いずれの年齢においても男女差はみられなかったが、5才児においてすべてのハンドブレーキを含めた反応時間に差がみられた。

川上らは、成人を対象とし右中指最大筋力の80%の負荷における筋力発現時間は、男子より女子の方が遅く、しかも最大筋力の小さいものは大きいものより遅く、性差が大きくでたと報告⁹⁾している。そこでもし川上らのいう指の最大筋力と反応時間に関係がみられるならば男女の握力の違いが反応時間に影響を及ぼすものと思う。しかし小林の3~5才男女児の握力測定¹⁰⁾によれば、いずれの年齢においても統計的に差がみられない。松井は、4~11才の幼児・児童を対象に手の中指第1関節、中指第2関節、中指第3関節それぞれ屈曲させた場合の最大筋力測定を行ない、いずれの年齢においても明らかに女子より男子が優れ、1~3kg大きいと報告している。¹¹⁾特に4, 5才においては、中指第1・第3関節屈曲時では、差がなく、中指第2関節屈曲時のみに統計的に差がみられた。このようにハンドブレーキ操作における反応時間には、ただ単に握力に必要な筋力や力強さが関与していると思われず、ハンドブレーキ操作の運動様式に則した指の使い方例えば中指第2関節屈曲したり、親指のみの屈曲時などの筋力の男女差が反応時間に影響を及ぼしたものと思われる。

ただし本実験の対象者と小林、松井測定値の対象者は同一でないため、さらに今後の検討が必要である。

3) ハンドブレーキ反応時間の測定方法について

今回の実験では、反応時間を測定するにあたり、ペダルをから回してこいだ状態(ペダリング)とこがない状態(スタティック)で行なった。その結果一般にペダリングの方が良い成績であった。これはスタティックよりもペダリングの方が、より走行状態に近く、幼児にとってブレーキを操作する場合、より自然な状態であったことが考えられる。この事は、今後ブレーキ反応時間によるブレーキの操作性を調べる際に考慮されなければならない事であろう。

今回対象としたほとんどの幼児は、何も指示を与えない場合、ブレーキに手を掛けて乗車していた。あらかじめブレーキに手を掛けた状態では、グリップだけを握った状態と比較して、ブレーキ

に手を掛ける動作が不要なため、当然のことながら反応時間は、良い成績であった。幼児がこのような乗り方をする事は、幼稚園や家庭での指導によるものかどうか明らかでないが、安全性の面から考えて好ましいものと思われる。

[まとめ]

- ① 3~5才の幼児を対象とし、ブレーキタイプAタイプ：握り式でレバーの短いもの、Bタイプ：押しボタン式、Cタイプ：回転式(ねじり式)、Dタイプ：握り式でレバーの長いもの(従来タイプ)の違いが、その操作性に及ぼす影響を反応時間の差により明らかにしようとしました。
 - ② Cタイプ(回転式)のブレーキは、3, 4才児における反応時間の測定に関して他のタイプより劣りA及びDタイプが優れていたが、5才児では、ブレーキタイプ間に差が認められなかった。
 - ③ 単純反応時間、ブレーキ反応時間は、加齢に伴い減少し特に5才児で顕著に減少した。
 - ④ ブレーキ反応時間の男女差は、5才児で顕著になった。
- 以上のことから特に3~4才児にとっては、Cタイプ(回転式)のブレーキタイプは不適當であることが示唆された。

謝辞

この研究の遂行に当り、島野工業株式会社より自転車提供していただき多大の御協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) Corbin, H. P. E. and Bickford, R. G. : Studies of the electroencephalogram of normal children ; comparison of visual and automatic frequency analyses Electroenceph. clin. Neurophysiol., 7 : 15 - 28, 1955.
- 2) 土井正夫：反応時と運動速度(1), 体力科学 5, 136 - 141, 1956.
- 3) 土井正夫：反応時と運動速度(2), 体力科学 5, 142 - 145, 1956.
- 4) 土井正夫, 森田秀俊, 伊藤利男：反応時と運動

- 速度(3), 体力科学 5, 146 - 149, 1956.
- 5) 遠藤辰雄: 反応時間に関する一考察, 体育学研究 12 P 154, 1968.
 - 6) 飯野ケイ子, 平賀正治: 幼児の全身反応時間について, 日本体育学会発表抄録 P 398, 1973.
 - 7) 松浦義行: 体力の発達, 朝倉書店, 1982.
 - 8) 笠井達哉: 運動パターンの違いによる反応時間の変動量, 体育学研究, 27 - (2), 97 ~ 109, 1982.
 - 9) 川上吉昭, 黒沢直次郎, 菊地浩: 反応時間の研究, 体育学研究, 12 - (2), 91 - 98, 1967.
 - 10) 小林寛道: 未発表 1980年資料
 - 11) 松井秀治: コオスターブレーキ, ハンドブレーキに関する人間工学的研究, 自転車技術情報, 4, 27 - 50 自転車産業振興協会, 1979.
 - 12) 永野倫太郎: 随意動作の分析(1)-単一反応時より見た大脳皮質興奮の特徴, 慈恵医大雑誌 72, 1252 ~ 1259, 1957.
 - 13) 小野三嗣, 波多野義郎, 谷嶋二三男, 山田茂: 実用的調整力テストとしての棒反応時の検討, 体育科学 4, 150 ~ 157, 1976.
 - 14) Scammon, R. E. : The growth of the human reproductive system. Proc. Second Int. Cong. Sex Res. : 118 - 123, 1930.
 - 15) Shiom, K. : Relationship between EEG α - frequency and ability of tapping : Psychologia, 16, 30 ~ 33, 1973.
 - 16) Surwillo, W. W. : The relation of simple response time to brain-wave frequency and the effects of age : EEG. Clin. Neurophysiol., 15, 105 ~ 114. 1963.
 - 17) Surwillo, W. W. : Frequency of the "Alpha" rhythm, reaction time and age : Nature (Lond), 191, 823 ~ 824, 1961.
 - 18) 鈴木清, 松田岩男, 近藤充夫, 杉原隆: 単純反応時間と弁別反応動作の練習効果との関係, 体育学研究 13 - (1), 32 ~ 38, 1968.
 - 19) 高田典衛, 松浦義御, 森下はるみ, 吉川和利: 幼児期における調整力の生活との関連からみた構造と発達, 体育科学 5, 162 ~ 182, 1977.
 - 20) 辻野昭: 単純視覚反応時間の習熟効果から見た年令別並びに性別変化について, 体力科学 13 (3), 94 ~ 101, 1964.
 - 21) 渡部和彦, 浅見高明, 朝比奈一男: 姿勢制行からみた調整力の研究 III - 幼児, 児童の年令別変化とその特徴 - , 体育科学 5, 139 ~ 145, 1977.
 - 22) 渡辺俊男, 川原ゆり, 松下清子: 反応時の研究, 反応時につきまとう変動因と測定値の扱い方 (その一), 体育学研究 12 (1), 24 ~ 34, 1968.
 - 23) 山下俊郎著, 中川一郎, 名取礼二編集: 小児生理学, 朝倉書店, 1958.

(昭和 58 年 1 月 10 日受付)

