

## 垂直および前後左右方向の全身反応時間

### Whole body reaction times of vertical and four different directions

笠 井 達 哉

Tatsuya Kasai

#### ABSTRACT

As an index of response speed, whole body reaction times (mechanical reaction time : MRT) were compared between two different jumps with EMG recordings of lower muscles ; three different heights of vertical jumps—high, middle and low—and four different directions of jump—forward, backward, leftward and rightward—. With advancing heights, MRTs lengthened depending upon onsets of flexor muscle discharges (EMG—RTs of tibialis anterior and biceps femoris muscles). MRTs of backward jump were the shortest and those of forward jump were the longest. In the different directions of jump, there were different EMG discharge patterns and different correlations between MRTs and EMG—RTs of each muscle were observed.

From above obtained results, it was assumed that MRT changes of whole body reaction might be explained by the memory drum theory.

#### I. はじめに

全身反応時間は、トータルな個人の反応の早さを手軽に調べることが出来る方法として多用されてきた (Cureton, 1951 ; Ikai, 1962 ; Fujitata et al., 1979 ; 矢部ら, 1983)。しかし、垂直方向での高さの違いおよび前後左右の方向の違いに対応して、反応時間に違いが生じることの詳細な解析はまだない。そこで、このような反応時間の違いがどうして起こるかを運動学的に解析した。

#### II. 実験 1 ; 垂直跳びの反応時間

##### 1. 方 法

被験者は19歳から22歳までの大学生18名であった。全身反応時間測定装置 (WHOLE BODY RE

ACTION TYPE II : 竹井機器製) のマット上に被験者を楽な姿勢で立たせた。この姿勢から“ヨーイ”の予告後ランダムな時間間隔で反応シグナル (1000 Hz の短音) を呈示した。垂直跳びの高さは、あらかじめ測定された各個人の最大垂直跳びの高さの50% (H), 25% (M), 10% (L) の3段階を用いた。測定に入る前に数回の練習を行わせ十分慣れたところで、それぞれ10回を1セットとして2回ずつ個人間でH, M, Lをランダムな順序でおこなわせた。18名の被験者の内6名については、利き足の大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、ヒラメ筋の4筋から筋電図を同時記録した。これらの記録から、デジタイマーで測られた反応時間 (機械的反応時間 ; MRT) と筋電図で測られた反応時間 (筋電図反応時間 ; EMG—RT), そ

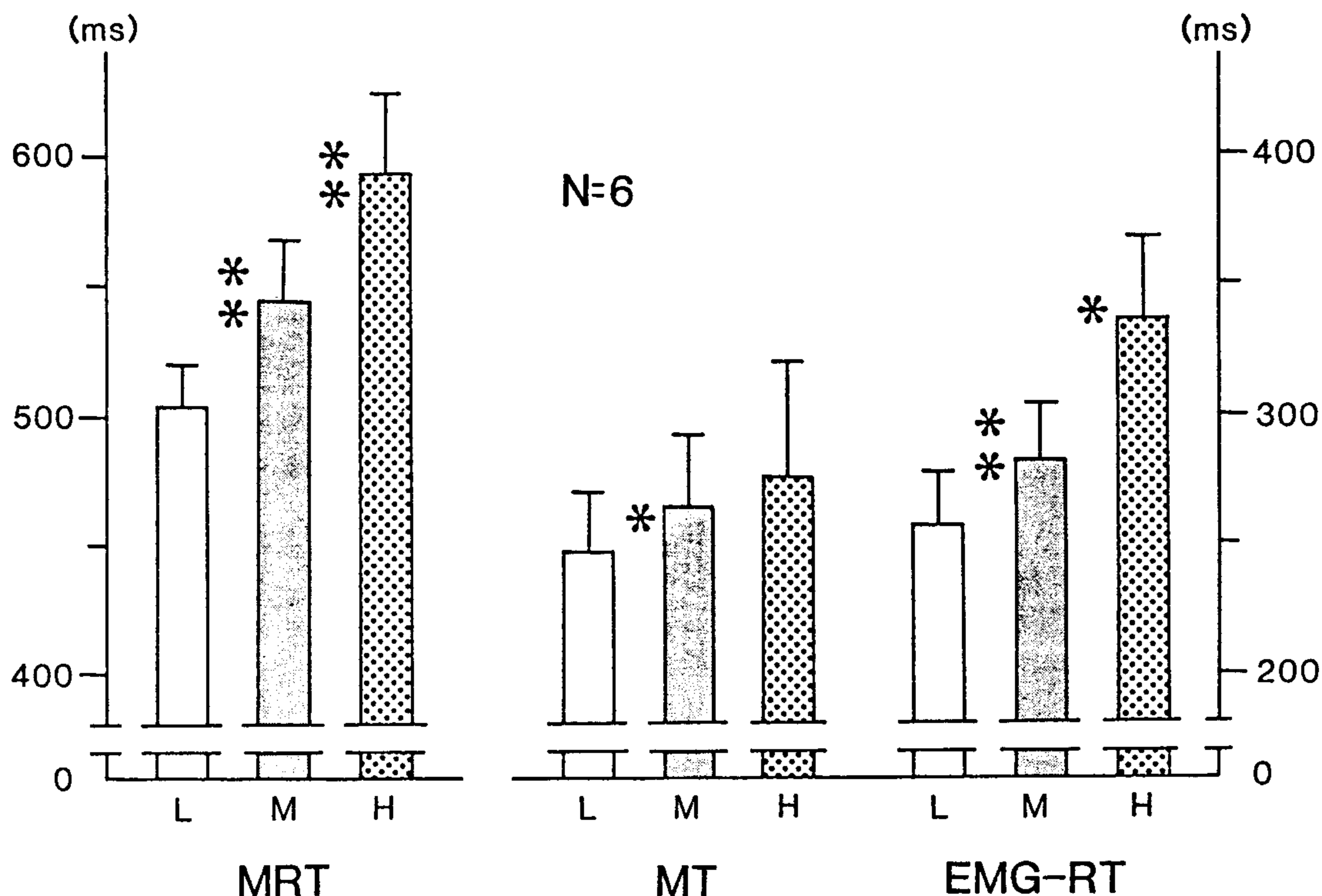


図1 6名の MRT と EMG-RT および MT の平均値と標準偏差 (\*  $P < 0.05$  , \*\*  $P < 0.01$  )

表1 3つの異なった高さ (L, M, H) の垂直跳び MRT の平均値と標準偏差

L - JUMP	M - JUMP	H - JUMP
Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
467.6 (52.5)	499.8(56.4)	539.2(61.6)

Note: Values are in milliseconds. Subjects are 18 male students.

して MRT から EMG-RT を差し引いた時間すなわち運動時間 (MT) を計測した。

## 2. 結果と考察

表1に全被験者の各条件下での反応時間の平均値と標準偏差値を示した。この結果から、MRT はHにおいて一番長くLにおいて一番短かった (LとMの差: 32.2 ミリ秒,  $t = 3.69$ ,  $df = 17$ ,  $P < 0.01$ , MとHの差: 39.4 ミリ秒,  $t = 5.21$ ,  $df = 17$ ,  $P < 0.001$ )。この結果は、同じ垂直跳びでもその時にどれくらいの高さを跳ぶかによっ

て、反応時間に違いが生じることを示していた。すなわち、高く跳ぼうとすればするほど、言い替えば、筋出力を大きくすればするほど反応時間はおそくなる。この結果は、手のにぎり動作の反応時間について調べた森脇と滝山の報告 (1981) を支持するものであった。

それでは、垂直跳びの高さの違いによって反応時間が異なった原因はなんだろうか。この原因を解析するために6名の MRT, EMG-RT そして MRT と EMG-RT の差である MT の結果を示したのが図1である。図1では EMG-RT はヒラメ筋の EMG-RT を示しているが、他の3筋においてもヒレメ筋と同様の結果を示した。すなわち、垂直跳びの高さが高くなるに従って EMG-RT も長くなった (LとMの差: 23.8 ミリ秒,  $t = 5.21$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.01$ , MとHの差: 35.7 ミリ秒,  $t = 3.60$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.05$ )。また、MTも同様の傾向を示した。しかし、量的な関係から考えれば MT より EMG-RT の違いが主要因と考えられる。このことは、垂直跳びの高さの違いによ

って反応時間 (MRT) がことなるのは, EMG-RT が垂直跳びの高さの違いに対応して異なることを意味している。すなわち, 垂直跳びの高さの調整は自明のことであるが, それに関わる筋の関わり方 (筋放電の量) の違いによる。しかし, 本実験結果は垂直跳びの高さの調節はこれだけでは不十分で, 筋放電の開始時期 (反応時間: EMG-RT) も同様に重要であることを意味していた。特に, 反応動作の準備状態に関係する屈筋の放電開始時期が, 反応時間の遅速の決定には大切である。事実, 各条件下での屈筋の EMG-RT の差と MRT の差は近似していた (L と M の MRT の差: 40.1 ミリ秒, L と M の前脛骨筋 EMG-RT の差: 38.5 ミリ秒, 大腿二頭筋 EMG-RT の差: 43.2 ミリ秒; M と H の MRT の差: 48.8 ミリ秒, M と H の前脛骨筋 EMG-RT の差: 50.8 ミリ秒, 大腿二頭筋 EMG-RT: 42.7 ミリ秒)。

### Ⅲ. 実験 2: 前後左右方向の反応時間

#### 1. 方 法

被験者は 20 名の男子大学生であった。実験 1 と同様全身反応測定装置のマット上に被験者を楽な姿勢で立たせた。“ヨーイ”の口頭による予告後, ランダムな時間間隔で 1000 Hz の単音を呈示し, 4 方向 (前, 後, 右, 左) の単純反応動作を行わせた。この時, ジャンプする距離は 50 cm とし, 4 方向ともその距離に目印としてテープを貼った。10 試行を 1 セットとして 2 セットずつ都合 20 試行を行わせた。20 名の被験者の内 4 名については, 左右の大腿直筋, 大腿二頭筋, 前脛骨筋, ヒラメ筋の都合 8 筋から筋電図を同時記録した。これら

の記録から, デジタイマーで記録された MRT と筋電図で記録された EMG-RT との相関係数を求めた。

#### 2. 結果と考察

表 2 に全被験者の 4 条件下での MRT の平均値と標準偏差値を示した。これより, 後ろ方向の反応時間が一番短く, 次に左右方向そして前方向の反応時間が一番長かった (前と後ろの差: 61.1 ミリ秒,  $t = 3.38$ ,  $P < 0.01$ , 前と左の差: 34.2 ミリ秒,  $t = 2.48$ ,  $P < 0.05$ , 後と右の差: 22.5 ミリ秒,  $t = 2.72$ ,  $P < 0.05$ , 後と左の差: 26.9 ミリ秒,  $t = 4.73$ ,  $P < 0.001$ , 自由度はすべて 19)。しかし, 左右方向の MRT には差はみられなかった。それでは, このように跳ぶ方向の違いによって反応時間が異なって出現するのはどのような原因によるものなのであろうか。この点を検討する目的で, 4 名の被験者について MRT と EMG-RT との相関関係を調べその結果を示したのが表 3 である。これより, 前方向のジャンプにおいては大腿二頭筋とヒラメ筋の筋放電開始と有意な相関を示した。また, 後方向のジャンプについては大腿四頭筋の筋放電開始と有意な相関を示した。これらの結果は, 前方向のジャンプにおいては大腿の屈筋 (大腿二頭筋) と下腿の伸筋 (ヒラメ筋) の両筋群が主に関与し, 後方向のジャンプにおいては大腿の伸筋群が主に関与してジャンプがおこなわれていることを意味している。したがって, 前方向のジャンプの時後方向のジャンプに比べて反応時間が遅れた理由は, 見かけ上方向が異なるだけで同じようなジャンプをしているようであるが, そのジャンプの運動学的背景は全く異なって

表 2 4 方向のジャンプの平均 MRT と標準偏差

Forward	Backward	Rightward	Leftward
Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
580.5 (97.7)	519.4 (68.4)	541.9 (74.3)	546.3 (66.0)

Note: Values are milliseconds. Subjects are 20 male students.

表3 それぞれの方向での MRT と各筋の EMG-RT との相関係数 (\* P<0.05, \*\* P<0.01)

Forward								
	M.quard.		M.biceps		M.tibialis		M.soleus	
subjects	right	left	right	left	right	left	right	left
HRI(n=20)	0.15	-0.08	0.77**	0.88**	-0.26	-0.23	0.59**	0.83**
HWI(n=20)	-0.40	-0.25	0.76**	/	-0.18	-0.02	0.90**	0.81**
MMK(n=18)	0.34	0.03	0.44**	0.64**	0.56**	0.67**	0.63**	0.73**
TTS(n=20)	0.57*	0.88**	0.80**	0.51**	0.48*	0.16	0.94**	0.94**
Backward								
HRI(n=20)	0.86**	0.80**	0.26	0.12	0.79**	0.79**	0.13	-0.07
HWI(n=20)	0.85**	0.77**	0.09	/	0.40	-0.13	-0.41	-0.13
MMK(n=18)	0.73**	0.66**	0.36	0.22	0.36	-0.05	0.10	0.02
TTS(n=20)	0.98**	0.97**	0.19	0.29	0.10	0.31	0.20	0.31
Leftward								
HRI(n=20)	0.65**	0.89**	0.08	0.35	0.49*	0.03	0.75**	0.59**
HWI(n=20)	0.40	-0.09	0.42	0.66**	0.41	0.64**	0.42	0.46*
MMK(n=18)	0.08	0.28	0.24	/	0.43	0.34	0.38	0.69*
TTS(n=20)	0.93**	0.94**	0.60**	0.41	0.43*	0.79**	-0.01	0.96**
Rightward								
HRI(n=20)	0.76**	0.14	0.59**	0.40	0.23	0.28	0.69**	0.79**
HWI(n=20)	0.50*	-0.21	0.58**	0.11	0.50*	-0.08	0.48*	0.16
MMK(n=18)	0.88**	-0.25	0.51*	0.25	0.44*	0.26	0.46*	0.39
TTS(n=20)	0.92**	0.73**	0.13	0.05	0.52*	0.53*	0.95**	0.20

M.quard; 大腿四頭筋, M.biceps; 大腿二頭筋, M.tibialis; 前脛骨筋, M.soleus; ヒラメ筋

いることになる。すなわち、メモリードラム理論としてすでに既知のとおり、その運動に関わる筋の数が異なることはそのまま中枢の運動プログラムが異なることであり、関与する筋の数が多ければ多いほど運動プログラムは複雑であると考えられる。このことが反応時間の違いとして出現したと考えられる (Kasai et al. manuscript)。

左右方向のジャンプに関しては、全体的にみて一定の法則性は認められず、特に個人差が大きかった。しかし、相関をもつ筋の程度は前方向のものより少なく、後方向のそれより多かった。これらの結果は、左右の反応時間は前後の反応時間の中間にあった理由を、先述のメモリードラム理論に求めても矛盾しない。

#### IV. ま と め

垂直および前後左右の全身反応時間を調べ、その違いの背景を運動学的に解析した。得られた結果は以下の通りであった：

- 1) 垂直跳びにおいては、跳ぶ高さの違いに従って反応時間は変化した。すなわち、反応時間は跳ぶ高さが高くなればなるほど長くなった。
- 2) 前後左右方向の反応時間は、後方向が一番短く前方向が一番長かった。左右方向の反応時間はこれらの中間の値を示した。

これらの結果を解釈するためにそれぞれ数名の被験者について EMG を同時記録した。その結果、見かけ上同じに見える全身反応でもその運動学的背景はそれぞれ異なっており、特に運動プログラムの違いを反映していると考えられる EMG の係わり方（係わり方の程度と放電開始時期）がそれぞれの動作で著しく異なっていた。このことが、メモリードラム理論で説明される反応時間の遅れの説明と矛盾しないことがわかった。

本研究は、昭和62年度体育研究所研究助成金によって行われたものである。

#### 参 考 文 献

- 1) Cureton, T.K. : Physical fitness of champion athletes. The University of Illinois Press, 1951. pp 94-102.
- 2) Fujita, A., Yoshimoto, T., Muramatsu, H. and Kasai, T. : A study of the developmental changes of selective jumping reaction time. Int. J. Sport Psychol., 10; 79-91, 1979.
- 3) Ikaï, M. : Physical fitness studies in Japan. Res. J. Phys. Edu., 6; 1-14, 1962.
- 4) 森脇保彦, 滝山将剛：筋出力と反応時間の関係—柔道とレスリング選手について—国士舘大学体育学部紀要, 8 ; 25—28, 1981.
- 5) 矢部京之助, 塚原玲子, 三田勝巳, 青木久：精神遅滞者の全身反応時間—年齢および IQ による分布—人間工学, 19 ; 235 — 242 , 1983.

