

事前の筋収縮の相違が 反応時間に及ぼす影響について

衣笠 隆・野間 明紀・藤田 紀盛

EFFECT OF VARIATIONS IN PRE-CONTRACTED MUSCLE AND CONTRACTION LEVELS ON REACTION TIME

Takashi KINUGASA, Akinori NOMA and Tatsumori FUJITA

The purpose of this study is to investigate the effects of preliminary isometric muscle contractions on reaction time. Fourteen subjects participated in the experiment. The preliminary isometric contractions were performed on the following three muscles; the right side of the gastrocnemius muscle (GCR), the tibialis anterior muscle (TAR), and the left side of the gastrocnemius muscle (GCL). And the strength of each preliminary isometric contractions was tested at three levels determined by the integrated electromyogram. These were: 10% MVC(maximum voluntary contraction), 20% MVC, and 30% MVC. Each subject was asked to maintain the assigned preliminary level of muscle contraction during a 2-4 seconds period between a warning signal and a reaction signal. The subjects were then asked to react with right plantar flexion as quickly as possible after the reaction signal. The data was collected for each trial and analysed for the following three interval times. 1) Reaction time (RT) is defined as the interval time from the reaction signal to the onset of the reacted force which is picked up from the Kistler force platform located under each subject's right foot through the Kistler amplifier. 2) Premotor time (PT) is defined as the interval time from the reaction signal to the onset of the reacted electrical activity of right side of the gastrocnemius muscle. 3) Motor time (MT) is defined as the interval time RT subtracted from PT. This study was done in two successive days with the same subjects to test reliability. An Analysis of Variance was done to compare all of the experimental conditions for RT, PT, and MT. The results of the experiment for the second day were as follows.

1. Mean RT for GCR was the shortest, mean RT for GCL was next, and mean RT for TAR was longest (GCR ; 154.5 msec, GCL ; 178.1 msec, TAR ; 215.4 msec).

2. The order of mean values for PT was GCR, GCL and TAR. This was the same as as the order of mean RT (GCR ; 111.1 msec, GCL ; 127.5 msec, TAR ; 140.9 msec).

3. The mean values for MT was longest in TAR, but there was no difference between GCR and GCL (GCR ; 43.4 msec, GCL ; 50.5 msec, TAR ; 74.4 msec).

4. The effect of the levels of preliminary muscle contraction was only found in shortened PT at 10% MVC, but there was no difference between 20% MVC and 30% MVC (10% MVC ; 122.5msec, 20% MVC ; 128.8 msec, 30% MVC ; 128.3 msec). But any significant effect of the levels of preliminary muscle contraction was not found in RT and MT.

5. It was suggested that shortened reaction time with preliminary muscle contraction showed the possibility of a facilitatory effect of the supraspinal mechanism to speed up reaction time. This was not due to raised general arousal level, or partial release of motor program being proposed by Schmidt, R. A.

1. 緒 論

事前の筋収縮がある場合に反応時間は短縮されるという報告がある^{3,4,15}。その理由はいろいろな立場から議論されている。

その一つは、事前の筋収縮により、一般覚醒水準が高まり、それにより反応時間が短縮されるという考え方^{1,9}がある。LevittとGutin⁹は心拍数が115回/分の時に90回/分や145回/分の時よりも、反応時間が短縮された結果、ある適切な覚醒レベルにあることにより反応時間が短縮されると報告した。

一方、Schmidt¹³は事前の筋収縮によりpremotor timeが短縮された結果をHenryとRogers⁵の“memory drum”理論と関連づけて説明した。“memory drum”理論とは、反応するための運動が複雑になる程、反応時間が延長された結果より、運動が複雑になる程、“運動プログラム”も複雑になり、より多くの時間が記憶からその運動プログラムを呼出すために必要とされる、である。Schmidt¹³は事前の筋収縮が強いほど、premotor timeが短縮された結果を、運動プログラムの一部が事前の筋収縮の中に放出され、その放出された量は、事前の筋収縮の強さに比例して多くなるため、残りの運動プログラムの量は小さくなることと同等であり、premotor timeが短縮されたと解釈した。

本研究の目的は事前の筋収縮による反応時間の短縮が覚醒レベルの上昇によるか、運動プログラムの放出によるものかの二つの理論を比較検討するために行われた。そのために事前の筋収縮を行なう筋は、反応動作の主働筋、その拮抗筋、その反対側の筋を用いた。もしも、覚醒レベルの上昇により反応時間が短縮されるのであれば、事前の筋収縮を行う筋が主働筋の場合と拮抗筋の場合において反応時間の相違がみられないであろうし、一方、Schmidtの唱える運動プログラムの放出により反応時間が短縮されるのであれば、事前の筋収縮が主働筋の場合と拮抗筋の場合において反応時間が異なることが暗示される。

本研究はSchmidtの研究を追試し、発展させるために行われた。Schmidt¹³は事前の筋収縮と反応動作のために握力を用いた。握力は主に前腕伸筋群と前腕屈筋群の働き合いにより筋力発揮される。本研究は反応動作として右の足関節の底屈運動を用い、事前の筋収縮を行う筋として、反応動作の

主働筋の場合と、拮抗筋の場合さらに反対側の場合を比較検討した。またSchmidt¹³は事前の筋収縮の強さとして、2.2、19.9、37.4ポンドを用いた。しかし、本研究において、事前の筋収縮の大きさは被験者間のバラつきを少なくするために各被験者の最大筋力のパーセントである相対値を用いた。

本研究は反応時間だけでなく、EMG反応時間(premotor time)、運動時間を計測し、事前の筋収縮により反応時間が短縮される機構について詳細に検討された。

2. 実験方法

被験者

被験者は、健康な男子12名、女子2名、合計14名(年齢21-27歳)であった。

実験条件

事前の等尺性筋収縮を行う筋は、右の腓腹筋、前脛骨筋、左の腓腹筋であった。
GCR：右の腓腹筋を事前に筋収縮させた場合。
TAR：右の前脛骨筋を事前に筋収縮させた場合。
GCL：反応動作と反対側である左の腓腹筋を事前に筋収縮させた場合。

さらに、各筋において筋収縮の強さは三段階に分けられ、最大随意収縮(MVC; maximum voluntary contraction)の10%、20%、30%であった(以下、10% MVC、20% MVC、30% MVCと称する)。

以上の組合せにより実験条件は合計9種類であった。

実験手順

各被験者は、リクライニングシートに座り、両膝、右の足首を固定された(図1参照)。各被験者は各実験条件前に最大随意収縮を行い、三段階の事前の筋収縮の強さが決められた。事前の筋活動の強さは積分筋電図法(全波整流後、時定数0.1秒のlow pass filterを用いた、いわゆるエンベロップである¹⁶)により決められた。最大随意収縮が3回行われ、その積分筋電図の最大電位の平均値を100%とした。事前の筋収縮の強さはその10%、20%、30%とした。積分筋電図はモニターのオシロスコープ上に導かれた。事前の筋収縮の強さはその管上に置かれたマークによって示された。各被験者は各実験条件前にそのオシロスコープ上のマークを見ながらそれぞれの事前の筋収縮の強さを3回ずつ、合計9回練習した。

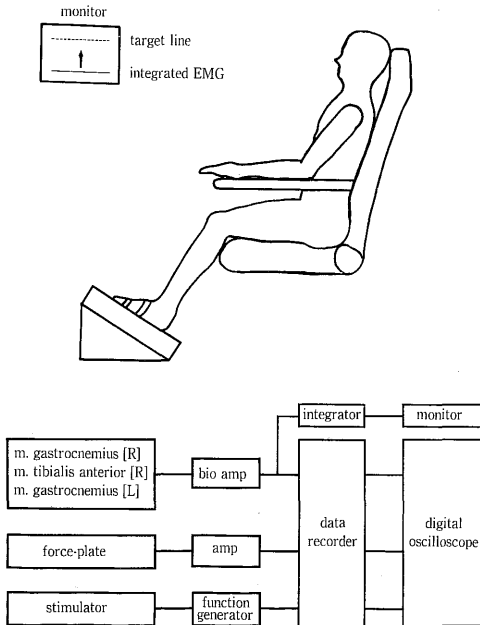


Fig. 1 Experimental block diagram

“行きます”の合図の後、各被験者は、モニターのオシロスコープを見ながら、決められた事前の筋収縮の強さに到達し、維持した。その後、“用意”の合図とともに、準備期間がスタートされた。各被験者は決められた筋収縮の強さを準備期間中、維持するように求められた。

各被験者はランダム化された準備期間(2-4秒)後のヘッドフォンを介しての音刺激(100msec.)に出来るだけ早く、右足関節の底屈運動を行った。各被験者は9種類の実験条件すべてを行い、各条件を6試行(最初の1回は練習)行い、合計54試行を行った。実験順序は被験者によりランダムとした。資料の再現性をみるために、各被験者は2日連続して同一のテストを行った。

実験装置

左右それぞれ等尺性の足関節運動時に、踵を固定するために、両膝上にバーが置かれた。そのバーは支柱に連結された。また、右足における等尺性の背屈運動を行うために右足はワイヤーで固定された。

筋電位は右の腓腹筋、前脛骨筋、左の腓腹筋の各筋から表面電極にて双極導出され(いずれも皮膚抵抗10kΩ以下)、生体電気用前置増幅器(日本光電社製、RB-5、時定数0.1秒)を介して、データレコ

ーダ(ティアック社製、R-410)に収録された。

反応時間(以下、RTと略す)は足下に設置されたフォースプレート(キスラー社製)により、反応刺激後の足底圧の立上がりまでの時間とした。EMG反応時間(以下、PTと略す)は反応刺激後、右の腓腹筋における反応のための筋電位の立上がりまでの時間とした。運動時間(以下、MTと略す)はRTからPTを引いた時間である。RTとPTはともにデジタルオシロスコープ(ニコレー社製、2090-3)にて1msec単位で計測された。

統計処理

RT, PT, MTのそれぞれにおいて、事前の筋収縮を行う筋の種類、その筋収縮の強さ、試行、被験者の各要因に対する分散分析が行われた。さらに、各実験条件が有意であった場合、個々の実験条件の相違を検討するために、チューキーテスト⁶⁾が用いられた。いずれも有意水準は5%以下とした。

3. 実験結果

11人の被験者について、一日目と二日目の資料の再現性を検討するために、RT, PT, MTのそれぞれについて相関係数が求められた。いずれの時間に対しても相関がみられ、資料の再現性が認められた(RT, $r = .524$, $p < .001$; PT, $r = .374$, $p < .001$; MT, $r = .529$, $p < .001$, いずれも $N = 495$)。一日目と二日目を比較するとRTとPTはいずれも、二日目において短縮された(RT, $t = 4.74$, $df = 988$, $p < .001$; PT, $t = 5.28$, $df = 988$, $p < .001$)。しかし、MTは変らなかった($t = 1.572$, $df = 988$, $p > .05$)。よって、以下の結果は14人の被験者による第二日目の資料に基づくものである。

表1に示したようにRTにおける分散分析の結果、事前の筋収縮を行う筋の種類条件(MUSCLE)は有意であった($F(2, 26) = 38.11$, $P < .001$)。表2に示したように、RTの平均値はGCRにおいて最も短縮され、GCL, TARの順に延長された(GCR, 154.5msec; GCL, 178.1msec; TAR, 215.4msec)。

PTにおける分散分析の結果、筋の種類条件(MUSCLE)は有意であった($F(2, 26) = 21.04$, $P < .001$)。表2に示したように、PTの平均値はGCRにおいて最も短縮され、次いでGCL, TARの順に延長された(GCR, 111.1msec; GCL, 127.5msec; TAR, 140.9msec)。

MTにおける分散分析の結果、筋の種類条件は

Table 1-1 ANOVA for REACTION TIME of the experimental conditions of GCR, GCL and TAR across 14 subjects

SOURCE	SS	DF	MS	F	ER
SUBJECT(S)	142839.7	13			
MUSCLE(M)	395679.8	2	197839.9	38.11***	S*M
CONTRACTION(C)	4855.8	2	2427.9	3.26	S*C
TRIAL(T)	2249.7	4	562.4	1.35	S*T
M*C	3349.2	4	837.3	1.04*	S*M*C
M*T	4571.7	8	571.5	1.17*	S*M*T
C*T	1810.9	8	226.4	.45	S*C*T
M*C*T	2831.7	16	177.0	.36	S*M*C*T
S*M	134972.5	26	5191.3		
S*C	19369.4	26	45.0		
S*T	21644.5	52	416.2		
M*C	41716.9	52	802.2		
S*M*T	50742.8	104	487.9		
S*C*T	52861.8	104	508.3		
S*M*C*T	103180.4	207	498.5		

Table 1-3 ANOVA for MOTOR TIME of the experimental conditions of GCR, GCL and TAR across 14 subjects

SOURCE	SS	DF	MS	F	ER
SUBJECT(S)	70909.1	13			
MUSCLE(M)	110792.6	2	5454.5	25.06***	S*M
CONTRACTION(C)	23.9	2	55396.3	.05	S*C
TRIAL(T)	308.5	4	12.0	.96	S*T
M*C	692.5	4	173.1	1.04*	S*M*C
M*T	318.5	8	39.8	.52	S*M*T
C*T	825.9	8	103.2	1.14*	S*M*T
M*C*T	1529.4	16	95.6	.81	S*M*C*T
S*M	57474.1	26	2210.5		
S*C	5655.6	26	217.5		
S*T	4193.2	52	80.6		
S*M*C	8629.2	52	165.9		
S*M*T	7908.5	104	76.0		
S*C*T	9436.3	104	90.7		
S*M*C*T	24451.1	207	118.1		

有意であった($F(2, 26)=25.06, P<.001$).

表2に示したように、MTの平均値は、GCRとGCLとの間に有意な相違はなく、TARにおいて延長された(GCR, 43.4msec; GCL, 50.5msec; TAR, 74.4msec)。

事前の筋収縮の強さの条件(CONTRACTION)は、PTにおける分散分析の結果、有意であった($F(2, 26)=3.93, P<.05$)。20%MVCと、30%MVCの間には相違がみられなかったが、10%MVCにおいて最も短縮された(10%MVC, 122.5msec; 20%MVC, 128.8msec; 30%MVC, 128.3msec)。しか

Table 1-2 ANOVA for PREMOTOR TIME of the experimental conditions of GCR, GCL and TAR across 14 subjects

SOURCE	SS	DF	MS	F	ER
SUBJECT(S)	110822.8	13			
MUSCLE(M)	94042.7	2	47021.4	21.04***	S*M
CONTRACTION(C)	5242.8	2	2621.4	3.93*	S*C
TRIAL(T)	1180.6	4	295.6	.81	S*T
M*C	2699.3	4	674.8	1.13*	S*M*C
M*T	4599.0	8	574.9	1.51*	S*M*T
C*T	1466.0	8	183.3	.42	S*C*T
M*C*T	2532.9	16	158.3	.37	S*M*C*T
S*M	58104.9	26	2234.8		
S*C	17350.6	26	667.3		
S*T	18938.1	52	364.2		
S*M*C	31087.6	52	597.8		
S*M*T	39496.2	104	379.8		
S*C*T	45826.6	104	440.6		
S*M*C*T	89470.0	207	432.2		

し、RT, MTのいずれとも事前の筋収縮の強さにおける分散分析の結果、有意ではなかった(RT, $F(2, 26)=3.26, P>.05$; MT, $F(2, 26)=.05, P>.05$)。

なお、あらゆる条件の30% MVCにおいて、主働筋と拮抗筋とも収縮するCo-contractionはほとんどみられなかった。

4. 考 察

右足の底屈反応に対して、事前に反応動作の主働筋を収縮させた場合にRTが最も短縮された。次いで、反対側の場合、拮抗筋の場合の順に延長された。反応動作の主働筋を事前に収縮させた場合に最もRTが短縮されたのは、PTの短縮によるものであり、MTの短縮によるものではなかった。

PTが反応動作の主働筋を事前に収縮させた場合に、最も短縮された理由と関連して次の報告がある。丹治とEverts¹⁴⁾は準備期間中のサルの運動皮質の発射頻度が次に行う運動の方向に依存して変化することを報告した。またこの運動皮質の発射はその運動皮質が支配している筋活動を反映したものではなく、準備期間中の運動皮質の発射がみられる時、その支配されている筋の活動はみられなかったことから、この運動皮質の発射は、一般覚醒水準をあらわしたものではなく、次に行う運動に関係した運動準備状態を反映したものであると述べた。

Requin¹²⁾は次のような報告を行った。サルは1秒

Table 2. Mean values (\bar{X}) and standard deviations (SD) for REACTION TIME (RT), PREMOTOR TIME (PT), and MOTOR TIME (MT) in the experimental conditions of GCR, TAR, and GCL.

%MVC		EXPERIMENTAL CONDITIONS								
		GCR			TAR			GCL		
		RT	PT	MT	RT	PT	MT	RT	PT	MT
10	\bar{X}	152.7	110.1	42.6	208.9	134.3	74.6	176.6	123.0	51.6
	SD	23.9	21.7	15.7	31.8	21.6	19.7	25.0	19.2	19.8
20	\bar{X}	154.1	111.6	42.5	217.4	142.7	74.6	183.5	132.0	51.4
	SD	27.7	27.4	12.7	28.1	25.7	16.0	30.8	28.0	21.1
30	\bar{X}	156.5	111.4	45.0	219.7	145.7	73.9	176.2	127.6	48.5
	SD	28.3	27.9	14.1	41.2	34.2	17.2	34.1	25.3	19.6

milliseconds
(N=70 in each block)

の準備期間後、左右いずれかの反応シグナルにより、左または右の肘の屈曲をできるだけ早く行うように訓練された。そこで、右肘の屈曲に伴う上腕二頭筋を支配している運動皮質の発射活動が記録された。準備期間の終わり250msecの間、左の運動皮質の発射頻度が高い程、右肘を屈曲する反応時間が短縮された。

そこで、反応動作の主働筋を事前に収縮させることにより、その運動皮質における発射頻度が高まり、RTが短縮される可能性が示唆された。

また、反応動作の主働筋に次いで、反対側を収縮させた場合、拮抗筋を収縮させた場合の順にRTが延長された理由として、上記の反応動作の主働筋の運動皮質との神経連絡の相違があると思われる。するわち、反応動作の主働筋の運動皮質に対して、反対側を事前に収縮させても、それ程、影響がないと思われる。しかし、拮抗筋を収縮させることにより、反応動作の主働筋における運動皮質の発射活動は抑制され、RTが延長される可能性が暗示された。

野間¹⁰⁾は事前に反応動作の主働筋を収縮させた場合、拮抗筋を収縮させた場合、事前の筋収縮がない場合それぞれにおいて、PTは事前に反応動作

の主働筋を収縮させた場合に最も短縮されることを報告した。しかし、拮抗筋を収縮させた場合、事前の筋収縮がない場合においては、相違がみられなかった。さらに、準備期間中に誘発されたH波の大きさは明らかに反応動作の主働筋を事前に収縮させた場合や何も事前の筋収縮がない場合よりも拮抗筋を事前に収縮させた場合において、減少した。よって準備期間中の脊髄前角細胞の興奮性はPTの長さに対してそれ程関係しないので、反応動作の主働筋を事前に収縮させることによるPTの短縮は脊髄より上位での神経連絡の影響と思われる。衣笠⁸⁾も振動刺激を用いて同様のことを報告した。

本研究の結果はSchmidt¹³⁾の結果に反して、事前の筋収縮を増大させても、PTが短縮されず、逆に10%MVCにおいて、最もPTが短縮された。この結果の矛盾は事前の筋収縮の強さの決め方の相違に基づくと思われる。Schmidtは事前の筋収縮の強さの指標として張力を用いたのに対して、本研究では積分筋電図法を用いた。Schmidtは事前の張力が2.2, 19.9, 37.4ポンドと増加されるに依り、PTが111.6 msec, 103.0msec, 102.8msecと短縮されることを報告した。しかし、事前の筋収縮の強さ

が19.9ポンドと37.4ポンドの間に、統計学的に有意な相違はなかった。よって、2.2ポンドという低いレベルの事前の筋収縮の強さを除くと事前の筋収縮を増大させてもPTは変わらなかった。本研究の結果、10%MVCにおいて、PTが最も短縮された理由は次のように考えられた。20%MVCや30%MVCにおいて、モニターを見ながら、事前の筋収縮を維持する注意(attention)と反応刺激への注意とが分散され、反応刺激への注意が十分でなかったことによると思われる。

よって、本研究の結果、事前の筋収縮によるRTの短縮は一般覚醒レベルの上昇による効果は少ないと思われる。また、Schmidtの唱える運動プログラムの放出による効果は事前の筋収縮を増大させても、PTが変化されなかったことによりこの効果は少ないか又は、Schmidtの唱える効果は事前の筋収縮がより低いレベルの時に有効かも知れないと考えられた。

本研究の結果、MTが拮抗筋を事前に筋収縮させた場合、他の条件より延長された。しかし、反応動作の主働筋を事前に収縮させた場合と反対側の筋を収縮させた場合では相違がみられなかった。

BotwinickとThompson²⁾はRTが“中枢”と“末梢”の二つの構成要素から成り、この二つはお互いに独立していることを報告した。すなわち、PTは中枢における情報処理に関する時間を表わし、MTは筋収縮に関する時間を表わしているとした。

金原⁷⁾は予備緊張の強さがisometricな筋収縮によって、瞬発的に発揮し得る屈腕力に影響を及ぼし、予備緊張力の強い場合に力の立上りが急峻になることを報告した。その理由として、fastタイプの運動単位がより多く動員されたためとした。

しかし、本研究の結果、反応動作の主働筋を事前に筋収縮させた場合と反対側の筋を事前に収縮させた(反応動作の主働筋に筋収縮がみられない)場合においてMTの相違がみられなかったこと、又事前の筋収縮を強くしても、MTの変化がみられないことより、金原の唱える予備緊張力の効果はfastタイプの運動単位がより多く動員されたことによるとは考えにくい。

また、Schmidtは事前の筋収縮により、PTが短縮されるが、MTは事前の筋収縮の増大に伴い、延長されることを報告した。その理由は筋収縮の速度が筋の長さに関係しているとし、筋の静止長より延長されても、短縮されても筋の収縮速度は延

長される¹¹⁾からである。

本研究の結果、MTは事前の筋収縮による促進的な影響が少なく、拮抗筋にみられるように、抑制的な影響の存在が示唆された。

5. 要約

14人の被験者を用い、右足の底屈反応動作において、事前の等尺性筋収縮が反応時間(RT), EMG反応時間(PT), 運動時間(MT)に及ぼす影響について検討された。そこで、事前の筋収縮は右の腓腹筋の場合(GCR), 右の前脛骨筋の場合(TAR)そして、左の腓腹筋の場合(GCL)であった。また、事前の筋収縮の強さは、積分筋電図法により決められ、最大随意筋力の10%, 20%, 30%であった。実験は二日間にわたり、同一のテストが行われ、二日目の実験結果は以下の通りであった。

1. RTの平均値は、GCRにおいて最も短縮され、次いで、GCL, TARの順に延長された。
2. PTの平均値は反応時間の場合と同じく、GCR, GCL, TARの順に延長された。
3. MTの平均値は、GCRとGCLの間には有意な差異が認められなかったが、TARにおいて、延長された。
4. 事前の筋収縮の強さはPTにおける10% MVCの場合に最も短縮され、20%, 30%MVCの間には有意な相違が認められなかった。しかし、RT, MTのいずれにおいても事前の筋収縮の強さの影響は認められなかった。
5. 事前の筋収縮によるRTの短縮は一般覚醒レベルの上昇による効果ではなく、又Schmidt, Rの唱える運動プログラムの一部の放出によるものではなく、上位神経機構の促進効果による可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Adams, J. A. and Boulter, L. R. : An evaluation of the activationist hypothesis of human vigilance. *J. Ex. Psychol.* 64, 495-504. 1962
- 2) Botwinick, J. and Thompson, L. W. : Premotor time and motor components of reaction time. *J. Ex. Psychol.* 71, 9-15. 1966
- 3) Clarke, D. H. : Effect of preliminary muscular tension on reaction latency. *Research Quarterly.* 39, 60-66. 1968
- 4) Freeman, G. L. : The facilitative and inhibitory effects of muscular tension upon performance.

- Am. J. Psychol. 45. 17-52. 1933
- 5) Henry, F. M. and Rogers, D. E.: Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*. 31.448-458. 1960
 - 6) 岩原信九郎：教育と心理のための推計学，20版，日本文化科学社，東京，1977.243-244
 - 7) 金原勇：大きな力やパワーが要求される身体運動における予備緊張について，身体運動の制御，高木公三郎，熊本水頼編，初版，杏林書院，東京，1980，250-267
 - 8) Kinugasa T. : Effect of preliminary condition (NO-EMG, EMG, TVR) on voluntary response. IX International Congress of Biomechanis. 140. 1983
 - 9) Levitt, S. and Gutin, B.: Multiple choice reaction time and movement time during physical exertion. *Research Quarterly*. 42. 405-410. 1971
 - 10) 野間明紀：予備筋活動の相違による反応時間の差について，筑波大学体育研究科修士論文妙録，第6巻，229-232. 1984
 - 11) Ramsey. W. R., and Street, S. F.: The isometric length-tension diagram of isolated skeletal muscle fibers of the frog. *J. Cellular and Comparative Physiology*, 15, 11-33. 1940
 - 12) Requin, J., Lecas, J-C. and Bonnet, M.: Some experimental evidence for a three-step model of motor preparation. *Preparatory States & Processes*. Edited by Kornblum, S. and Requin, J., Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. 259-284. 1984
 - 13) Schmidt, R. A. and Stull, G. A.: Premotor and motor reaction time as a function of preliminary muscular tension. *J. Motor Behavior*. 11.96-110. 1970
 - 14) Tanji J. and Evarts, E.V.: Anticipatory activity of motor cortex neurons in relation to direction of an intended movement. *J. Neurophysiol.* 39, 1062-1068, 1976
 - 15) Teichner, W. H.: Effects of foreperiods, induced muscular tension, and stimulus regularity on simple reaction time. *J. Ex. Psychol.* 53, 277-284. 1957
 - 16) Winter, D. A.: *Biomechanics of Human Movement*. John Wiley & Sons, Inc., U. S. A., 1979. 140-141.