準備電位に及ぼす構えの効果¹⁾

科学警察研究所 高澤 則美

The Effect of Mental Set on Readiness Potential

TAKASAWA, Noriyoshi

National Research Institute of Police Science
6 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan

The effect of psychological factors on readiness potential (RP) was examined in 12 healthy, right-handed subjects. RP was recorded from Cz, C3' and C4' areas under the design of manipulating the task difficulty and motivational state. Each subject was asked to pull a lever with the right index finger at his own pace and at a required force level. Subjects heard one of three different pip-tones immediately after each motor performance depending on whether their force-level was adequate to, below or above the required level.

Preceding the motor performance, RP in a difficult task under no reward condition (DT) started to appear earlier than that in an easy task under the same no reward condition (ET). Moreover, RP in the easy task under a reward condition (ER) started to appear much earlier than that in ET, and so did RP in the difficult task under the reward condition (DR). And, irrespective of whether the task was performed under the reward condition or not, RP obtained immediately after the bad (incorrect) motor performance started to appear earlier than that obtained after the good (correct) one. Based on these results, discussion was made on the effects of the psychological process such as mental set or mental effort on RP.

Key words : readiness potential, finger movement, task difficulty,
mental set, motivation, feedback.

1) ご指導・ご校閲をいただきました東邦大学医学部鳥居鎮夫教授および早稲田大学人間科学部山崎勝男教授に感謝いたします。

1989. 2. 4 受稿

1989. 4. 27 受理

随意運動の開始時点をトリガにして、長時定数の増幅器で測定記録した EEG を加算すると、運動開始前約 1 s 前後から徐々に陰性方向に立ち上がる電位が得られる。この電位は、Kornhuber & Deecke (1965) によって準備電位 (Bereitschaftspotential, BP または Readiness potential, 以下 RP と略) として、またほぼ同時期に、Vaughan, Costa, Gilden, & Schimmel (1965) や Gilden, Vaughan, & Costa (1966) によって運動電位 (Motor potential) として報告された。以来、波形成分、頭皮上分布、物理的・心理的要因との関連、臨床応用等について多くの研究が行われ今日に至っている。

Kornhuber & Deecke (1965) が最初に報告したのは、RP と求心性陽性電位 (Reafferent potential, RAP) の 2 成分であったが、後に彼らは運動直前に出現する Premotion positivity (PMP) と Motor potential (MP) の 2 成分を検出した (Deecke, Scheid, & Kornhuber, 1969; Deecke, Becker, Grozinger, & Kornhuber, 1973; Deecke, Grozinger, & Kornhuber, 1976)。Vaughan, Costa, & Ritter (1968) もこれらに相当する 4 成分; N1, P1, N2, P2 を報告した。Shibasaki, Barret, Halliday, & Halliday (1980a) は、前頭部から後頭部までの多チャンネル記録から 8 成分を見出し、N1 成分を運動前 1500~1000ms 前後から緩やかに立ち上がる BP と、500ms 前後からより急峻に立ち上がる NS' の 2 成分に分離した。これらの報告を整理すると、(1) RP, N1: 運動開始前約 1500~700ms に始まる緩徐な漸増陰性成分 (BP + NS'), (2) PMP, P1: 運動開始前約 90~80ms から RP に重畳して現われる小さな陽性波、(3) MP, N2: 運動開始前約 60~50ms から RP に重畳して現れる陰性波、(4) RAP, P2: 運動直後約 30~150ms に現れる大きな陽性波、となる。4 成分の意義については、(1) は運動の準備; (2) は運動指令; (3) は運動関連情報; (4) は運動感覚の feedback と考えられている (下河内, 1981)。

RP は運動の速度・強度の物理的要因 (Becker, Iwase, Jurgens, & Kornhuber, 1976) 以外にも、注意 (Becker, Hoehne, Iwase, & Kornhuber, 1972)・意欲 (岩瀬, 1973)、動機づけ (McAdam & Seales, 1973) といった心理的要因に関連することが知られており、類似の電位である CNV (Walter, Cooper, Aldridge, MaCallum, & Winter, 1964) との異同も論じられている (Gilden et al., 1966; McAdam & Rubin, 1971; Kristeva, Jankov, & Gantchev, 1987)。

しかしながら、従来の RP の研究を概観してみると、運動前後に出現する各波形成分の神経生理学的意義や、頭皮上分布、運動部位差、左右差、あるいは P1, N2 等の速い成分の測定法に焦点を合わせた研究が多く、意図的運動に対する構えのような、心理的要因に関連する研究は不足している。また、これまで RP の研究に用いられた課題は、Deecke, Bashore, Brunia, Grunewald-Zuberbier, Grunewald, & Kristeva (1984b) の分類に従えば、運動技能や学習を必要としない単純な課題が多い。そこで本研究では、力の強さを計画的に統制する運動学習作業を課題に選び、課題の難易度、反応結果の feedback、課題達成水準に対する金銭的報酬等を操作して、RP に与える心理変数の影響を検討した。

方 法

被験者: 常用手が右手の大学生及び大学院生 12 名 (男子 10 名, 女子 2 名, 年齢 18 歳~28 歳) を被験者として用いた。

測定装置及び記録方法: ポリグラフ (日電三栄製, 360 システム) とレクチグラフを用いて、脳波 (EEG)、垂直眼球運動 (EOG) 及び運動反応としての牽引荷重曲線を同時記録した。EEG は Cz 及び C3', C4' (Cz の 2 cm 後方点と外耳道を結ぶ線上で、正中から 7 cm 外側点の 2 cm 前方左右 2 部位; Shibasaki et al., 1980a) から、両耳垂 (A1-A2) 結合を基準に単極導出した。EOG は、左眼窩上下

縁部から双極導出した。時定数は EEG を 6 s , EOG を 1.5s とした。電極はすべて銀塩化銀電極を使用し, EEG 探查電極はセロイジンで固定した。

被験者に行わせる運動は, 右第 2 指による牽引強度調整課題とした。牽引強度は, ストレインゲージ・ブリッジによる荷重変換器をセンサに用いた運動反応測定装置で測定し (Fig. 1), 直流増幅器で増幅記録した。被験者の遂行課題は, 右手で運動反応測定装置のグリップ部を握り, 右第 2 指で引き金を水平に手前に引くことである。

Fig. 1 The diagram of an apparatus for finger movement.

A : load transducer B : coil spring
C : adjusting screw D : trigger
E : grip

すべての測定事象はレクチグラフにペン書き記録するとともに, データ・レコーダ (SONY 製, A-614) に磁気記録し, オフライン処理を行った。

手続き: 被験者を防音シールド室内の椅子に座らせ, 測定用の各電極を装着後, 課題に関する教示を与えた。被験者に要求した牽引強度は, 低難度課題が 1563 g から 1953 g までの範囲, 高難度課題が 1680 g から 1836 g までの範囲とした (注 1)。牽引強度の弁別にはマイクロ・コンピュータを用いた。直流増幅した荷重変換器の出力を A/D 変換してマイクロ・コンピュータに取り込み, 一反応ごとに牽引強度の最大値を検出・記憶させ, 牽引強度が過小の場合は 500Hz (誤反応), 最適のときは 2000Hz (正反応), 過大の場合は 4000Hz (誤反応) の各 feedback 音 (いずれも, 持続 20ms のピップ音) を, 被験者の前方約 1.2m に設置したスピー

カから呈示した。被験者にはできるだけ 2000Hz 音をたくさん鳴らすように指示した。運動反応の正誤は運動終了後に判定されるので, feedback 音は引き金を放した後に提示されることも被験者に教示した。したがって, 引き金を引きながら強度を補償的に調整する反応方法は無効なので, すばやく一気に, かつ正確に引くように要請して, 運動速度を統制した。作業は自己ペースで行わせたが, 運動反応は少なくとも 5~6 s 程度のランダムな間隔とし, 作業中は閉眼状態を保持するように教示した。

実験は連続 3 日間にわたって行い, 第 1 日目に低難度課題 (Easy task, 以下 E T と略), 第 2 日目に高難度課題 (Difficult task, 以下 D T と略) を課した。E T, D T 共, 被験者は教示を受けながら 20 試行の予備練習を行い, その後, 1 セッション 75 試行で構成される練習を 3 セッション行った。セッション間には, 5 min の休憩を挿入した。報酬の教示を与えた第 3 日目は, 低難度課題 (Easy task with reward, 以下 E R と略) を 2 セッション, 次いで高難度課題 (Difficult task with reward, 以下 D R と略) を 2 セッション行った。両課題とも, 1 セッションの試行数は 60 回とした。このとき, 両課題の正反応数が前日までの平均正反応数を越えれば, その量に応じたボーナスを基本報酬に加算して支給する旨教示した。セッション間の休憩は, 第 2 日目までと同様にした。また E R から D R への移行時には, 10min の休憩を挿入した。

分析方法: EOG もしくはアーチファクトの混入している試行はすべて除き, シグナル・プロセッサ (日本電気三栄製, 7T18) を用いて EEG と運動反応を加算平均した。トリガには, 荷重変換器の立ち上がり出力を用いた。分析時間はトリガ前 3 s, トリガ後 1.5s, 計 4.5s とした。

R P の振幅は, Cz を対象にして運動反応前, 2000ms から 3000ms 間の平均電位を基線として, この基線から牽引荷重曲線の立ち上がり直前の最大

陰性頂点までの高さを μV 単位で計測した。RPの立ち上がり時点もms単位で、この基線から求めた。なお、C3'とC4'のRPは、CzのRP開始時点と同定する際に参考とした。運動反応は、立ち上がりから頂点までの時間をms単位で計測した。

結 果

各被験者のEEGをセッション別に加算平均した結果、3日間にわたる全てのセッションにおいてRPを示した被験者は、12名中11名であった。本報告ではこの11名（男子8名、女子2名）を処理の対象とした。

運動の正反応率と頂点時間

各作業条件における正反応率と、運動反応の立ち上がりから頂点までの時間：頂点時間を示したものがTable 1である。セッションの進行に伴う正反応率の増加はETに認められ、セッションの反復効果が有意であった($F(2,20) = 5.890$, $p < 0.01$)。DTでもセッションの進行とともに正反応率は漸増傾向を示したが、有意ではなかった。報酬の教示により、正反応率は報酬教示の無かった第1日目、第2日目に比べて上昇傾向を示

Table 1 Mean correct ratio and mean peak time of motor performance

Task Condition*	Correct Ratio(%)		Peak Time(ms)	
	Mean	SD	Mean	SD
ET	1	57.12 17.181	251.82 84.099	
	2	62.81 19.283	218.64 83.252	
	3	68.96 16.620	211.73 77.667	
DT	1	40.13 16.116	213.55 84.477	
	2	41.89 16.669	205.64 86.373	
	3	44.56 18.636	208.46 108.612	
ER	1	74.96 10.355	223.64 153.056	
	2	70.83 11.270	235.73 171.066	
DR	1	46.39 11.121	235.55 144.466	
	2	49.33 11.986	230.91 128.422	

*In this and subsequent figures; ET: easy task, DT: difficult task, ER: easy task with reward, DR: difficult task with reward.

したが、ETのセッション3とERのセッション1、DTのセッション3とDRのセッション1を比較した結果、いずれにも有意差は認められなかった。

セッションの進行に伴う頂点時間の短縮傾向はETにみられたが、統計的に有意ではなかった。ETとDTの間、ETとERの間、及びDTとDRの間にも有意差はなかった。

EEGの加算平均例

全被験者のEEGを、各セッション毎に加算平均した結果(Grand Mean)がFig. 2である。

Fig. 2 Grand average waveforms from Cz for 11 subjects in each experimental condition. Onset of motor performance is indicated by 0 on time axis.

Fig. 2でも明らかごとく、RPは運動開始前約1600ms～970msから徐々に陰性方向に立ち上がり、運動開始前約500ms付近からの傾斜はより急峻になっている。課題条件別にみると、セッションの進行につれて、RPの立ち上がり時点は、運動開始時点に接近する傾向がETに認められる。DTのRPは、ETのそれに比較して早期時点に立ち上がりを示し、セッションの進行と共に、立ち上がりがより早期時点へと移行している。ERのRPは、ETのそれよりもより早期に立ち上がりをみせている。さらにDRのRP立ち上がり時点は、他のすべての条件に比べてより早期から生じている。

RPの振幅と立ち上がり時間

各条件のRP振幅をセッション別に示したものが、Fig. 3である。ETとDTでは、セッション1よりもセッション2、3の方が振幅は小さいが、統計的に有意差はなかった。作業に慣れていないETとDTのセッション1を除いて各条件の振幅を比較したところ、いずれの間にも有意差はなかった。

Fig. 3 Group means of RP amplitude under each task condition.

Fig. 4は、RPの立ち上がり時間を各条件のセッション別に示したものである。各条件のセッション2の立ち上がり時間は、ETが 982 ± 210 ms, DTが 1300 ± 330 ms, ERが 1243 ± 314 ms, DRが 1580 ± 346 msであった。ETとDT, ETと

ER, DTとDR, ERとDRの各値を比較した結果、いずれにも有意差がみられた（それぞれ、 $t(10)=6.842$, $p<0.001$, $t(10)=4.763$, $p<0.001$, $t(10)=2.951$, $p<0.05$, $t(10)=4.368$, $p<0.005$ ）。各条件内では、ETのセッション1と3の間に有意な短縮が認められた（ $t(10)=2.286$, $p<0.05$ ）。DT, ER, DRでは、セッションの進行に伴い早期からの立ち上がり傾向を示したが、いずれも有意ではなかった。

Fig. 4 Group means of RP onset time under each task condition.

正・誤反応後のRP振幅と立ち上がり時間

各セッションの正・誤反応の推移を被験者毎に検討したところ、両反応は、数回ずつ連続して出現することが明らかとなった。そこで、正反応と

Fig. 5 Mean RP amplitude obtained from each trial immediately after good (correct) and bad (incorrect) motor performance.

誤反応がそれぞれ2回以上連続した直後の EEG を、各条件毎に選択して加算したところ、ET と DT では、正反応後と誤反応後の RP の振幅に一貫した関係はみられないが、報酬が付加された ER と DR では、振幅はいずれも誤反応後の方が正反応後よりも大きな傾向を示した。しかし、統計的に有意差はなかった (Fig. 5)

一方、RP の立ち上がりは、すべての作業条件で誤反応後の方が正反応後に比較してより早期に生じており、feedback 内容の違いが RP の開始時点に影響していたことがわかる (Fig. 6)。ET, DT, ER の各作業条件では、正反応後と誤反応後の差が有意であった (それぞれ、 $t(10) = 3.960$, $p < 0.005$, $t(10) = 5.534$, $p < 0.001$, $t(10) = 4.085$, $p < 0.005$)。しかし、DR には有意差がみられなかった。

Fig. 6 Mean RP onset time obtained from each trial immediately after good (correct) and bad (incorrect) motor performance.
G : after "Good", B : after "Bad".

考 察

ET セッションでは、練習につれて正反応率が統計的に有意に増大した。しかし運動反応の頂点時には短縮がみられなかった。これは本作業前の予備練習中に与えた、正確にかつすばやく引き金を引くように、という教示が、反応様式を統制した結果と考えられる。

EEG レベルでは、ET のセッション 1 から 3 にかけて、RP の立ち上がり時間が短縮した点に練習効果をみるができる。練習を重ねるにつれて RP の立ち上がり時間が運動開始時点に接近したことは、随意運動の発現に関与する中枢過程が、より効率の良いものへと変化したことを示唆するものであろう。Kristeva (1984) は、経験 20 年以上のピアニストを対象に、演奏時の EEG を測定した。このとき、単一音を反復指弾した場合の RP の平均立ち上がり時間は、運動開始前 466ms であった。この時間は、非熟練的な運動時に観察される RP (例えば Kornhuber & Deecke, 1965; Vaughan et al., 1968; Becker et al., 1976 では平均約 800-1000ms) のそれよりも短い。これは、Kristeva (1984) の被験者が、高度な習熟段階に到達していたことを物語るものであろう。また、ピアニストの 466ms という立ち上がり時間は、Shibasaki et al. (1980a) や柴崎 (1982) の NS', さらに Deecke, Heise, & Kornhuber (1984a) の Contralateral preponderance of negativity (CPN) とほぼ一致する。Shibasaki et al. (1980a) は、N1 成分を BP と NS' の 2 成分に分け、いずれも他動運動時には出現しないことから、両者は随意運動に特異的な成分であると報告している。そして、BP が運動の全般的な準備に関連する成分であるのに対し、NS' は当該運動に直接関連する運動皮質の準備状態を示す成分であるとしている (Shibasaki et al., 1980a; Shibasaki, Barret, Halliday, & Halliday, 1980b; 柴崎, 1982)。NS' が当該運動特有の成分であるとするれば、目的的な随意運動に十分習熟した段階では、運動に対する非特異的な準備時間に出現する BP 成分は短縮され、RP の開始時点は NS' の開始時点に収束するものと考えられよう。本実験で ET の練習進行中に観察された RP の立ち上がり時点の短縮が、NS' 相当部ではなく BP 相当部にみられたことは、この仮説を裏付ける事実である。

高い動機づけ事態や高難度課題では RP の振幅

が増大するという報告 (McAdam & Seales, 1969; Kristeva, 1984) や、学習性の課題と非学習性の課題では、前者の振幅が増大するという報告 (Taylor, 1978; Papakostopoulos, 1980) もあり、心理要因の関与と RP の振幅間に正の対応関係を認めた報告が多い。しかし、動機づけの付加事態よりも、単純作業中の方が RP 振幅は大きいという報告もあり (Deecke et al., 1984a), 知見の一致はみられていない。本実験では、条件間で RP の振幅に有意差がみられなかった。その原因は、手続きの項に記載したごとく、被験者に要請した運動速度の統制にあると思われる。目的を持った速い運動時の RP 振幅はほぼ一定に保たれるという報告 (岩瀬, 1973) は、条件間に振幅差が生じなかった本実験結果を考察する上で大いに参考となる。

課題の難易度の違いは、RP の開始時点の差となって現れ、DT では ET よりも RP が早期に出現した。RP の開始時点には運動速度が関与し、遅い運動では速い運動よりも、より早期から RP は立ち上がるという報告がある (岩瀬, 1974; Becker et al., 1976)。しかし、本実験においては、ET と DT の運動速度にはほとんど差はなかった。したがって、DT で RP の立ち上がりは早期に生じたのは、作業遂行中に課題の難度が前日より高いと認識され、運動遂行に対する心的構えが変化したこと起因したものと考えられる。岩瀬 (1973, 1974) は、同じ運動速度でも、目的を持って行われるときには、そうでないときに比べて RP の立ち上がり開始が早いこと；目的的な運動では、運動速度に関係なく RP の開始時点はほぼ等しく、しかも無目標の運動時に比べてより早期から生じると報告している。また、Kristeva (1984) は、ピアニストが単音とメロディーを指弾したときの RP を比較し、メロディー指弾時の方が RP はより早期から現れたと報告している。これらの報告は、いずれも運動に対する心的構えが、RP 開始時点に影響すること

を示唆するものであり、本実験の結果もこれと一致する。

報酬の支給が知らされた 3 日目には、Fig. 4 に示したように、ER, DR とも ET, DT に比較して RP の立ち上がり開始はそれぞれ早まった。特に第 1 日目の ET では、セッションの進行につれて立ち上がり時間が短縮したのに対し、ER ではセッション 1 から 2 へと、立ち上がり開始はわずかに早くなったことが注目される。同様な傾向は DT と DR のセッションにもみられた。報酬指示による動機づけの高まりと作業遂行に対するより慎重な構えの形成が、これらの結果をもたらしたものと推察される。

運動学習において、反応結果の feedback は結果の知識 (knowledge of result, KR) ともいわれ、運動学習を効果的に行うためには不可欠の要因とされている (Ammons, 1956)。また、単に反応の正誤を知らせるよりも、目標値に対するずれの大きさや方向性を feedback する方がより効果的であるとも指摘されている (Payne & Hauty, 1955)。本実験では、過大・最適・過小の 3 種の feedback を呈示し、反応強度の制御に関する具体的な情報を与えるものであった。このような条件下では、正反応後と誤反応後とは、次の反応に対する心的構えに、当然差異が生じるものと予測される。正反応の連続時には、直前の反応強度を再現すればよいが、誤反応の連続事態では、試行毎に反応強度の計画的修正が要求されることになる。正反応の連続後よりも、誤反応の連続後に認められた RP の早期立ち上がり (Fig. 6) は、このような心的構えの反映と理解できよう。

RP と CNV は、ほぼ同時期に発見された類似の現象であることから、その異同について関心が持たれてきた (McAdam & Rubin, 1971; Kristeva et al., 1987)。両現象の相違点は次の 4 つに要約されている (Deecke & Kornhuber, 1977)。(1) 単純で速い手指運動時の RP は、頭頂部に最大振幅を示すが、CNV は前頭部に最大振幅を示す。(2)

CNV は、言語刺激あるいは言語反応が使用された場合を除き、正確に左右対称性に生じる。一方 RP は、頭頂部では左右対称であるが、前中心部では運動前 400~300ms において、運動肢の対側皮質の電位がやや高い。(3) RP は徐々に振幅が増大するが、CNV の振幅は急激に増大する。(4) 通常、RP は CNV よりもやや低振幅である。これらの相違点はあるものの、CNV の後期成分には RP が含まれると考えられている (Brunia & Vingerhoets, 1981; Deeke et al., 1984b)。また、CNV 後期成分には、期待、意欲、動機づけ、注意等の心理変数の関与が知られており (McCallum & Knott, 1973; Rockstroh, Elbert, Birbaumer, & Lutzenberger, 1982)、同様に RP にも、動機づけ、注意、意欲等の心理変数の関与が指摘されている (McAdam & Seales, 1969; Kristeva, 1984; Becker et al., 1972; 岩瀬, 1973)。本報告でも、課題の難易度、報酬による動機づけ、feedback に基づく心的構えの変化が RP に影響することを明らかにした。このことは、CNV の後期成分と同様な心理要因が、RP にも含まれるという考えを支持するものである。

本実験では、Vaughan et al. (1968) のいう P1 成分と N2 成分を同定できなかった。その原因は、トリガ信号の選択と加算回数に求めることができない。本実験では、荷重変換器から生じた電気信号をトリガに用いた。この方法では、筋電図の開始時点よりも通常約 30ms 遅れるとの報告もある (岩瀬, 1974)。単一指の屈曲運動と比べると (Kato & Tanji, 1972)、本報告で用いた運動にはより多くの筋活動が含まれており、それをさらに電気的に変換して求めた本法のトリガが、真の運動開始時点の同期性を歪めた可能性は否定できず、結果的には P1, N2 を検出することができなかったものと推察される。また、N1, P2 成分は 50 回程度の加算で得られるが、P1, N2 成分を得るには 100~200 回の加算が必要とされている (柴崎, 1975; 柿木・柴崎, 1983)。本実験では、アーチ

ファクトの混入試行を除いた 1 セッションの加算回数が 25~50 回であった。P1, N2 成分を同定不能にした原因は、この少ない加算回数にあったかもしれない。しかし、P1 と N2 の出現率はそれぞれ 60% 程度という報告 (Shibasaki & Kato, 1975; Shibasaki et al., 1980a) もあり、健常者のすべてに観察されるわけではないことを付記しておきたい。

本研究では、学習の生起に伴い RP の立ち上がり時間が短縮し、心的構えの変化により RP の早期立ち上がりが見らくなった。これらの結果から、RP は単一の心理要因の反映ではなく、従来から指摘されてきた一般的な運動準備状態や意欲、動機づけなどの心理変数以外に、構えや努力などの心理要因を反映するものと解釈された。

(注 1) 難易度の高低は、予備実験の結果に基づいて決定した。このとき、正反応となる牽引荷重強度の範囲が、 $1758 \text{ g} \pm 195 \text{ g}$ で、平均正反応率が 60% 程度になるものを低難度課題、 $1758 \text{ g} \pm 78 \text{ g}$ で、平均正反応率が 40% 程度になるものを高難度課題とした。

牽引荷重強度の範囲を示す数値が細かな値になっているのは、荷重変換器の出力 (最大 5 V) と、それを弁別するために用いた A/D 変換器の解像度 (8 ビット) のためである。

引用文献

- Ammons, R. B. 1956 Effects of knowledge of performance : a survey and tentative theoretical formulation. *J. Gen. Psychol.*, 54, 279-299.
- Becker, W., Hoehne, O., Iwase, K., & Kornhuber, H. H. 1972 Bereitschaftspotential, Prämotorische Positivierung und andere Hirnpotentiale bei sakkadischen Augenbewegungen. *Vision Res.*, 12, 421-436.
- Becker, W., Iwase, K., Jürgens, R., & Kornhuber, H. H. 1976 Bereitschaftspotential preceding voluntary slow and rapid hand movement. In W. C. McCallum, & J. R. Knott (Eds.), *The*

- Responsive Brain*. J. Wright & Sons. Bristol. Pp. 99–102.
- Brunia, C. H., & Vingerhoets, A. J. J. M. 1981 Opposite hemisphere differences in movement related potentials preceding foot and finger flexions. *Biol. Psychol.*, 13, 261–269.
- Deecke, L., Scheid, P., & Kornhuber, H. H. 1969 Distribution of readiness potential, premotion positivity, and motor potential of the human cerebral cortex preceding voluntary finger movements. *Exp. Brain Res.*, 7, 158–168.
- Deecke, L., Becker, W., Grozinger, B., Scheid, P., & Kornhuber, H. H. 1973 Human brain potentials preceding voluntary limb movements. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 33 (Suppl.), 87–94.
- Deecke, L., Grözinger, B., & Kornhuber, H. H. 1977 Voluntary finger movement in man : Cerebral potentials and theory. *Biol. Cybernet.*, 23, 99–119.
- Deecke, L., & Kornhuber, H. H. 1977 Cerebral potentials and the initiation of voluntary movement. In J. E. Desmedt (Ed.), *Progress in Clinical Neurophysiology*, Vol. 1, *Attention, Voluntary Contraction and Event-related Cerebral Potentials*. Karger, Basel. Pp. 132–150.
- Deecke, L., Heise, B., Kornhuber H. H. Lang, M., & Lang, W. 1984a Brain potentials associated with voluntary manual tracking : Bereitschaftspotential, conditioned premotion positivity, directed attention potential, and relaxation potential; Anticipatory activity of the limbic and frontal cortex. *Brain and Information : Event-related Potentials*, Ann. N. Y. Acad. Sci., 425, 450–464.
- Deecke, L., Bashore, T., Brunia, C. H. M., Grunewald-Zuberbier, E., Grunewald G., & Kristeva, R. 1984b Monement-associated potentials and motor control : Report of the EPIC VI motor Panel. *Brain and Information : Event-related Potentials*, Ann. N. Y. Acad. Sci., 425, 398–428.
- Gilden, L., Vaughan, H. G. Jr., & Costa, L. D. 1966 Summated human EEG potentials with voluntary movement. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 20, 433–438.
- 岩瀬勝彦 1973 準備電位と意欲 臨床脳波, 15, 702–706.
- 岩瀬勝彦 1974 準備電位と随意運動の速度 臨床脳波, 16, 300–303.
- 柿木隆介・柴崎 浩 1983 運動関連脳電位 臨床脳波, 25, 505–514.
- Kato, M., & Tanji, J. 1972 Cortical motor potentials accompanying volitionally controlled single motor unit discharges in human finger muscles. *Brain Res.*, 47, 103–111.
- Kornhuber, H. H., & Deecke, L. 1965 Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 284, 1–17.
- Kristeva, R. 1984 Bereitschaftspotential of pianists. *Brain and Information : Event-related Potentials*. Ann. N. Y. Acad. Sci., 425, 477–482.
- Kristeva, R., Jankov, E., & Gantchev, G. 1987 Differences in slow potentials in Bereitschaftspotential and contingent negative variation producing situations. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, Suppl. 40, 41–46.
- McAdam, D. W., & Seales, D. M. 1969 Bereitschaftspotential enhancement with increased level of motivation. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 27, 73–75.
- McAdam, D. W., & Rubin, E. H. 1971 Readiness

- potential, vertex positive wave, contingent negative variation and accuracy of perception. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 30, 511—517.
- MaCallum, W. C., & Knott, J. (Eds.) 1973 Event-related slow potentials of the brain ; their relations to behavior. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 33 (Suppl.).
- Papakostopoulos, D. 1980 A no-stimulus, no-response, event-related potential of the human cortex. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 48, 622—638.
- Payne, R. B., & Hauty, G. T. 1955 Effects of psychological feedback upon work decrement. *J. Exp. Psychol.*, 50, 342—351.
- Rockstroh, B., Elbert, T., Birbaumer, N., & Lutzenberger, W. (Eds.) 1982 *Slow Brain Potentials and Behavior*. Urban & Schwarzenberg, Baltimore. Pp. 12—22.
- 柴崎 浩 1975 運動関連脳電位—記録法ならびにその意義に関する知見の総括— 臨床脳波, 17, 275—285.
- 柴崎 浩 1982 運動関連脳電位 脳波と筋電図, 10, 90—95.
- Shibasaki, H., & Kato, M. 1975 Movement-associated cortical potentials with unilateral and bilateral simultaneous hand movement. *J. Neurol.*, 208, 191—199.
- Shibasaki, H., Barrett, G., Halliday, E., & Halliday, A. M. 1980a Components of the movement-related cortical potential and their scalp topography. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 49, 213—226.
- Shibasaki, H., Barrett, G., Halliday, E., & Halliday, A. M. 1980b Cortical potentials following voluntary and passive finger movements. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 50, 201—213.
- 下河内稔 1981 事象関連電位 (Ⅲ) 臨床脳波, 23, 809—818.
- Taylor, M. J. 1978 Bereitschaftspotential during the acquisition of skilled motor task. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 45, 568—576.
- Vaughan, H. G. Jr., Costa, L. D., Gilden, L., & Schimmel, H. 1965 Identification of sensory and motor components of cerebral activity in simple reaction-time tasks. *Proc. 73rd Conv. Amer. Psychol. Assoc.*, 1, 179—180.
- Vaughan, H. G. Jr., Costa, L. D., & Ritter, W. 1968 Topography of the human motor potential. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 25, 1—10.
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C., & Winter, A. L. 1964 Contingent negative variation : An electric sign of sensori-motor association and expectancy in human brain. *Nature*, 203, 380—384.