 原 著

牽引負荷による脊髄誘発電位の変化と 脊髄内血流量の変化

Changes of Spinal Cord Evoked Potential and Spinal Cord Blood Flow in Spinal Cord Traction

伊 藤 謙 三*

KENZOU ITOH, M. D.

脊髄機能を知る方法として脊髄誘発電位の測定の必要性は、脊椎外科の進歩と共に高まりつつある。この電位の変化に脊髄内血流量が、いかに関与しているかを知るために以下の実験を行った。ネコ脊髄を用い、長軸方向への牽引負荷を加えることによる、脊髄誘発電位の変化と血流量の変化を検討した。脊髄誘発電位はL1硬膜外後面より刺激し、C2硬膜外後面で記録する上行性の波型の観察を行った。刺激強度は閾値の2倍から3倍とした。血流量は水素クリアランス法により、頸椎後索部位にて経時的に記録を行った。脊髄誘発電位は基本的には二つの波型から構成されている。負荷を加えることにより、潜時の延長傾向、波型持続時間の延長を認める。さらに負荷を加えることにより、大多数に一過性波高増大を認める。これに引き続き、急に波型の消失傾向を認める。血流量は非負荷時平均10.3 ml/min/100 gであった。一過性波高増大時には、血流量は約50%となっている。波型消失時には血流を認めない。また、脊髄波の変化を4群に分け、非可逆性の変化を検討した。一過性波高増大は注意信号であり、続いておこってくる波高の減少、約50%までの変化が脊髄誘発電位の可逆性の変化と思われた。

索引用語：脊髄誘発電位、脊髄血流量、水素クリアランス法

Key words : spinal cord evoked potential, spinal cord blood flow, hydrogen clearance method

実験目的

脊椎外科の進歩と共に、手術時脊髄機能の安全性確保のためのモニタリングの一法として、脊髄誘発電位 (spinal cord evoked potential 以下 S. C. E. P. とする) の測定の必要性が高まり、その占める位置は大きくなりつつある。脊髄への急性

の機械的侵襲による麻痺発生には、血流障害も大きく関与しており、S. C. E. P. の変化も血流障害のための脊髄機能の変化を反映するものと考えられている。そこで筆者は、S. C. E. P. と脊髄血流状態の相関を知るために本実験を行うこととした。

脊髄の循環状態を観察する方法としては、選択的血管撮影・microangiography・蛍光血管撮影などがあるが、局所の血流動態の変化を詳しくみるには不適である。局所の血流量を測定する手段としては、microsphere 法・熱電対による方法・各種ガスクリアランス法等がある。ただし、熱電対による方法では血流の絶対量は計測できない。血流

*産業医科大学整形外科
 Department of Orthopaedic Surgery,
 University of Occupational
 and Environmental Health
 (May 29, 1985受付)

図1 実験シエマ

図2 白金電極と硬膜外電極

量測定の方法として、著者は水素クリアランス法を用いた。

著者は、ネコ脊髄に体軸方向への牽引負荷を加えたときの S. C. E. P. の変化と、水素クリアランス法による脊髄血流量 (spinal cord blood flow, 以下 S. C. B. F. とする) の変化について検討を加えた。また、ある一定の刺激条件の場合に、一過性血高増大 (augmentation) を認めるという報告もあり¹⁾、これが血流量増大によるものか、脊髄自体の閾値の低下によるものかについても考察を行った。

実験方法

体重2.2 Kg から4.8 Kg までのネコ25匹を使用した。ケタミン筋注 (10~20 mg/Kg) 後、気管切開を施し、人工呼吸器 (ナリシゲ製SN-480-5) を通し room air を吸入させ、途中に設置したエーテル気化装置を通して全身麻酔をして呼吸管理を行った。頸部前方侵入法により頸椎C5/6間椎間板を一部椎体を含めて亜全摘、一方血圧測定用動脈カテーテルを股動脈から挿入後、日本光電社製多用途プリアンプに接続し、持続的に血圧測定を行った。次に、ネコを腹臥位とし、ナリシゲ製脳定位固定器に頭蓋を固定、骨盤にフックをかけ、体軸方向への牽引負荷をかけられるようにした。頸椎および腰椎の椎弓切除後、頸椎C2および腰椎L1硬膜正中後表面にそれぞれ導出電極・刺

激電極を置き、上行性の S. C. E. P. を測定した。なお電極には、硬膜外カテーテルの先端に 5 mm の間隔で幅 1 mm のプラチナ線を巻きつけた双極電極を使用した。刺激は持続時間0.2 m sec 2 Hz、強さは閾値の2~3倍とした。記録はメデレックス社製モジュール型筋電計を用い、36回平均加算とした。非動化にはミオブロックを使用した。

頸部椎間板切除部に一致した脊髄後面で、顕微鏡下に硬膜切開後 UH メーター PHG 201 (ユニークメディカル社製) 電極80 μ m (白金) を後索部に刺入し、脊髄血流量を測定した。不関電極としては塩化銀付皿型電極 (ユニークメディカル社製 UHE001) を使用し、背部筋層内へ埋没した。水素ガスは人工呼吸器回路内にて約10%濃度とし、1回につき3分から5分間混入。水素クリアランスカーブを自動平衡型記録計にて記録した。血流量測定法としては、クリアランス値を対数グラフ用紙にプロットし半減期を求め、initial slope 法にて算出した。

体軸方向への荷重は20分間隔で1 Kg ずつ増加させ、この時の S. C. E. P. と S. C. B. F. の変化をみた。なお波型の変化傾向の最終段階では、各症例により加重負荷時間を適宜変えた。実験中脊髄の乾燥を防ぎ、生理的状態を保つため、露出脊髄部位には流動パラフィンを滴下した。

図3 水素クリアランスカーブと血流の算出法

図4 脊髄後索部白金電極(80 μ m)刺入部周囲への圧排像を認めるも血塊等は認めない

脊髄へのプラチナ電極刺入の影響について：脊髄への電極刺入前後の S. C. E. P. の変化を全例について観察しているが、特に S. C. E. P. の変化は認めなかった。また、病理組織学的には図4のごとく、針先刺入部に一致して後索部の組織欠損・圧排像を認め、周囲に軽度の炎症反応を認めた。しかし組織欠損部の血塊等は認められなかった。

結 果

上行性脊髄誘発電位 (S. C. E. P.) の変化について：基本的には二つの陰性電位が全例にみられた。第1電位は波高が比較的大きく、持続時間が

短い(1 m sec 以内)。それに引きつづきみられる第2電位は、第1電位に比し波高は小さいものが大多数で持続時間は長い(1 m sec 以上)。その後続く小さな多相性の活動電位も得られるが、症例により異なる。第1電位は主に後側索由来の、また第2電位は後索由来のものが大部分をしめるといわれている。荷重負荷による波型の変化についてみたものが表1であるが、引っぱり荷重を増大することにより、まず次第に潜時の延長傾向が認められ、次に波型持続時間の増大を認めるようになる。潜時は control の約250%まで延長を認めたものもあった。波型消失傾向前の一過性波高増大は25例中20例に認められ、明らかな波高増大としうる control の1.5倍以上の波高増大を認めたものは15例であった。さらに荷重することにより、波高の減少と共に波型の多様化した変化が表われ、S. C. E. P. の消失傾向が認められる。S. C. E. P. 消失以前に、ひっぱり荷重を解除したものは13例である。13例中 control 波、または control 波に近い波型に復したものは10例であった。また、全く S. C. E. P. の消失した後、ひっぱり荷重を解除したものは12例あり、この群で control 波、または、control 波に近い波型に復したものは3例であった。なお、この3例はいずれも、波型消失後比較的短時間(10分以内)にて負荷を解除した症例であった。荷重解除直後の S. C. E. P. の変化をみる

表1 荷重負荷による S. C. E. P. の変化

cat	weight (kg)	latency %	augmentation		amplitude at maximum traction			S. C. E. P. after release		S.C.B.F. record
			traction (kg)	%	traction (kg)	time(min)	%		amplitude (%)	
1	3.0	150	6	150	8	10	50	control	100	
2	2.8	157	8	183	11	20	0	disappear	0	
3	4.8	147		(-)	14	25	0	small wave	10	
4	4.8	140		(-)	14	30	0	small wave	10	○
5	3.0	177	11	175	12	40	0	disappear	0	○
6	2.2	157	9	140	11	5	50	control ↑	115	○
7	4.2	190	12	163	16	30	30	medium wave	33	○
8	3.4	164		(-)	11	30	10	small wave	10	○
9	2.8	167	8	158	10	25	0	medium wave	60	
10	2.7	115	8	125	11	30	0	small wave	10	○
11	3.5	136	11	133	13	8	30	control	100	
12	3.6	186	12	164	13	10	45	control ↑	150	
13	4.2	164	13	166	15	5	0	control like	100	○
14	4.0	117	8	167	11	30	0	small wave	5	
15	2.8	140	8	150	9	10	50	control ↑	160	○
16	3.2	250	9	120	11	15	0	disappear (B.P.I.)	0	○
17	2.2	157	8	143	11	10	0	control like	100	○
18	3.8	159		(-)	15	30	0	small wave	30	
19	3.5	140	10	167	12	5	0	control	100	
20	4.0	142		(-)	13	30	30	small wave	30	
21	3.1	150	7	157	9	10	55	control	100	○
22	3.3	135	8	200	10	5	10	control ↑	120	○
23	3.0	125	7	150	9	20	50	control	100	○
24	2.8	150	8	150	11	10	30	control	100	○
25	3.2	180	8	186	11	20	29	control	100	○
mean	3.4	156	156	(20cases)				*control 100%	*control 100%	
								*control 100%	*control 100%	

と、25例中4例に control 波より大きな波型が出現した。S. C. E. P. の荷重による変化を1) 一過性波高増大を示さない群、2) 一過性波高増大を示すが荷重解除直後に control 波に復さず、小さな波型しか得られない群、3) 一過性波高増大を示し、かつ荷重解除後に control 波に復した群、4) 一過性波高増大を示し、かつ荷重解除直後に control 波より大きな波型の出現をみた群の4群に分け比較検討した。1) 群の5例は比較的血压のバラツキがみられ、また麻酔深度が深かった症例であった。2) 群の原型に復さない原因として、

一過性波高増大後の荷重負荷が比較的大きいことと、その後の負荷を長時間かけたことがあげられる。3), 4) 群には負荷のかけ方、解除の仕方には有意の差がなく、荷重解除後の大きな波型の原因については不明である。しかし、この時の血流量は control の70%から95%程度であり、一過性波高増大の一種として考えてよいのではないかと思われた。

図5 一過性波高増大を示さなかった群

図7 一過性波高増大を示し、荷重解除後原型に復した群

図6 一過性波高増大を示すが荷重解除後原型に復さなかった群

図8 一過性波高増大を示し、かつ荷重解除後に原型より大きな波型の出現をみた群

表2 荷重負荷による血流量の変化

(特に波型変化時における血流量について)

cat	control (ml/min/100g)	traction					after release
		6kg	8	10	12	14	
4	8.2				3.9 (48%)		(-)
5	10.8			6.8 (63%)			7.5 (69%)
6	12.8		6.8 (53%)				12.8 (100%)
7	10.7				3.9 (36%)	2.1 (20%)	8.5 (79%)
8	7.9	6.8 (86%)	5.4 (68%)	4.9 (62%)			(-)
10	11.2	6.3 (56%)	5.5 (49%)	0 (0%)			(-)
13	13.3	8.2 (62%)	5.9 (44%)		5.7 (43%)	0 (0%)	10.8 (81%)
15	8.0		5.0 (63%)				7.7 (96%)
16	7.9		3.7 (47%)	0 (0%)			(-)
17	8.5		4.9 (58%)	4.9 (58%)	0 (0%)		7.7 (91%)
21	9.8	4.9 (50%)	2.6 (27%)				(-)
22	11.7	8.8 (75%)	3.8 (35%)	0 (0%)			8.6 (74%)
23	11.2	6.2 (55%)	5.8 (52%)	3.3 (29%)			8.3 (74%)
24	10.8	6.2 (57%)	4.8 (44%)		2.3 (21%)		8.5 (77%)
25	11.8		6.2 (53%)		1.2 (10%)		8.8 (75%)

mean : 10.3ml/min/100g
(control)

maximum augmentation

maximum traction | amplitude disappeared

牽引負荷による血流量の変化について：水素クリアランス法による血流量の変化を測定できたものは15例である。特に一過性波高増大時の血流量の変化について観察を行った。血流量測定部位としては、頸椎椎間板亜全摘に一致する頸髄膨大部後索にて測定を行った。

非荷重時の血流量は7.9 ml/min/100 g より13.3 ml/min/100 g であり、平均10.3 ml/min/100 g であった。

15例中13例に S. C. E. P. の一過性波高増大が認められ、この時の血流量は control の35%より63%、平均49.6%であった。波型消失時の血流量の測定は3例に行っているが、いずれも水素クリアランスカーブが導出できず、血流が全く途絶した状態と考えられた。

S. C. E. P. の変化と S. C. B. F. の変化について：S. C. E. P. と S. C. B. F. は、お互いに密なる関係を持って変化することがわかる。血流量が

図9-1

図9-2

図9 cat No24の白金電極刺入部より1 cm 頭側(図9-1), 尾側(図9-2)

後索部の組織像牽引負荷による組織の変化は認めない

control の60%くらいまでは S. C. E. P. の変化は起こらないが, 50%ぐらいになると, S. C. E. P. の一過性波高増大が起こってくる. さらに荷重し血流量の低下を認めると, 急速に S. C. E. P. の振幅の低下を認めるようになる. つまり脊髄機能の異常な状態に近づいてくるのであろう. 血流量が0になると S. C. E. P. も全く消失する. また, 比較的早く(10分以内に)荷重負荷を解除すると血流量の回復と共に, S. C. E. P. は回復が認められるようになる. 長時間荷重負荷を行った2)群では, 血流量が回復しても S. C. E. P. は原型に復さず, 脊髄そのものが非可逆性の変性を起こしたものと考えられる.

病理学的変化について: S. C. E. P. の可逆性の変化を示した cat 24の針先刺入部より, 約1 cm づつ頭側部・尾側部の脊髄の切片をみたのが, それぞれ図9-1・図9-2であるが, 正常の組織像を呈しており, 牽引負荷による影響は認めない. 以下実際の実験例を呈示する.

実験例

Cat 13: control 波にて2峰性の S. C. E. P. を認め, S. C. B. F. は13.3 ml/min/100 gであった. 牽引負荷11 Kg までは血流量の低下を認めるも, S. C. E. P. の変化はなかった. 12 Kg 負荷にて第

1 電位の20%の波高増大を認めた. 13 kg にて第1位の66%の波高増大を認めた. この時の血流量は5.7 ml/min/100 g (control の43%)であった. さらに1 Kg 負荷することにより, 急に波高減少傾向を認めた. 15 Kg 5分間の負荷にて, ほぼ波型の消失を認めたため, 牽引負荷を解除. 解除直後に control 波とほぼ同様の波型に復した. S. C. B. F. は10.8 ml/min/100 g (control の81%)であった.

Cat 23: control 波にて大きな第1電位と小さな第2電位を認めた. 血流量測定電極刺入にても S. C. E. P. の変化はなかった. S. C. B. F. は11.2 ml/min/100 g であった. 6 Kg 負荷にて波高増大

図10 実験例 (Cat 13の牽引負荷時の S. C. E. P. 波型と S. C. B. F.)

図11 実験例 (Cat 23の牽引負荷時の S. C. E. P. 波型と S. C. B. F.)

傾向をみ、7 Kg 負荷にて50%の波高増大を認めた。この時の S. C. B. F. は5.8 ml/min/100 g (control の52%)であった。さらに負荷を増して行くと9 Kg 負荷直後より S. C. E. P. の波高減少傾向を認め、9 Kg 20分間で約50%の減少を認めた。S. C. B. F. は3.3 ml/min/100 g であった。直ちに負荷を解除することにより control 波に復した。S. C. B. F. も8.3 ml/min/100 g (control の74%) にまで復した。

考 案

脊髄電位の記録は1933年 Gasser²⁾がネコの後根を刺激し、脊髄背面より S. C. E. P. を記録したのが最初である。人間での記録は、1946年 Pool³⁾が脊髄損傷患者の脊髄内へ電極を刺入し、脊髄自発活動電位を記録している。1951年 Magladery ら⁴⁾は、脛骨神経を刺激して誘発される活動電位を、腰部膨大部クモ膜下腔に挿入した電極により導出しており、脊髄内伝導速度を計測している。1971年下地ら⁵⁾は、平均加算装置を用いれば、脊髄波以外の成分を比較的除去できることを示し、硬膜外腔から容易に S. C. E. P. を導出できることを報告した。以来、S. C. E. P. の記録には平均加算装置が広く用いられるようになった。末梢神経を刺激し脊髄部位にて記録する方法は、当然、脊髄電位以外に根電位などが混入するわけであるが、これを除外すべく、1972年玉置ら⁶⁾、黒川ら⁷⁾は脊髄

を直接刺激し、S. C. E. P. を記録した。玉置らは電極をクモ膜下腔に、黒川らは電極を硬膜外腔に置き、記録を行っている。1973年 Cracco⁸⁾は、平均加算装置を用い高頻度加算すれば、末梢神経刺激により、脊髄背面皮膚上での S. C. E. P. の記録が可能であると報告している。しかしこの方法は、外科的侵襲を加えないで行えるという利点はあるが、脊髄波以外の成分を拾う可能性が大であり、脊髄波の小さな成分の分析には適さない方法と思われる。

伝導性の S. C. E. P. の分析は、平均加算装置導入以来諸家によりなされてきており、本実験でも示されたとおり、基本的には二つの成分波よりなることが確立されつつある。二つの成分の由来としては、1976年、今井⁹⁾の脊髄部分切断実験によると、後索切断にて第2電位の消失を認め、また、側索切断にて第1電位の消失を認めるとしている。つまり、第1電位は主に側索由来のものであり、第2電位は後索由来のものであろうと推論されている。しかし、波型の型やその他の成分波の分析に関しては、諸家により多少の違いがある¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。これは刺激条件の違い、導出方法の違いなどにより波型の変化をみるためと思われる。また、各成分の名称のつけ方に関しても報告者によりまちまちであるのが現状である。

S. C. E. P. の臨床面への応用は、現在のところ術中の脊髄モニタリングとしての活用が一般的であるが、その他、脊髄損傷の病態や程度を評価し、緊急手術の適応の決定への利用方法、脊髄腫瘍などの責任病巣部位の決定等にも利用されつつある。1978年坪川ら¹³⁾は、20例の脊髄損傷患者に応用し、S. C. E. P. の導出できたものは予後が良く、導出できなかったものは予後が悪かったと報告している。

脊髄のモニタリングとしての S. C. E. P. の変化は、どの程度までが非可逆性の変化であるか諸家の議論のある所であるが、本実験では一過性波高増大時には、血流量はすでに control の約50%しか保たれておらず、すでにかなり危険な状態と考えられる。今回の波型の分析からは、一過性波高増大に続いて比較的短時間に起こってくる波型の

消失傾向時、少なくとも control 波の50%までの波高の変化が、波型成分だけの分析では可逆性の変化ではないかと考えている。

S. C. B. F. について：水素クリアランス法は、1951年 Kety¹⁴⁾が水素による組織血流量測定理論式を発表し、1956年 Misrahy¹⁵⁾は脳局所血流量を測定した。1960年 Clack¹⁶⁾は心臓奇形での左右短絡を知る方法として利用した。1964年になり、Aukland¹⁷⁾により、腎・心筋・骨格筋の局所血流量が定量的に測定され、血流量を測定する手段として確立されたものである。

今回、著者は水素クリアランス法を使用して S. C. B. F. を測定したわけであるが、利点として、安価である、体内では不活性物質であり無害である、radioisotope法にくらべ煩雑さが無い、30分程度の間隔で再度くり返し測定できる、水素分子は小さなもので、すみやかに肺より拡散される等があげられる。欠点として、直接組織へ針を刺入するため、組織学的には多少の損傷を伴うことなどがある。著者は当初径50 μ mの針を使用した、が、確実な刺入固定が困難であり、現在では80 μ m針を使用している。80 μ mでも硬膜外から直接刺入すると、針先の曲がりやすいため、顕微鏡下に硬膜切開後刺入し、固定を行っている。

脊髄後索部での血流量は、文献上、1955年 Landau¹⁸⁾は14.0 ml/min/100 g (cat), 1973年 Griffiths ら¹⁹⁾は15.7 ml/min/100 g (dog), 1975年 Kobrine²⁰⁾は17.5 ml/min/100 g (monkey), 1981年中村ら²¹⁾は11.4 ml/min/100 g (cat) としている。動物もさまざまであり、測定部位の違いもあり、いちがいにはいえないが、著者の10.3 ml/min/100 g より多少多い傾向にある。一般的に radioisotope を使用した microsphere 法の方が、水素クリアランス法より血流量が高値に出る傾向があるといわれている²²⁾。

一過性波高増大について：S. C. E. P. 消失傾向前に一過性波高増大を認めるとの報告は、1977年玉置らの報告が最初である。実験開始時、著者は、この時期の S. C. B. F. の増加もありうるかもしれぬとの考えのもとに実験を開始した。1970年

Palleske ら²³⁾によると、脊髄圧迫解除直後には、5分以内に一時的に血流量が増加したことを報告している。この一過性波高増大は刺激条件を、閾値の2倍から3倍以内の弱い刺激にした場合にしか起こらない。今回の実験では、脊髄への負荷を加えると、S. C. B. F. は漸次減少傾向にあり、一過性波高増大時には control の約50%の血流量しか存在しなかった。一過性波高増大の原因としては、Marubashi²⁴⁾、飯塚ら²⁵⁾が述べているように、神経線維の閾値の低下や、刺激に反応して発射する線維数の増加等の考えが受け入れやすい。

脊髄機能と S. C. B. F. について：S. C. E. P. 消失時の S. C. B. F. は全く計測できないことから、やはり脊髄機能を反映すると考えられる S. C. E. P. の変化には血流が関与しており、血流の途絶をもって、S. C. E. P. の消失を認める。

荷重解除後に再び S. C. E. P. の出現をみたものでは、S. C. B. F. も十分回復しており、非可逆的な脊髄構造の変化出現以前に血流の再開できたものは、一応脊髄機能が保たれているのではないかと思われた。本実験では波型消失後10分以内に加重負荷を解除した群は、十分元の波型に回復しているが、15分以上加重負荷を続けた群は原型に復していない。S. C. B. F. の長時間の途絶が続くと、脊髄自体の変性が起こり、再び血流が再開されても永続的な脊髄機能の欠損が起これると思われる。

急性の脊髄負荷には血流の減少が深く関与しており、まず一義的には血流途絶による脊髄機能低下が起こり、続いて脊髄そのものの変性が起こってくるものと推論できる。

しかし、1981年中村ら²¹⁾は、慢性の圧迫実験にては脊髄機能の低下をきたしても、血流は保たれており、慢性の脊髄損傷には血流は関係ないとしている。急性の脊髄損傷と慢性の脊髄損傷とでは、麻痺発生の機序は異なると思われる。

ま と め

1) 牽引負荷による急性の脊髄損傷には、血流量の低下が大きく関与しているものと思われた。

2) S. C. E. P. と S. C. B. F. の変化は、互い

に密なる関係を持って変化した。

3) 一過性波高増大 (augmentation) は、脊髄血流量が正常の約50%の時に認められた。

4) 脊髄への15分以上の血行遮断が続くと、脊髄機能の非可逆性の変化へと進行するものと思われる。

稿を終えるにあたり、懇切なるご指導とご校閲を賜った順天堂大学医学部青木虎吉教授・山内裕雄教授、産業医科大学鈴木勝己教授に深甚なる感謝の意を表します。

(本研究の一部は、昭和57年度文部省科学研究費補助金によりなされた。なお本稿の要旨は、第55回日本整形外科学会総会において発表したものである。)

文 献

- 1) 飯塚 正, 他: 阻血時に見られる脊髄誘発電位, および末梢神経誘発電位に関する実験的研究. 日整会誌, **56**: 163~170, 1982
- 2) Gasser, H. S. and Graham, H. T.: Potentials produced in the spinal cord by stimulation of dorsal roots. *Amer. J. Physiol.*, **103**: 303~320, 1933
- 3) Pool, J. L.: Electrospinogram (ESG). *J. Neurosurg.*, **3**: 192~198, 1946
- 4) Magladery, J. W., Polter, W. E., Park, A. M. and Teasdall, R. D.: Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. IV. The two-neuron reflex and identification of certain action potentials from spinal roots and cord. *Bull. Johns Hopkins Hosp.*, **88**: 499~519, 1951
- 5) Shimoji, K., Higashi, H. and Kano, T.: Epidural recording of spinal electrogram in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* **30**: 236~239, 1971
- 6) 玉置哲也, 他: 脊髄モニタリング法—動物実験による基礎的データを中心として(抄). 脳波と筋電図, **1196**, 1972
- 7) 黒川高秀: 硬膜外腔における脊髄刺激による誘発電位. 脳波と筋電図, **1**: 64~66, 1972
- 8) Cracco, R. Q.: Spinal evoked response; peripheral nerve stimulation in man. *Electroencephalogr. clin. Neurophysiol.*, **35**: 379~386, 1973
- 9) 今井卓夫: 硬膜外腔脊髄刺激による誘発脊髄活動電位について—基本波形とその意義. 日整会誌, **50**: 1037~1056, 1976
- 10) 安藝都司雄: 急性脊髄圧迫の脊髄誘発電位と微細循環動態におよぼす影響の実験的研究. 慶応医学, **58**: 671~691, 1981
- 11) 黒川高秀: 脊髄波. 脳と神経, **30**: 467~484, 1978
- 12) 山根友二郎, 他: 脊髄モニタリング法. あすへの整形外科展望'75 p, 442~457, 金原出版, 1975
- 13) 坪川孝志: 脊髄損傷における脊髄誘発電位の臨床的意義. 臨床脳波, **20**: 236~243, 1978
- 14) Kety, S. S., and Schmidt, C. F.: The determination of cerebral blood flow in man by the use of nitrous oxide in low concentrations. *Am. J. Physiol.* **143**: 53~86, 1945
- 15) Misrahy, G. A. and Clark, L. C.: Use of the platinum black cathode for local blood flow measurements *in vivo*. XII th International Physiological Congress, Brussels, 1956, abstr., pp. 650.
- 16) Clack, L. C. Jr., Barger, L. M. and Birmingham, A.: Detection and direct recording of left-to-right shunts with the hydrogen electrode catheter. *Surgery*, **46**: 797~804, 1959
- 17) Aukland, K., Bower, B. F. and Berliner, R. W.: Measurement of local blood flow with hydrogen gas. *Circulation Research*, **14**: 164~187, 1964
- 18) Landau W. M., Freygang W. H. et al.: The local circulation of the living brain; values in the unanesthetized and anesthetized cat. *Trans. Am. Neurol. Assoc.* **80**: 125~129, 1955
- 19) Griffiths I. R.: Spinal cord blood flow in dogs. 1. The "normal" flow. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.*, **36**: 34~41, 1973
- 20) Kobrine A. I., Doyle T. F. and Martins A. N.: Local spinal cord blood flow in experimental traumatic myelopathy. *J. Neurosurg.* **42**: 144~149, 1975
- 21) 中村耕三, 他: 頸部脊椎症性脊髄症の成因に関する実験的研究. 日整会誌, **55**: 747~754, 1981
- 22) 田村 晃, 他: 水素クリアランス法による脳局所血流量の測定. 脳神経, **30**: 47~54, 1978
- 23) Pallese, H., et al.: Experimental investigation on the control of spinal cord circulation. IV. *Acta Neurochir.*, **22**: 29~41, 1970

- 24) Maruhashi, J., et al. : Effect of oxygen lack on the single isolated mammalian (rat) nerve fiber. J. Neurophysiol., 30 : 434~452, 1967
- 25) Ertekin, C. : Human evoked electrospinogram. New Deuelopments in Electromyography and Clinical Neurophysiology, ed. by J. E. Desmedt, Vol. 2, pp. 344~351, Karger, Basel, 1973

Original Paper

Summary

Changes of Spinal Cord Evoked Potential and Spinal Cord
Blood Flow in Spinal Cord Traction

Measurement of the spinal cord evoked potential as a method for evaluation of spinal cord function has gained increasing importance with the progress of spinal (cord) surgery. A change in the blood flow seems to be closely associated with acute spinal cord injury.

Variation in the spinal cord evoked potential in relation to a change in the blood flow under application of longitudinal traction was examined using cats. The spinal cord potential was evoked by stimulation of the epidural space (L₁ level) from posteriorly and recorded at the epidural posterior region (C₂ level) to observe its ascending wave patterns. The intensity of the stimulus was two to three times the threshold value. The blood volume was serially measured by the hydrogen clearance method at the region of the funiculus posterior of the spinal cord. The spinal cord evoked potential basically consists of two wave patterns. Traction induces a tendency to latency prolongation and also extends the retention of the wave pattern. An increase in the duration of traction augments the wave height in most cases. This is immediately followed by rapid disappearance of the wave. The mean blood volume without traction was 10.3 ml/min/100g. The blood volume was reduced to approximately 50% at the time of transient augmentation of the wave height. The blood flow was not recorded when the wave disappeared.

The changes in the wave of the spinal cord evoked potential were divided into four groups to examine the irreversibility of the change. Transient augmentation was a warning signal. Subsequent reduction of the wave height, up to approximately half of the maximum change, seemed to be a reversible change.

Key words : spinal cord evoked potential, spinal cord blood flow, hydrogen clearance method

KENZOU ITOH, M. D.

*Department of Orthopedic Surgery,
University of Occupational and Environmental Health*