腰仙部硬膜外腔より記録した根電位と臨床応用について

Key words : lumbo-sacral root potential, H. M. - response, lumbar disc herniation, quantitative assessment

田 中 弘 美 田 中 勵 作*
都 築 暢 之

1. はじめに

腰椎椎間板ヘルニア等の腰仙部神経根障害の責任高位は脊髓造影等の形態学的検査により決定されている。しかし臨床神経学的所見と形態学的検査所見が一致しない等の、形態学的検査だけでは解決できない問題があり、このような場合に電気生理学的検査が必要になる。

腰仙部神経根障害の電気生理学的検査には筋電図^{3,6,8,10,15}、下肢の末梢神経誘発電位¹⁶、その伝導速度¹⁶、誘発筋電図^{2,5,6,15}、体性感覚誘発電位¹²および腰仙部根電位^{9,12,14}がある。しかし、実際に電気生理学的検査を行ってみると現在のところ、鑑別診断の補助的検査となりえても、腰仙部神経根障害の責任高位の決定に寄与する点は少ない。その中で腰仙部根電位は障害部位に電極を近づけることができるので、障害神経根の伝導障害を直接とらえ、責任高位を決定する検査になりうる可能性がある。

末梢神経刺激による腰仙部根電位は人間では Magladery が硬膜内で初めて記録し¹¹、末梢神経を上行性に伝導する電位と脊髓単シナプス反射性に下行する電位を同定し、臨床応用の可能性を示唆¹¹した。下地らは根電位の硬膜外腔記録もできることを示し¹³、臨床応用が容易になった。

腰仙部根電位の現時点での臨床応用の試みには次のような解決すべき点があげられる。1) 外来患者にも安全で簡単に検査ができること。2) 障害高位別に腰仙部根電位を記録でき、伝導障害を客観的に判断できること。3) 神経根を構成する知覚線維、 α 運動線維別に腰仙部根電位が記録できること。これらの問題を解決できれば本法が有用な検査法となりうると考え、今回の研究を行った。神経根の諸要素を識別するモニターとして福島ら(1982)が用いた誘発筋電図を腰仙部根電位と同時に記録⁷した。

2. 対象および方法

正常成人(18~25歳)5例と腰椎椎間板ヘルニア10例に術前に腰仙部根電位を記録した。脛骨神経あるいは腓骨神経を1 Hz, 1ms幅の矩形波を用い、表面電極で刺激した。刺激の強度はM波の閾値を基準にして表示した($\times$ MT)。

正常者および術前検査の記録は腹臥位で、局麻下にL5 / S1, L4 / 5, L3 / 4間3カ所の正中硬膜外腔に針電極を挿入して関電極として用い、単極導出で行った。針電極と同じ高位の脊柱傍筋に短い注射針を刺入してこれを不関電極とした。針電極は23 G腰椎穿刺針を改造して針の先端2 mmを露出し、それ以外は絶縁体で被覆した特別仕様

埼玉医科大学総合医療センター整形外科〔連絡先：田中弘美 〒350 川越市鴨田辻道町1981〕

Address reprint requests to : Hiromi Tanaka, M. D., Department of Orthopedic Surgery, Saitama Medical Center, Saitama Medical School, 1981 Kamodatsujimichi-cho, Kawagoe City, Saitama 350

*東京都神経科学総合研究所病態生理

Table 1 The compressed level and the neurological deficits of the tested cases were shown

Case				Affected side	Myelo. level	Force		Sensory disturb.	Reflexes		
No.	Name	Age	Sex			TA/ EHL	GS		ATR	H/M(%) lt. rt.	
1)	I. S.	48	M	lt.	L4/5	3	4	L5, S1	++	16	4
2)	M. M.	35	F	bil.	L4/5	3	4	L5, S1	++	3	0
3)	H. M.	38	M	bil.	L4/5	3	5	L5	++	18	27
4)	S. H.	23	M	lt.	L5/S1	4	4	L5, S1	+	0	13
5)	K. S.	42	F	rt.	L4/5	4	4-5	S1	++	28	3
6)	T. H.	22	M	lt.	L4/5	4	5	S1	++	20	38
7)	O. T.	36	M	bil.	L4/5	4-5	5	L5, S1	++	16	11
8)	S. E.	15	F	rt.	L5/S1	5	5	—	++	60	40
9)	K. T.	23	M	lt.	L5/S	5	5	L5, S1	++	24	20
10)	S. M.	20	M	rt.	L4/5	5	5	L5	++	17	26

Muscle force was graded following the criteria proposed by National Foundation of Infantile Paralysis (1946 ; Daniels and Worthingham). TA, EHL and GS : Tibialis Anterior, Extensor Hallucis Longus and Gastro-Soleus. ATR : Achilles Tendon Reflex. normal range = ++

Fig. 1 Two evoked potentials (first and second potential) were recorded from the epidural space of L4/L5 and L5/S1 lumbo-sacral spine respectively by stimulating the tibial nerve ($1.25 \times$ M.T.). H and M-responses (evoked EMG) were recorded from the electrodes of the Soleus Muscle simultaneously with SRP. At L4/5, the first potential had longer latency, but the second potential had shorter latency than at L5/S1.

の電極を使用した。下腿三頭筋のH波、M波（脛骨神経）あるいは前脛骨筋のM波（腓骨神経）を表面双極電極を用いて根電位と同時に記録してモニターとした。記録はすべて20回平均加算を行った。筋電計は日本光電製ニューロパック MEM

-4104,刺激装置は日本光電製 SEN-7203 を使用した。腰椎椎間板ヘルニアは神経根障害を示す神経脱落所見⁴⁾、神経根刺激症状および脊髓造影で根の圧迫所見が認められる症例を選んだ (Table 1)。

Fig. 2 In A, the first potential was only observed. In B, the stimulus intensity was just above the threshold for the H-response; in D just above the threshold for M-response; in E, the maximum M-response. Right upper graph shows the relation between the stimulus intensity and the amplitude of SRP(—○—), H(—△—) and M(—×—) responses. The left-side scale of the ordinate axis is for the SRP and the right-side one for the H, M-responses. Right lower graph shows the relation of the amplitude between the first potential and H and M-responses. The scale of the ordinate axis is for the amplitude of the first potential, and that of the abscissa axis for the amplitude of the H and M-responses.

3. 結果

1) 正常例

Fig.1は脛骨神経刺激による誘発筋電図とL5/S1, L4/5 間腰仙部根電位であり, 1.13× MTの刺激強度では2つの腰仙部神経根電位(短潜時=第1電位, 長潜時=第2電位と仮にする)が観察できる. 第1電位の潜時はL5/S1では約9.0 ms, L4/5では9.5 ms, 第2電位はL5/S1では約15.8 ms, L4/5では15.2 msであった. これらの4つの電位の出現, 消失, 振幅の増大減少は刺激の強度に影響されていた. Fig. 2 Leftは刺激強度を0.94× MTから1.28× MTまでかえた時の腰仙部根電位(上段)と誘発筋電図(下段)を記録したものである. 刺激の強さ0.94× MT(A)では第1電位のみが観察できる. 1× MT(B)にするとH波と第2電位が出現し, 第1電位が増大する. 1.07× MT(C)にすると3つの電位はさらに増大する以外に潜時の短いM波が出現する. 1.09× MT(D)ではM波と第1電位は増大するが, H波と第2電位

は減少し始める. 1.28× MT(E)ではH波と第2電位は更に減少し, ついには消失する.

刺激の強度と各電位の振幅の関係を調べた(Fig.2 Right)ところ, 第1電位はM波の閾値まではなだらかな曲線状に増加し, H波の振幅と出現, 増加傾向が類似していた. H波の振幅が最大上刺激に達するとプラトーになり, M波の閾値以上ではM波の出現とともにプラトーから再び増大し始めてM波が最大上刺激に達すると第1電位も最大上刺激に達し, M波の出現, 増加傾向と類似していた. そこでM波の閾値を境にして第1電位とH波の振幅の相関を, M波の閾値以上では第1電位とM波の振幅の相関関係を調べてみる(Fig. 2 Right)と, 相関計数は前者が $r = 0.988$, 後者が $r = 0.997$ と両者とも直線の相関関係が極めて高いことを示していた. このことより第1電位は, 刺激の強度が第1電位の閾値よりM波の閾値まではI群線維を求心性(順行性)に伝導してきた電位であり, M波の閾値以上では最大上刺激に達したI群線維の電位と α -運動線維を逆行性に伝導

Fig. 3 This is the case of LDH-1). The LRP of the affected side (lt.) shows abnormal positivity ($a/b = 2.00$), polyphasic waves (S. W. = 4) at L4/5.

してきた電位が加算されたものであるといえる。M波の最大上刺激時の第1電位の振幅はM波の閾値時の7.44倍(3.16-23, $n = 13$)になり、M波の最大上刺激では第1電位の構成成分は α -運動線維の電位を主として反映するとみなすことができる。つまり刺激強度をかえることにより後根と前根の伝導状態を個別に知ることが可能である。

2) 臨床応用 (Table 1)

刺激の強度はM波の閾値以下(後根)とM波の最大上刺激(前根)を選んだ。Fig. 3は症例の腰仙部根電位を示している。L5/S1記録と比較してL4/5記録では左側の前根を反映する誘発電位に陽性化と多相性変化が認められた。

今回伝導障害については陽性化と多相化について調べた。Fig. 4-1,2に示すように陽性度は基線よりpositive peakまでの振幅をa, positive-negative peak間の振幅をbとして a/b で表した。多相性の程度は基線よりも大きい電位の陰性棘波の数を数えた。正常例よりm, SDを計測し(Fig. 4-3), $m+2SD$ 以上を陽性化(+), 多相化(+)と判定した。10例全例について検討してみると10例中9例に陽性化あるいは多相性変化が認められた(Table 2)。

次に圧迫高位と伝導障害高位の関係を調べたところ、圧迫高位と伝導障害高位が一致していた症例は3例であり、圧迫高位以外に頭側に伝導障害が認められた症例は1例、尾側に認められた症例は3例、頭側尾側両方に認められた症例は2例で

あった。

4. 考 察

局麻下に硬膜外腔に電極を挿入する方法は安全で比較的簡単であり、外来でも検査が可能である。正常例では第1電位、第2電位とも記録が可能であった。しかし臨床例では第1電位は10例全例に記録可能であったにもかかわらず、第2電位は症例2の右側と症例4の左側では記録されなかった(H波も記録されなかった)。患側、圧迫の左右差と一致したが、陽性化および多相化については検討できないので第2電位は今回とりあげなかった。

我々は第1電位の諸要素を識別する為に腰仙部根電位を同時記録した誘発筋電図を利用した。誘発筋電図を同時記録する利点として次のような点があげられる。1) H波はI a群線維によって誘発される。2) M波は運動線維の興奮に比例する。3) H波の閾値はM波のそれより低いことが多い。4) I群線維は後根に、運動線維は前根に含まれる。これらの事実をふまえて、もし第1電位と誘発筋電図(M波、H波)とが定量的に表示できるとすれば、第1電位を諸要素別(I群線維、 α 運動線維)に識別できる可能性があると考えた。記録してみると結果で述べたように第1電位の振幅はH波のそれと直線の相関がある部分(H波の閾値より最大上刺激範囲)とM波のそれと直線の相関がある部分(M波の閾値より最大上刺激

Criteria of conduction blocks

3) Data of normal cases

		Positivity			Polyphasic		
		m	SD	m+2SD	m	SD	m+2SD
Tibial nerve	Gla	0.31	0.11	0.53 (n=26)	1.58	0.58	2.74 (n=26)
	Gla + α -max.	0.32	0.09	0.50 (n=30)	1.97	0.56	3.09 (n=30)
Peronal nerve	Gla	0.44	0.15	0.74 (n=28)	1.75	0.65	3.05 (n=28)
	Gla + α -max.	0.39	0.10	0.59 (n=30)	1.73	0.52	2.77 (n=30)

Fig. 4 Objective criteria to make quantitative assessments of the two signs ; dominance in positivity and polyphasic waves for detection of pathological conduction, and data of normal cases.

Table 2 Positivity and No. of negative spike waves of the tested cases were shown stimulated by Tibial nerve with the supra-Max. of M-wave.

Subject Name	X-ray Site	L3 / L4				L4 / L5				L3 / S1				
		Posit.		Polyph.		Posit.		Polyph.		Posit.		Polyph.		
		l	r	l	r	l	r	l	r	l	r	l	r	
[LDH]														
1)	I.S.	1. L4/5	0.36	0.27	1	1	0.57*	0.3	8*	1	0.5*	0.35	1	1
2)	M.M.	b. L4/5	0.3	0.25	1	1	0.54*	0.23	1	1	0.31	0.2	2	1
3)	H.M.	b. L4/5	0.33	0.38	2	2	0.17	0.72*	2	4*				
4)	S.H.	1. L5/S1					0.44	0.23	2	2	0.43	0.29	2	2
5)	K.S.	r. L4/5	0.42	0.45	2	2	0.36	0.35	3	2	0.38	0.37	2	2
6)	T.H.	1. L4/5					0.32	0.19	2	2	0.5	0.22	2	2
7)	O.T.	b. L4/5	0.19	0.35	6*	3	0.25	0.33	1	8*	0.31	0.38	2	4*
8)	S.E.	r. L5/S1					0.3	0.43	2	2	0.2	0.12	2	1
9)	K.T.	1. L5/6	0.32	0.3	2	2	0.37	0.44	2	2	0.4	0.4	2	2
10)	S.M.	r. L4/5	0.29	0.33	2	3	0.25	0.43	2	2	0.31	0.36	3	3

Posit. : normal range < 0.50 (0.32+2×0.09)

Polyph. : normal range < 4

The mark,* showed conduction block.

範囲)に分けることができ、しかもそれは刺激強度をかえるという比較的簡単な操作で可能であった。従って煩雑さがなく、手術操作中にも応用が

可能である。

過去の腰仙部根電位に関する報告は定性的評価でなされており、今回伝導障害の定量的評価を行

い、客観的に判定できるようにした。

10 例中 9 例に何等かの伝導障害の所見が観察されたが、1 例脊髄造影では明らかな圧迫があるにもかかわらず伝導障害を証明できなかった。この理由として記録電極が障害神経根から離れているため、正常神経根を伝導してくる電位に被い隠されてしまうことが考えられる。これに対して電極をできるだけ病巣部に近づける工夫が必要である。

後根と前根に識別して電位を記録したが、神経所見で筋力低下が認められない症例にも運動神経の伝導障害があることがわかり、臨床所見と病態像とは必ずしも一致しないことがわかった。圧迫高位と伝導障害の関係をみると圧迫高位以外に頭側、尾側に症状の程度と関係なく伝導障害が及んでおり、形態学的検査でみられる以上に神経根の障害が広範囲に存在することがわかる。

「はじめに」であげた解決すべき 3 点について研究、工夫を行い、臨床に有用な検査法となりえた。

文 献

- 1) Abbruzzese M, Ratto S and Abbruzzese G : Electroneurographic correlates of the monosynaptic reflex : experimental studies and normative data. *J Neurol Neurosurg Psychiat* **48** : 434-444, 1985
- 2) Braddom RI and Johnson EW : Standardization of H reflex and diagnostic use in S1 radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil* **55** : 161-166, 1974
- 3) Brady LP, Parker LB and Vaughen J : An evaluation of the electromyogram in the diagnosis of the lumbar-disc lesion. *J Bone & Joint Surg* **51 A** : 539-547, 1969
- 4) Daniels L : *Muscle Testing, Techniques of Manual Examination*. Saunders Company, Philadelphia, 1946
- 5) Eisen A, Schomer D and Melmed C : An electrophysiological method for examining lumbosacral root compression. *Can J Neurol Sci* **2** : 117-123, 1977
- 6) Fisher MA, Shivde AJ, Teixeira C and Grainer LS : Clinical and electrophysiological appraisal of the significance of radicular injury in back-pain. *J Neurol Neurosurg Psychiat* **41** : 303-306, 1978
- 7) Fukushima Y, Yamashita N and Shimada Y : Facilitation of H-reflex by homonymous Ia-afferent fibers in man. *J Neurophysiol* **48** : 1079-1088, 1982
- 8) Johnson EW, Melvin JL : Value of electromyography in lumbar radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil* **52** : 239-243, 1971
- 9) Jörg J : Die Neurographie der Cauda equina zur Differenzierung lumbosacraler Erkrankungen. *Nervenarzt* **47** : 682-686, 1976
- 10) Knutsson B : Comparative value of electromyographic, myelographic and clinical-neurological examinations in diagnosis of lumbar root compression syndrome. *Acta Orthop Scand (Suppl)* **49** : 1-135, 1961
- 11) Magladery JW, Porter WE, Park AM and Teasdall RD : Electro-physiological 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 Hopk Hosp* **88** : 499-519, 1951
- 12) Matsuda H, Hirose T, Hashimoto T, Shimazu A, Yamano Y, Nakajima K : Electrodiagnosis of compression of individual nerve roots of the cauda equina. *International Orthopaedics* **3** : 121-131, 1979
- 13) Shimoji K, Higashi H and Kano T : Epidural recording of spinal electrogram in man. *Electroenceph Clin Neurophysiol* **30** : 236-239, 1971
- 14) Tamaki T, Tsuji T, Takano H, Takakuwa, K. and Noguchi, T. : Electrophysiological Analyses on Cauda Equina Intermittent Claudication. *Clinical Ortho Surg* **21** : 513-517, 1986
- 15) Tonzola RF, Ackil AA, Shahani BT and Young RR : Usefulness of electrophysiological studies in the diagnosis of lumbosacral root disease. *Ann Neurol* **9** : 305-308, 1981
- 16) Wexler I : Nerve action potential changes associated with proved lumbosacral root compression. *Electromyogr Clin Neurophysiol* **19** : 483-491, 1979

ABSTRACT

Spinal Root Potential Recorded in the Lumbo-Sacral Epidural Space, and its Clinical Application

by

Hiromi Tanaka, Reisaku Tanaka*and Nobuyuki Tsuzuki

from

Department of Orthopedic Surgery, Saitama Medical Center, Saitama Medical School

* Department of Neurobiology, Tokyo Metropolitan Institute for Neurosciences

To assess effects of compression on lumbo-sacral spinal roots by disc herniation, root potentials (SRP) were recorded epidurally on stimulation of the tibial and peroneal nerves. Five normal volunteers, and ten patients with lumbar disc herniation (LDH) were tested.

The SRP by the tibial nerve stimulation in the control group consisted of two kinds of potentials with different latencies. Simultaneous EMG recording from the stimulated muscles indicated that the shortest latency potential was the ascending volley including orthodromic afferent volleys, and antidromic α -efferents. The second potential was the descending volley of reflexly evoked α -efferents by the GIa afferents. It was assessed that the SRP with M-thr. indicated the potential of the lowest threshold afferent conduction, and the SRP with M-max stimulation indicated that of α -efferent conduction.

Conduction block of spinal roots in ten clinical cases was demonstrated as positivity and polyphasic shape. Methods were introduced to estimate these parameters quantitatively. The present study showed either or both of these signs in all patients tested. The examination was helpful to decide the level(s) of lumbo-sacral radiculopathy for decompression surgery in LDH.