Tethered Cord Syndrome の術中モニタリング

Key words : tethered cord syndrome, untethering, monitoring, electromyography, intravesicular pressure

白 根 礼 造 佐 藤 慎 哉
齊 藤 桂 一 小 川 彰
吉 本 高 志 浪 間 孝 重*
今 林 健 一*

1. はじめに

spinal dysraphism に合併する tethered cord syndrome の手術に際しては、神経組織と周囲組織の剥離を安全かつ確実にを行い、脂肪組織や線維性組織を可及的に除去することが必要と考えられている。しかし、脂肪脊髄髄膜瘤術後の再手術例や、初回手術でも学童期以降の症例では両者の顕微鏡下での識別が困難な場合が多い。この手術操作には電気生理学的なモニタリングが不可欠と考えられているが、これまでには簡便な仙髄機能のモニタリングの報告は少なかった。我々は電気刺激に対する誘発筋電図(肛門括約筋、尿道括約筋、下肢筋)と膀胱内圧の変化を観察し、神経組織と脂肪組織、線維性組織との鑑別を行っているが、その術中モニタリングとしての有用性を検討した。

2. 対象ならびに方法

対象は本モニタリング法を導入した1988年11月以降に経験した tethered cord syndrome または occult spinal dysraphism 32例で、年齢は生後1カ月から17歳まで、男性13例、女性19例であった。診断は脂肪脊髄髄膜瘤10例、終糸肥厚7

例、脊髄髄膜瘤および脂肪脊髄髄膜瘤術後再癒着例13例、脊髄髄膜瘤自然治癒例1例、割髄症1例であった(Table 1)。

麻酔導入後に膀胱カテーテルを留置し、圧測定用マノメーターに接続した。膀胱カテーテルには尿道括約筋用リング電極(21L11:日本光電)を装着した。そして肛門に肛門括約筋用電極(13K78:日本光電)を挿入した。乳児では平皿電極を肛門周囲の皮膚に装着した。両電極の接触抵抗は2 K Ω 以下となるようにした。次に両側下腿三頭筋上の皮膚に平皿電極を装着し、接触抵抗は5 K Ω 以下となるようにした。電気刺激は bipolar forceps による双極刺激で、刺激条件は持続時間0.2 msの矩形波を用い、誘発筋電図観察時は2 Hz、0.6~2 mA、膀胱内圧観察時は20 Hz、1~2 mAとした。刺激および筋電図の観察はニューロパックミニ(日本光電)のSEP modeを用いた。反応の評価は、初めに術野にみえる正常脊髄および脊髄神経根を刺激し、閾値、潜時、振幅、波形そして膀胱内圧の変化を確認した。これらを標準として刺激条件を設定し、実際のモニタリングを行った。膀胱内圧の測定は、手技が比較的複雑なため誘発筋電図の反応が明確でない場合にのみ確認の目的で観察した。手術の麻酔に際しては特別な注

東北大学脳研脳神経外科〔連絡先:白根礼造 〒980 仙台市青葉区星陵町1-1〕

Address reprint requests to : Reizo Shirane, M. D., Division of Neurosurgery, Institute of Brain Diseases, Tohoku University School of Medicine, 1-1 Seiryō-machi, Aoba-ku, Sendai 980

* 東北大学泌尿器科

Table 1 Clinical summary of 32 cases

	Age	Sex	Bladder bowel	Motor	Pain	Deformity	Diagnosis
1	1m	M					DM
2	3m	F					LMMC
3	7m	F	+	+		+	LMMC
4	7m	M					LMMC
5	8m	F					LMMC
6	2y	F	+			+	LMMC
7	2y	F					LMMC
8	2y	M					DM post OPE, thickened filum
9	3y	F	+	+		+	LMMC
10	3y	F	+				LMMC post OPE
11	3y	M	+	+		+	MMC post OPE
12	4y	F	+	+			MMC post OPE, syrinx
13	5y	M	+	+	+	+	LMMC post OPE
14	5y	M	+	+			ant sacral MC
15	5y	M	+	+		+	MMC post OPE
16	6y	F	+	+	+		thickened filum
17	6y	M		+		+	thickened filum
18	7y	M	+	+		+	thickened filum
19	7y	M	+				LMMC
20	7y	F	+	+	+	+	LMMC
21	8y	F	+		+		thickened filum (sacral cyst)
22	8y	M	+	+	+	+	thickened filum
23	10y	M	+	+		+	LMMC post OPE
24	11y	F					LMMC
25	11y	F	+	+	+	+	MMC post OPE
26	11y	F	+		+	+	MMC post OPE
27	12y	M	+	+	+	+	LMMC post OPE
28	15y	F	+	+	+	+	LMMC post OPE
29	15y	F	+	+	+	+	MMC post OPE
30	16y	F	+	+	+	+	MMC
31	17y	F	+	+	+	+	LMMC post OPE
32	17y	F	+	+	+	+	MMC post OPE

(+) indicates that the patient has the symptom, LMMC : lipomyelomeningocele, MMC : myelomeningocele, OPE : operation, DM : diastematomyelia.

意点は存在しないが、筋弛緩剤は挿管時にのみ投与し、手術操作中は用いてはいない。

3. 結果

32 例の術中所見では、神経組織と周囲組織の強い癒着は S1 以下に認められる場合が多かった。治療成績については、術後に下肢運動機能の悪化した症例はなく、術前に運動障害を有した 19 例中 9 例に運動機能の改善が認められた。膀胱機能障害の悪化した症例も認められず、術前と術後 3 カ月以降に urodynamic study を行い得た 9 例中 4 例で膀胱機能の改善が認められた。下肢痛、

背部痛は 13 例に認められたが術後全例で改善した。術後合併症としては、3 例において S1-2 領域の一部に dysesthesia, hypesthesia を認めたが、下肢機能に影響はなかった。untethering 術後に再度症状の悪化を認め、再手術を要したのは 1 例であった。

a. 誘発筋電図

脊髄、脊髄神経根の刺激に対する筋電図反応は良好で、高度の筋萎縮がある場合を除いて、S1-2 の刺激では下腿三頭筋に、S2-4 の刺激に対しては肛門括約筋、尿道括約筋に筋電図が観察された。前根の刺激に対する反応の潜時は 10 ms 以下で、

Fig. 1 EMG recorded after rt S1 anterior root stimulation. A1 : lt gastrocnemius, A2 : rt gastrocnemius, A3 : anal sphincter, A4 : urethral sphincter.

Fig. 2 EMG recorded after rt S1 posterior root stimulation. A1 : lt gastrocnemius, A2 : rt gastrocnemius, A3 : anal sphincter, A4 : urethral sphincter.

Fig. 3 EMG recorded after lt S2 anterior root stimulation. A1 : anal sphincter, A2 : urethral sphincter, A3 : lt gastrocnemius, A4 : rt gastrocnemius.

Fig. 4 EMG recorded after electrical stimulation of fibrous tissue adjacent to nerve roots. No response was observed. A1 : lt gastrocnemius, A2 : rt gastrocnemius, A3 : anal sphincter, A4 : urethral sphincter.

Fig. 5 The change of intravesicular pressure recorded during nerve stimulation.

fales negative は認められなかった (Fig. 1). 後根の刺激の場合、潜時はおよそ 20~50 ms の範囲で、前根の刺激と比較して、振幅の小さい筋電図が観測された (Fig. 2). 特に S1-2 より吻側に dysraphism が認められる場合に、後根刺激に対する下腿三頭筋の反応が弱く、不明瞭な傾向があった。肛門括約筋、尿道括約筋の反応は S2 以下の刺激では前根、後根を問わず良好であった。誘発筋電図は S1-2 の刺激では下腿三頭筋に認められ、S2-4 では尿道括約筋、肛門括約筋に観察された (Fig. 3). 脂肪組織、線維性組織、瘢痕組織などの刺激では筋電図は観察されなかった (Fig. 4).

脊髄髄膜瘤の術後例では dysraphism 病変部の髄節以下の神経根は白色の線維性索状組織となっ

ており、このような部位では電気刺激に対する反応は観察されなかった。終糸切断に際し、終糸の周囲に細い神経根が密着して走行している場合があり、顕微鏡下でも識別が困難であったが、電気刺激によって同定された。

b. 膀胱内圧

電気刺激に対する膀胱内圧の変化は脊髄、神経根、いずれの刺激でも内圧の上昇が観察された (Fig. 5). 神経組織に隣接する瘢痕組織を刺激した場合は膀胱内圧に変化は認められなかった。また神経因性膀胱が進行し、膀胱容量が極度に減少している場合や、膀胱拡大術の施行例などでは反応が不明瞭であった。

4. 考 察

tethered cord syndrome は MRI の導入によって診断が容易となり、改めて注目を集めるようになった疾患の一つである。しかし、脊髄髄膜瘤術後や脂肪脊髄髄膜瘤術後例では、病態の把握が比較的困難で、手術に困難を伴う例も多いため、治療方針について諸家の間で意見の一致を認めていない。しかし、1) 脊髄および脊髄神経根の完全な untethering, 2) retethering の予防、の2点が手術治療の目的という点に異論の余地はない。

手術に際しては、新たな神経症状の出現予防のため、脂肪腫の摘出を最小限にとどめるという意見もあるが^{1,4)}、untethering 後の脊髄円錐の容積が大きければ再癒着の危険性が增大すると考えられる。retethering 予防の目的で脊柱管の拡大術を合わせて施すという報告もみられるが⁸⁾、神経機能の術中モニタリングを行って脂肪腫や線維組織を可及的に除去することも重要と考えられている。

モニタリング方法としては、肛門管圧の測定^{2,5,6,9)}、spinal evoked potential^{5,7)}、肛門括約筋筋電図³⁾、膀胱内圧⁷⁾、下肢筋収縮の肉眼的観察⁷⁾等がこれまでに報告されている。しかし実際の手術では後根の周囲で placord と硬膜の癒着が強固であり、すでに障害を有する後根に刺激を加えても、筋の収縮を肉眼または内圧の変化として捉えられるとは限らない。一方、括約筋筋電図は肛門および膀胱内圧と比較してより鋭敏と考えられるが、針電極の刺入に技術を要し侵襲的と考えられていた。しかし我々の方法では肛門および尿道内に専用の電極を挿入するだけで特殊な技術を必要とせず、手術室という環境においても鮮明な筋電図が得られた。さらに下腿三頭筋筋電図を同時に観察し、必要に応じて膀胱内圧も観察することから仙髄機能全体を運動、自律神経の両面からモニタリング可能であった。

電気刺激に対する反応が不明瞭な神経組織は、温存の必要がないとする考えもあるが⁸⁾、我々は神経組織をすべて温存する方針で手術を行っている。

モニター画面を患者の側方に設置し、簡便な操作で刺激に対する反応を real time に観察できるため、tethered cord syndrome の untethering に際して神経組織温存のための有用なモニタリング法と考えられた。

文 献

- 1) Dubowitz V, Lorber J, Zachary RB : Lipoma of the cauda equina. Arch Dis Child 40 : 207-213, 1965
- 2) Ikeda K, Kubota T, Kashihara K, Yamamoto S : Anorectal pressure monitoring during surgery on sacral lipomeningocele. J Neurosurg 64 : 155-156, 1986
- 3) James HE, Mulcahy JJ, Walsh JW, Kaplan GW : Use of anal sphincter electromyography during operation on the conus medullaris and sacral nerve roots. Neurosurgery 4 : 521-523, 1979
- 4) Loeser JD, Lewin RJ : Lumbosacral lipoma in the adult. Case report. J Neurosurg 29 : 405-409, 1968
- 5) 長坂昌登, 田仲 裕 : 脂肪脊髄髄膜瘤の手術時における肛門管圧および脊髄誘発電位のモニタリング. Spinal Surgery 5 : 67-71, 1991
- 6) Pang D, Casey K : Use of an anal sphincter pressure monitor during operations on the sacral spinal cord and nerve roots. Neurosurgery 13 : 562-568, 1983
- 7) Pierre-Kahn A, Lacombe J, Pichon J, Giudicelli Y, Renier D, Sainte-Rose C, Perigot M, Hirsch J-F : Intraspinal lipomas with spina bifida. Prognosis and Treatment in 73 Cases. J Neurosurg 65 : 756-761, 1986
- 8) Sakamoto H, Hakuba A, Fujitani K, Nishimura S : Surgical treatment of the retethered spinal cord after repair of lipomyelomeningocele. J Neurosurg 74 : 709-714, 1991
- 9) Sakamoto H, Hakuba A, Fujitani K, Hayashi H, Kiyama M, Nishimura S : Anorectal pressure monitoring during surgery for reuntethering of spinal cord in cases of lumbosacral lipomyelomeningocele, in Shimoji K, Kuroiwa T, Tamaki T, Willis WD Jr (eds) : Spinal Cord Monitoring and Electrodiagnosis, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 1991, pp 403-411

ABSTRACT

Monitoring of the Tethered Cord Syndrome during Surgery

by

Reizo Shirane, Shinya Sato, Keiichi Saito, Akira Ogawa, Takashi Yoshimoto,
Takashige Namima*, Kenichi Imabayashi*

from

Division of Neurosurgery, Institute of Brain Diseases, Tohoku University School of Medicine

*Division of Urology, Tohoku University School of Medicine

The purpose of surgery for tethered cord syndrome is complete untethering. In some cases, such as retethering after operation of lipomyelomeningocele and older children with fibrous lipoma, dissection of dense connective tissue and removal of lipoma are rather difficult procedures without a monitoring system. We applied bipolar electrical stimulation (0.6-2 mA) and monitored electromyography (EMG) of the anal and urethral sphincter (S2-4) and gastrocnemius (S1-2), and evoked response of intravesicular pressure during surgery in 32 cases of tethered cord syndrome starting in 1988.

EMG was observed in the stimulation of intact nerve tissue, such as the spinal cord, and anterior and posterior roots in every case. The latency was longer and the amplitude was smaller in the stimulation of the posterior root. No response was observed from lipoma or connective tissue adjacent to nerve tissue. Elevation of intravesicular pressure was observed in cases with preserved bladder function.

After surgery, severe neurological deterioration was not seen in our series. Three cases showed hypesthesia and dysesthesia in part of the sacral-2 segment. None of those cases showed deterioration of motor, bladder and anorectal function. These surgical results indicate the monitoring system is useful for preserving motor and autonomic function during the surgery of tethered cord syndrome.