

脊椎・脊髓の手術的操作により発生した 脊髓障害の臨床的解析

新潟大学医学部整形外科科学教室（主任：田島達也教授）

本 間 隆 夫

Analysis of Spinal Cord Lesions Following Operative
Procedures to the Spine and Spinal Cord

Takao HOMMA

Department of Orthopedic Surgery, Niigata University School of Medicine
(Director: Prof. Tajima, Tatsuya)

Sixty three of severe spinal cord lesions which took place in 55 cases during diagnostic and therapeutic procedures were analysed. The procedures consisted of posterior decompression of spinal cord, removal of anteriorly located spinal cord tumor, anterior spondylodesis, dissection of ossified arachnoiditis, myelography and epidural puncture and others. The causes of the spinal cord damage were classified into direct intra-medullary injury, excessive extra-medullary compression, side effect of intrathecally-induced drug, and other miscellaneous factors. The myelopathy which occurred even with procedures carried out by experts and also even during evoked spinal cord monitoring was characteristically associated with flaccid paralysis and suppressed tendon reflexes of lower extremities. 90.0% of the cases lost basic function of the hand such as self-feeding or gait as the result of the procedures. It remained eventually in 27.0% of the cases. Recovery did not depend on the neurological findings but on causes, speed of progression, severity of damage, initial sign of recovery and on interval from the trauma to the initial appropriate treatment. The prognosis can be predicted to a certain extent by these factors.

Key word: Iatrogenic spinal cord lesion, Paraplegia, Postoperative complication.

医原性脊髓障害, 対麻痺, 手術合併症.

Reprint requests to: Takao HOMMA,

別刷請求先: 〒951 新潟市旭町通1番町
新潟大学医学部整形外科科学教室

本間隆夫

I. 緒 言

手術や脊椎麻酔、脊髓腔造影など、脊椎・脊髓やその周辺で何らかの侵襲的操作を行なう際に発生する最も忌避すべき合併症として新たな脊髓症状の発生がある。このような合併症はさほど稀ではないにもかかわらず、多くの場合 medico-legal な配慮などから、その発生原因や病態などについては必ずしも十分に検討されて来たとは言えない。このことが同様の合併症の発生を有効に防止し、さらに発生した場合の適切な診断や処置法の確立を妨げていると考えられる。本研究は現在の脊椎・脊髓外科の知見からこのような脊髓障害を解析することにより、その発生要因や病態を明らかにし、さらに発生した脊髓障害の病態診断法、治療法、および転帰予測の方法

を求め、それによりこのような合併症の発生を予防または減少させることが目的である。

II. 症例と検討方法

A. 対象症例

調査の対象は、昭和40年以降に脊柱内外で何かの操作を施行後脊髓症状が新たに出現するか、既存の脊髓症状が明らかに悪化して、少なくとも一肢の機能がほとんど失われた例で、その発生から原因の診断、治療に至るいずれかの段階で整形外科医が関与しているものを選んだ。

症例は55例で男32例、女23例、年齢は4～81歳、平均49歳であった。原疾患の内訳は、頸、胸椎の脊椎症14例(25.5%)、脊髓腫瘍9例(16.4%)、後縦靱帯骨化症6例(10.9%)、転移性脊椎腫瘍4例(7.3%)、くも膜炎、

表 1 機能別脊髓障害度評価

運動機能障害度（上下肢を別個に評価）

0. 完全麻痺（随意運動全くなし）
1. 準完全麻痺（わずかな動きのみ）
2. 高度麻痺（動きはあるが ADL に役立たない）
—上肢では自力での食事不能、下肢では不完全な膝立て、SLR 程度—
3. 中等度麻痺（補装具の使用で麻痺肢の運動が実用になる）
—スプーンによる食事、装具使用で歩行可能—
4. 軽度麻痺（補装具なしに麻痺肢の運動が実用になる）
—はしによる食事、装具なしの歩行が可能—
5. 軽微麻痺（ADL 上の障害はごく軽度）
6. 正常

知覚機能障害度

0. 完全脱失（障害レベル以下のほぼ全領域の知覚消失）
1. 広範囲脱失（障害レベル以下の 1/2 以上の領域に認められる知覚消失）
2. 部分脱失（障害レベル以下の 1/2 以下の領域に認められる知覚消失）
3. 広範囲低下（障害レベル以下の 1/2 以上の領域に認められる知覚低下）
4. 部分低下（障害レベル以下の 1/2 以下の領域に認められる知覚低下）
5. しびれ程度
6. 正常

排尿機能障害度

0. 完全尿閉（完全尿閉で尿意無し）
1. 高度困難（尿意はあるが導尿無しには排尿不能）
2. 中等度困難（尿意はあり導尿無しに何とか排尿可能）
3. 軽度障害（軽い残尿または頻尿程度）
4. 正常

黄色靱帯骨化症各々3例（各5.5%）、側弯症、脊髄動静脈奇形、頸椎亜脱臼（外傷1、RA1）各々2例（各3.6%）、頸椎化膿性脊椎炎、多発性硬化症、胸部脊柱管狭窄症各々1例（各1.8%）であった。一方、虫垂炎が疑われた急性腹症2例（3.6%）の他、結腸癌、肺癌、副甲状腺腫、三叉神経痛、胸部帯状疱疹など脊柱以外の疾患に対する麻酔や除痛を目的とする操作によるものが各々1例（1.8%）であった。

B. 検討方法

1. 原因の検索手段

原因の検索法としては、操作中の目撃などで原因が明白なものや、時間経過による症状・所見の推移から明かなもの以外は、発生後、脊髄腔造影、CT、MRIなどの画像診断か、病変部分を直接開いて肉眼のおよび組織学的に確認する方法をとった。そのほか、発生当時は真の原因を解明できなかったが、その資料により現在の知識水準から明らかにできたものも含む。

C. 脊髄症状の評価法

脊髄症状の重症度の評価法には従来 FRANKEL 分類や日整会頸部脊髄症重症度判定基準が用いられることが多かったが、これらは一段階の差が大きすぎることで、運動、知覚、膀胱などの個々の機能別重症度が表現しにくいこと、レベルの異なる障害間での比較が困難なことなどの理由から、著者は新たに以下の評価法を考案した。評価は操作施行前、施行後最も重い症状を呈した時およ

び follow-up 中の最も改善した状態の3時点で行なった。

(1) 脊髄機能保有率

まず脊髄に支配される運動、知覚、排尿機能をそれぞれ表1に詳述した基準により評価した（表1）。

運動機能は0－完全麻痺から、6－正常7段階に分け上肢と下肢を別個に評価し（左右差のある場合は左右別個に評価した平均値を使用）、知覚は、障害レベル以下の全領域について、0－完全脱失から6－正常の7段階に分け、排尿は、0－完全尿閉から4－正常、の5つの段階に分けた。

これらの3つの機能の各点数を加算し、そのいずれもが正常な場合を満点とした百分率を機能保有率として、当該脊髄の機能の量的指標（表2）とした。この際、頸髄障害例では運動機能を上肢と下肢の両方で、胸髄以下

(2) 回復率

この機能保有率をもとに最終的に到達した保有率から操作後の最重症時の保有率を引いた値（回復した脊髄機能量）を操作前の保有率から操作後の保有率を引いた値（悪化した機能の量）で除して回復率を求めた（表3）。すなわち回復率100%は操作で生じた脊髄障害が丁度操作前に戻ったことを意味している。

表2 脊髄機能保有率算定法

$$\begin{aligned} & \text{上肢運動} + \text{下肢運動} + \text{知覚} + \text{膀胱} \\ \text{頸髄機能保有率} = & \frac{\quad}{22} \times 100 (\%) \\ & \text{下肢運動} + \text{知覚} + \text{膀胱} \\ \text{胸・腰髄機能保有率} = & \frac{\quad}{16} \times 100 (\%) \end{aligned}$$

表3 回復率算定法

$$\begin{aligned} & \text{最終的な機能保有率} - \text{操作後の機能保有率} \\ \text{回復率} = & \frac{\quad}{\text{操作前の機能保有率} - \text{操作後の機能保有率}} \times 100 (\%) \\ & \text{回復量} \\ = & \frac{\quad}{\text{操作による悪化量}} \times 100 (\%) \end{aligned}$$

III. 結 果

A. 操作の種類と脊髄障害を惹起したメカニズムについて

検討の対象にした55例中、2度脊髄障害を生じたものが8例含まれている。そのため障害発生の原因操作は63件あり、うち脊柱管の穿刺手技19件（30.2%）、血管撮影2件（3.2%）以外の42件（66.7%）が手術操作による脊髄障害であった。

1. 脊髄障害の原因

(1) 脊髄後方除圧に伴ったもの

脊髄後方除圧18例中5件が棘突起縦割法による脊柱管拡大術によるもので、うち3件は椎弓溝部の蝶番状屈曲部の折損による椎弓片の脊柱管内への落ち込みが、1件では縦割時のエアドリル先端による直接損傷が、他の1件は棘突起間に渡した移植骨と硬膜との間にできた血腫が原因であった。椎弓切除に伴う13件中、後縦靱帯骨化症では2件は広範囲同時除圧を行なわなかったために発生し¹⁰⁾、それを行なった2件中、1件は術中の出血に

よる収縮期圧 80mmHg 以下の異常な血圧低下により、他の1件は術後の硬膜外血腫により発生した。胸椎黄色靱帯骨化例では2件が Luer と Kerrison Longeur による従来の椎弓切除中の器具による圧迫のため、en-bloc 法で行なった1件は誘発脊髄波の波高低下により、術中出血を止めようとして硬膜管を強く圧迫したときに発生したものと判断できた。この他黄色靱帯骨化症、胸椎症性脊髄症、頸椎症性脊髄症、転移性脊椎腫瘍の各1件が術後血腫で発生した。さらに胸椎症性脊髄症の2件は、椎弓切除後、椎体後縁の大きな骨棘の後方からの切除を行い、1件は硬膜外ルートで摘出したが術中損傷した硬膜管の一部から後日形成された硬膜外くも膜囊腫の脊髄圧迫が、径硬膜ルートをとった他の1件は脊髄の過剰な retraction が原因と考えられた（表4）。

(2) 脊髄腫瘍摘出術に伴ったもの

脊髄前方に局在した硬膜内髄外腫瘍5件は、後方からの摘出の際の進入側における脊髄の過剰な retraction による脊髄障害と考えられた。片側椎間関節切除を要した dumbbell 型腫瘍のうち4才と29才の2件は、腫瘍

表4 操作別障害発生メカニズム—その1

NO	原疾患	術式	操作	レベル	メカニズム
1	頸椎症性脊髄症	拡大術	縦割のみ	C3-7	椎弓陥没
2	〃 兼 CP*	〃	〃	〃	〃
3	〃 兼 CP*	〃	〃	〃	〃
4	〃	〃	〃	〃	直接挫創
5	〃	〃	+後方固定	〃	血腫形成
6	後縦靱帯骨化症	椎弓切除	逐次切除	C2-7	同時除圧なし**
7	〃	〃	〃	C4-Th7	〃**
8	〃	〃	en-bloc 法	C2-Th1	血圧低下
9	〃	〃	〃	Th4-8	血腫形成
10	黄色靱帯骨化症	〃	逐次切除	Th9-11	同時除圧なし***
11	〃	〃	〃	Th9-10	〃***
12	〃	〃	en-bloc 法	Th10-11	術中圧迫
13	〃	〃	〃	Th9-11	血腫形成
14	頸椎症性脊髄症	〃	逐次切除	C3-7	〃
15	転移性脊髄腫瘍	〃	〃	Th3-4	〃
16	胸椎症性脊髄症	〃	〃	Th1-2	〃
17	〃	〃	en-bloc 法	Th1-6	くも膜囊腫形成
18	〃	〃	〃	Th7-8	脊髄過剰圧排

* CP : Cerebral Palsy

** 術中脊髄が後方へ移動して椎弓縁で圧迫された

*** 狭い脊柱管内に入れた器具により脊髄が圧迫された

の atraumatic な摘出には成功したが脊柱支持性破綻により、それぞれ胸椎（3年9ヵ月後）、頸椎（2.5ヵ月後）に生じた高度な脊柱変形部で脊髓が圧迫された。

胸髄内動静脈奇形の1件は nidus の摘出後障害が現れたがその原因は解明できていない（表 5）。

(3) 前方固定術に伴ったもの

7件中3件は脊柱管内におよぶ除圧を行わない骨移植のみで脊髓障害が出現し、頸椎症性変化による既存の脊髓の圧迫状態が術中の伸展位で増強したところに加え

られた骨移植時の衝撃で発生したと推定された。また1件は C5/6 固定後、強い円背のため頸椎が過伸展位となり翌日 C5 後方すべりを生じ、さらに1件は亜全摘後の移植骨が傾き頸髄が圧迫され、1件は圧迫で極めて薄くなった胸髄を小さい視野内で後縦靱帯と誤認して切断した。また症例33は椎弓切除で脊髓障害を生じ回復途上の追加前方固定ではっきりした原因のないまま再度脊髓障害を生じ、脊髓の易損性が推定されたが原因の確定には至っていない（表 6）。

表 5 操作別障害発生メカニズム—その2（脊髓腫瘍摘出術）

NO	組織型	局 在	レベル	操 作	メカニズム
19	meningioma	硬膜内髄外 前方腫瘍	C1-2	後方摘出	脊髓過剰圧排
20	neurinoma	" "	C5-6	"	"
21	neurinoma	" "	C1-Th1	"	"
22	meningioma	" "	Th1-2	"	"
23	neurinoma	" "	Th12	"	"
24	ganglioneuroma	硬膜外 dumbbell	Th3-5	facetectomy	脊柱変形
25	neurinoma	硬膜内髄外 "	C3-5	"	"
26	angioma	髄内 AVM	Th5	nidus 摘出	不明

表 6 操作別障害発生メカニズム—その3

NO	原 疾 患	操 作	レベル	メカニズム
〔前方固定術〕				
27	C3 亜脱臼	整復骨移植	C3/4	過伸展時の衝撃
28	化膿性脊椎炎	搔爬骨移植	C5-7	"
29	頸椎症性脊髓症	骨移植のみ	C5/6	"
30	"	過伸展位臥床	C5/6	C5 後方すべり
31	"	C5 亜全摘	C4-6	移植骨陥入
32	胸椎症性脊髓症	骨棘切除	Th2/3	脊髓横切
33	後縦靱帯骨化症	Th5 椎体亜全摘	Th4-6	不明
〔くも膜剝離操作〕				
34	骨化性くも膜炎	骨化巣剝離	Th5-9	不詳
35	"	"	Th6	"
36	癒着性くも膜炎	癒着剝離	Th6-7	"
〔その他の手術〕				
37	astrocytoma	脊髓生検	C7	不明
38	多発性硬化症	"	C4-5 1	"
39	Ganglioneuroma	広範椎弓切除	Th2-7	不安定増大
40	後縦靱帯骨化症	オキシフル洗浄	Th6-7	加熱
41	環軸椎脱臼(RA)	環軸椎後方固定	C1/2	血腫形成
42	特発性側弯症	Harrington rod	Th3-12	過矯正

(4) くも膜剝離術に伴ったもの

3件中、2件では脊髓背側のくも膜の骨化部分を顕微鏡下で容易に剝離できたにもかかわらず後索中心に脊髓症状が増悪し、他の1件は動静脈奇形を摘出後の脊髓癒着剝離を試みて再度脊髓障害をきたしたが、誘発脊髓波は術中ゆるやかに低下しつつけており具体的な原因はまだ明らかでない(表6)。

(5) その他の手術操作に伴ったもの

2件は髄内の病変の小区画の生検で障害を残し、特発性側弯症の1件は有効な波形が得られない誘発脊髓波モニター下で施行された Harrington rod による側弯の

過矯正が、他の1件は脊柱変形で生じた脊髓症に椎弓と椎間関節の切除が追加された脊柱不安定性が原因であった。さらに、1件は局麻下の胸髄手術中、オキシフル液での硬膜管の洗浄に伴う局所の発熱による突然の脊髓障害、他の1件はRAによる環椎軸椎脱臼の後方固定後移植骨下に形成された血腫によるものであった(表6)。

(6) 脊髓腔造影に伴ったもの

10件中、胸椎レベルでの強い通過障害を呈した8件ではいずれも造影剤の化学的な作用が原因と推定されたが、原疾患、造影剤、注入法のいずれも特定のものはなく、通過状態の比較的良好だった頸椎レベルでの2件中、OPLL

表7 操作別にみた障害発生メカニズム—その4

[脊髓腔造影]					
NO	原疾患	造影剤(ml)と注入法	レベル	通過状態	メカニズム
43	癒着性くも膜炎	Myodil (8)上行	Th7-12	完全 block	くも膜炎悪化
44	転移性脊椎腫瘍	〃 (4)下行	Th2/3	〃	不明
45	胸椎部脊柱管狭窄	Metrizamide (7)上行	Th11/12	〃	〃
46	後縦靱帯骨化症	〃 (12)両方	Th7-8	〃	〃
47	胸椎部脊柱管狭窄	〃 (6.5)下行	Th11/12	〃	〃
48	転移性脊椎腫瘍	〃 (10)上行	Th4	不完全 block	〃
49	転移性脊椎腫瘍	〃 (10)上行	Th1-2	〃	〃
50	神経鞘腫	Iotrolan (10)上行	Th10-11	完全 block	〃
51	後縦靱帯骨化症	Metrizamide (10)上行	C3-5	通過	過伸展強制
52	頸椎症性脊髄症	〃 (10)上行	C6/7	〃	ヘルニア誘発
[硬膜外腔穿刺]					
	原疾患	操 作	レベル	メカニズム	
53	側弯症	Touchy 針挿入	C7-Th1	脊髄刺傷	
54	三叉神経痛	電極挿入	C7-Th1	〃	
55	転移性脊椎腫瘍	持続カテーテル留置	Th11	硬膜外膿瘍	
56	带状疱疹	〃	Th4	〃	
57	大腸癌	〃	Th7	硬膜外血腫	
[その他の脊柱管穿刺]					
	原疾患	操 作	レベル	メカニズム	
58	頸髄動静脈奇形	腰椎穿刺	L4/5	血管腫破裂	
59	胸椎症性脊髄症	くも膜下ステロイド注入	〃	薬剤障害	
60	虫垂炎疑い	腰椎麻酔	〃	操作と関係なし	
61	〃	〃	〃	〃	
[選択的血管造影]					
	原疾患	造影血管—同時描出	レベル	メカニズム	
62	副甲状腺腫	甲状腺動脈幹—前脊髄動脈	Th3-5	血栓形成	
63	肺癌	気管支動脈—後脊髄動脈	C5/6	〃	

例は頸部痛で伏臥位がとれない時の静脈麻酔下での頸部伸展位撮影により、頸椎症性脊髄症例は造影中四肢への電撃痛を伴うヘルニア脱出により発生した（表 7）。

(7) 硬膜外腔穿刺に伴ったもの

2 件が Touhy 針および電極の脊髄内誤刺入により、3 件は持続用カテーテル先端における硬膜外膿瘍または血腫の形成によった（表 7）。

(8) その他の操作に伴ったもの

1 件は髄液検査のための腰椎穿刺時に頸髄硬膜外動脈奇形が破裂して発生、他の 1 件は除痛の目的でも膜下腔に注入されたステロイド懸濁液中のポリエチレングリコールの作用によると考えられた¹⁵⁾。一方、腰椎麻酔で対麻痺をきたしたとされていた 2 件は、腰麻前にすでに軽い麻痺がみられていたこと、同様の腰麻後麻痺例からの類推により偶発した別の何らかの原因の胸髄障害を腰麻由来と誤認したものと考えられた（表 7）。

(9) 血管造影に伴ったもの

2 件とも目的の造影血管の一部から前または後脊髄動脈への根動脈が偶然分岐しているのが造影されており、このため血栓などの偶発による脊髄血行障害が考えられた（表 7）。

2. 脊髄への障害様式

これらのメカニズムの異なる原因によって脊髄組織内に生じた病理学的変化は検索できないため、結果的に脊髄に対する直接の障害様式からみると、脊髄への亜急性～慢性の持続性圧迫が18件（28.6%）で最も多く、ついで硬膜外からの急性圧迫が13件（20.6%）、薬剤の化学的影響によるものが9件（14.3%）、脊髄への直接の機械的挫創と硬膜内での単純な急性圧迫が各々6件（9.5%）、脊髄血行障害が3件（4.8%）、脊髄の加熱によるものが1件（1.6%）、その他5件（7.9%）に分けられたがなお原因不明のものも2件（3.2%）みられた。

3. 術者の分析

術者の所属科別には整形外科が53件（84.1%）と最も多く、麻酔科5件（7.9%）がこれにつだが、腹部外科2件、胸部外科、神経内科、脳外科各1件もみられた。また術者の熟練度別には、大学の教授、助教授、講師や各専門分野の指導的立場の医師によるものと、障害の原因となった操作手技をひととおり修得した各科での認定医クラスの医師によるものがそれぞれ28件（44.4%）であったのに対し、彼らの指導下で操作を行なっている研修医クラスの医師によるものは7件（11.1%）に留まっていた。

4. 発生の背景の分析

安全な手術手技の普及前や疾患の病態が未解明な時代の試行錯誤的な操作の結果と思われるものが最も多く17件（27.0%）を占め、逆に病態の知識や技術の習得が不十分なためと思われるものは比較的少なく4件（6.3%）にとどまった。またくも膜下腔に入れた薬剤の副作用が9件（14.3%）あったほか、手技に習熟しリスクも充分承知しているにもかかわらず単純に手技を誤ったものが7件（11.1%）あり、感染など侵襲的操作に付随する非特異的合併症も11件（17.5%）と多かった。一方、操作でヘルニアや血管腫破裂が誘発されたものと、操作が原因ではないと推定されたもの（症例60, 61）が各2件（3.2%）みられたほか、脊髄生検など通常は危険とされていない操作を行なって生じたものも11件（17.5%）あった。

B. 脊髄モニタリングの有効性

障害発生時の脊髄モニタリング状態は、全身麻酔下で全くモニター機能が無かったものが28件（44.4%）あるのに対し、意識下で患者が発生を充分認知し得る状態にあったもの25件（39.7%）、全身麻酔下であるが誘発脊髄波によるモニタリングが実施されていたもの8件（12.7%）、麻酔覚醒直後で朦朧状態にあったものが2件（3.2%）であった。誘発脊髄波モニタリング中に障害が発生した8件中、操作中の急な波高低下または消失で障害発生を追認しただけのもの4件、モニターに使える明瞭な波形が得られないうちに障害が発生したのが2件あったほか、障害が現れたにもかかわらず波形に変化が認められなかったものが2件あった。

C. 障害の発生時間とその程度

1. 発症の時間的要素

脊髄障害はその発症要因が加えられてから瞬間的に近い早さで麻痺が完成した急性型35件（55.6%）、数時間から7日以内まで進行を示した亜急性型23件（36.5%）、さらに少なくとも2週間以上にわたって緩徐な進行を示した緩徐進行型5件（7.9%）に分類できた。急性型ではすべて操作途中で麻痺が出現したのに対し亜急性型と緩徐進行型では、操作終了後24時間以内の発症が16件、2～7日のものが4件あり、さらに遅れて発症したものも6件みられた。

2. 重症度とその推移

脊髄機能保有率は操作前には31～100%（平均71.2%）であったが、操作により最少6%、最大100%の量の脊髄機能が失われた結果操作後の脊髄機能保有率は0～77%（平均23.4%）に低下したが頸髄障害では0%にまで低下した例はなかった。一方、実用的には操作前には食事動作または歩行のできない例は6件のみであったが、

操作後は58件 (92.0%) が食事動作か歩行の全くできない重症の脊髄障害に陥っていたが最終的にはそれらは17件 (27.0%) にまで減少した。

D. 脊髄障害のレベルと型

1. 神経学的所見とその特性

脊髄障害のレベルは頸髄26件 (41.3%)、胸髄32件 (50.8%)、腰髄5件 (7.9%) で、形は操作前の症状とは関係なく、横断型のものが54件 (85.7%) と大半を占めたが、頸髄障害に限り中心型のもの5件、Brown-Séquard 型2件、Motor system syndrome 型1件、片麻痺型各1件も存在した。

麻痺の性質は上肢では弛緩性18件、痙性2件、それらの混在したものと判定困難なもの5件と下位ニューロン障害が中心であったが、下肢では、操作前には45件が痙性麻痺であったのに対し、操作後は33件に減少し、かわって上位ニューロン障害であるにもかかわらず24件が弛緩性麻痺の形をとっていた。後者は5件を除き痙性麻痺か正常へと移行したが、その時期は早いもので24時間後であったがほとんどの例は1～2カ月の間弛緩性麻痺が続いた (表8)。腱反射にも特徴があり、膝蓋腱反射とアキレス腱反射は28件 (44.4%) ですべて病的亢進していたが、6件 (9.5%) では軽度亢進～正常、5件 (7.9%) ではすべて正常となっており、逆に7件 (11.1%) では正常～低下の形をとっており、13件 (20.6%) ではどの反射も完全消失していた。また残りの3件 (4.8%) では反射の亢進と減弱が混在していた。

E. 脊髄障害の原因検索のための検査法とそれらの有効性

原因検索のための検査のうち、脊髄腔造影は24件中15件 (62.5%) で、その後のCTでは20件中16件 (80.0%)、MRIでは3件中1件 (33.3%) で原因を特定するだけの診断的価値があった。一方、これらに平行して行なった revision などの観血的検索でも、28件中22件 (88.0%) で原因を特定することができた。

F. 病態別に実施した治療法とその効果

1. 手術

手術は障害の発生メカニズムに応じて31件に施行された (表9)。

(1) 障害様式別回復率

亜急性～慢性硬膜外圧迫の16件は平均145%と高く、脊髄腔造影の造影剤による6件は116%であったが、硬膜外急性圧迫の8件は96%と低く、側弯過矯正の1件は全く回復しなかった。

(2) 発症の早さ別回復率

表8 操作による下肢麻痺の性質の変化

操作前	操 作 後				
	痙性 3 3	弛緩性 2 4	混在 2	判定不能 2	正常 2 **
痙性	4 5	2 7	1 6	1	0
弛緩性	1 *	0	1 *	0	0
混在	2 *	0	0	1 *	0
判定不能	1	1	0	0	0
正常	1 4	5	7	0	0
最 終 時	5 1	5	0	1	6

* : 重複障害例で一回目の障害の影響が残っている

** : 中心性頸髄障害のため

混在 : 一部痙性、一部弛緩性

表9 発生メカニズム別にみた手術療法

【メカニズム】	【手術法】
血腫形成 …… 8	血腫除去 …… 8
造影剤障害 …… 7	椎弓切除、腫瘍摘出 7
頸椎過伸展障害 …… 4	椎弓切除 …… 2
	脊柱管拡大術 …… 1
	前方固定 …… 1
拡大椎弓陥没 …… 3	椎弓切除 …… 2
	再拡大術 …… 1
膿瘍形成 …… 2	膿瘍除去 …… 2
側弯過矯正 …… 1	ハリントン棒除去 …… 1
硬膜嚢腫形成 …… 1	摘出 …… 1
癒着性くも膜炎 …… 1	癒着剝離 …… 1
血管腫破裂 …… 1	血管腫摘出 …… 1
移植骨陥入 …… 1	移植骨入れ直し …… 1
頸椎後弯 …… 1	前方固定 …… 1
ヘルニア偶発 …… 1	前方固定 …… 1

亜急性型の16件は平均148.6%と高かったが、緩徐進行型の5例は116.6%で、急性型の10件は81.7%とかなり劣っていた。

2. ステロイド剤

ステロイド剤は原因や発生メカニズムを特定せず27件に使用され、種類は dexamethasone, hydrocortisone, predonisolone が主で、1日の最大使用量は、predonisolone 換算で、40～448mg (平均164.7mg) で、使用総量 125～2268mg (平均660mg)、使用期間は1～50日平均 (8.1日) であった。

(1) 障害様式別回復率

手術療法と異なり急性硬膜内脊髄圧迫 5 件が平均184%と著しく高いほか亜急性～慢性硬膜外圧迫の147%, 直接脊髄内損傷と急性硬膜外圧迫がそれぞれ80%, 薬剤障害が72%, その他が40%と障害様式によりかなりの差がみられた。

(2) 発症の早さ別回復率

発症の早さとステロイド効果には関連がなかった。

G. 発症後の経過と予後に影響した因子

1. 回復の分析と最終結果

最初に出現した回復徴候は、回復がみられた54件中運動麻痺の改善が37件 (68.5%) と多く、その出現時間は24時間以内に27件 (50%) が、7日以内には45件 (85%) が出現し、1件を除き遅くとも3カ月以内に現れた。また回復は最短3～7日で停止したが、多くは6カ月から1年後まで回復が続いたのち plateau になった。

最終的には原疾患の治療による改善も加わったため、回復率は0～833% (平均103.7%) にわたったが、その程度別にみると、回復なし9件 (14.3%), 回復率1～50%のもの10件 (15.9%), 同51～99%のもの14件 (22.2%), 100%の完全な回復6件 (9.5%), 100%を越えた回復24件 (38.1%) に分れ、後二者の30件 (47.6%) が少なくとも操作前の状態にまでは戻り得た。

2. 予後に影響した因子の検討

平均回復率で比較すると、発症の早さでは急性発症群は92%と低かったが、亜急性発症群は136%, 慢性発症群は117%と発症時間による差がみられた ($p<0.01$)。

脊髄の障害様式別には、急性硬膜内脊髄圧迫群が153%, 亜急性～慢性持続性圧迫群が141%で、例外的な加熱障害例を除いては薬剤障害群の104%やその他の群と有意の差があった。治療開始時間別には24時間以内の27件は140%, 2～7日の17件が111%, それ以後の群では77%と著明な差があった。

一方回復徴候別には、最初に運動麻痺改善徴候の出現した群が140%と最もよく ($p<0.05$), 知覚92%, 膀胱53%とあきらかな関連性がみられ、さらにその出現時間別には早いほうが回復率がよく、特に24時間以内に限れば162%で、2～7日内の98%, それ以後の61%に比べ著しい差となった ($p<0.01$)。

しかし以上の傾向はいずれも例外を含んでおり、どの因子も単独では回復率を規定する絶対的な要素にはなり得ていなかった。また操作で失った脊髄機能の量は、回復率と逆比例する傾向があったが (図 1), 残った脊髄機能の量を示している重症度は、機能保有率が0%となった群だけが回復率27%と著しく低かったほかは回復率に影響がなかった。また症例の年齢、操作前重症度 (機能

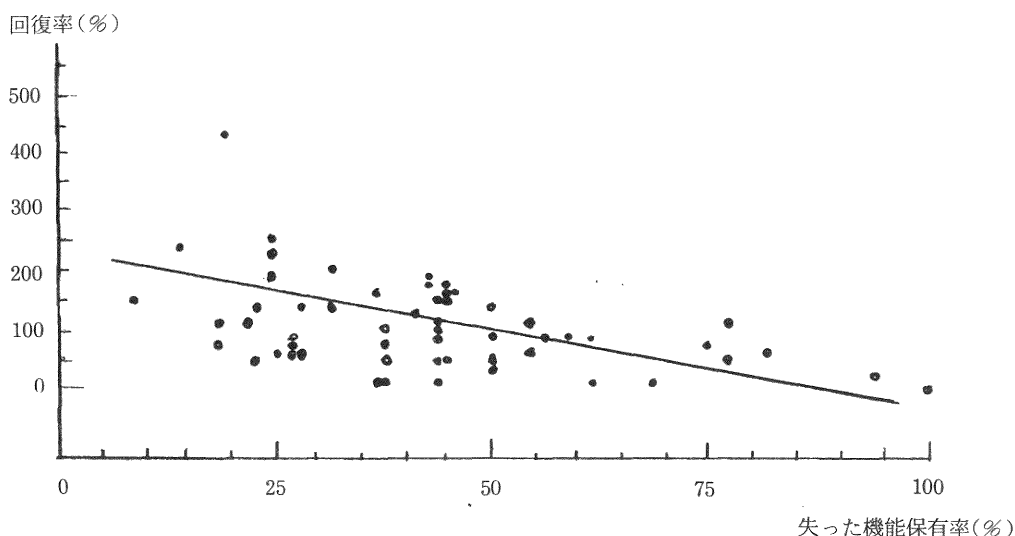


図 1 操作で失った機能と回復率との関連

操作で失った機能の量 (生じた障害の大きさ) は操作前機能保有率から操作後の保有率を引いた値で表され、この値が大きくなるのに伴って回復率も低下する傾向があった。(回復率 833% の 1 例を除く)

保有率), 障害レベル, 下肢麻痺の性質および腱反射も回復の程度と関連がなかった。

IV. 考 察

各種の脊椎・脊髄に関連する操作により発生する脊髄障害は必ずしも稀なものではない。この予防と対策は手術の安全さや成績の向上という観点からも、また malpractice 防止という目的からもきわめて重要であり、かつ実際に遭遇した関係者にとっては深刻な問題でもある。しかし、このような問題に関するまとまった報告や研究は内外ともわずかで¹⁾¹³⁾²³⁾、そのために同じような障害が発生し続けているのが現状と思われる。

A. 発生原因と予防の可能性とその限界

1. 発生の背景からみた予防について

発生の背景からみると、後縦靱帯骨化症や黄色靱帯骨化症の手術が始められた頃のように術式や病態の解明が未発達で試行錯誤のあった時期に生じたようなものは知識の発達で防止できよう。また、薬剤の副作用、感染のように術者個人の努力では防ぎきれないものも薬剤や滅菌技術の発達により少しずつ減少するであろう。一方、修練不足によって生じるものは熟練によって減少せしめ得ようが、熟練者といえども、危険を熟知しているなかでうっかり判断を誤って生じるもの、通常は必ずしも危険とは考えられていない操作に不幸な偶然が重なって生じるもの、さらには未だメカニズムが解明されていないものなども少なくなく、必ずしも熟練のみが発生を唯一防止できるとは言えず、熟練の他にすでに解明された発生メカニズムを熟知してこれを意識的に避けることと発生を脊髄モニタリングにより初期のうちにできるかぎり発見することがあわせて重要と考えられる。

2. 発生メカニズム別にみた予防について

(1) 後方除圧時

後方除圧における最大のリスクは術式と対象疾患の間に存在する。椎弓を逐次切除する従来の椎弓切除法は後縦靱帯骨化症では脊髄障害を起し易いことは桐田により指摘され¹⁰⁾、同様に黄色靱帯骨化症も骨化巣の圧迫で脊柱管内に余裕がなく脊髄に損傷を与え易いことはすでによく知られ、エアードリルによる広範囲同時除圧式椎弓切除へ変わり防止されるようになった。同様に、後縦靱帯骨化症では術中術後の血圧低下が脊髄障害を招来する例があることは桐田が繰り返し述べており¹⁰⁾知ってさえおれば回避することがほぼ可能であろう。また脊柱管拡大術における椎弓溝部の蝶番部折損による拡大椎弓の落ち込みは、強い前屈運動をするアテトーゼ型脳性麻

痺では椎弓が項筋に押されて生じ易いと考えられるので適用すべきでないを考える。

一方、血腫形成に関しては suction drain の閉塞などは完璧な予防が困難で、術後の観察で早期に発見して処置するしかないと思われる。

(2) 脊髄腫瘍摘出に関して

最大のリスクは前方局在腫瘍摘出時の過剰な脊髄 retraction にあり、硬膜内髄外腫瘍の10%を占めるとされる¹⁶⁾このタイプの腫瘍は大きさに応じてアプローチを後側方か前方に変えることが必要と考えられる。また腫瘍摘出後の脊柱変形は椎間関節切除後に起き易いとされていることから⁴⁾¹²⁾¹⁸⁾、椎間関節を切除した dumbbell 型腫瘍は予防的固定術を加えるか⁴⁾、長期の観察下に置き、変形が出現したら脊髄症状を出す前に固定する必要がある⁴⁾⁹⁾⁶⁾。

(3) 頸椎 alignment の問題

頸椎は伸展位では dynamic canal stenosis を生じて脊柱管が中間位より狭くなるとされており⁸⁾、すでに頸椎症による脊髄の圧迫がある例では、軽い伸展位をとらせる頸椎前方固定時や脊髄腔造影時には、脊髄は障害を生じ易くなっていると推定され、一般により安全と考えられがちな除圧なしの前方固定や、意識低下状態での頸部脊髄腔造影では過伸展にならないよう特に注意を払わねばならないと思われる。

(5) くも膜剥離操作について

骨化性くも膜炎による脊髄障害は稀な病態でその報告も多くはないが、本論文の対象症例34, 35(表6)のような骨化部が容易に剥離できても原因の明確でない悪化例(8~16%)や不変例(20~32%)が少なからず報告されており²⁰⁾²²⁾、本症手術には未解明のリスクが内在していることが推定され、あえて剥離を試みるとしても脊髄モニタリングなどでの厳重な監視が不可欠であろう。

(6) その他の手術手技

後方からの前方圧迫物切除の際には脊髄損傷を起し易いとするものと、胸椎の後縦靱帯骨化巣でも摘出できるとする考え¹⁷⁾があるが、いずれにせよこの操作は高度の熟練をもってしても脊髄前方腫瘍と同様原理的に脊髄の over-retraction の可能性を持っており、前方除圧の方が安全と考えられる。一方、脊髄後正中切開そのものは理論的には脊髄を損傷する危険はないとされているが、髄内操作の範囲によってはやはり障害を起し得るので誘発脊髄波による操作量のコントロールが必要であろう。また内山²¹⁾によれば脊髄内温度45度以上では脊髄組織の破壊が認められるとされ、オキシフルや骨セメ

ントなどの発熱物質の脊髄付近での使用には適切な冷却手段を用意しておく必要がある。

(7) くも膜下腔内の薬剤について

油性造影剤により発生する癒着性くも膜炎とステロイド懸濁液による髄膜炎¹⁵⁾は製剤の変更により発生がなくなった。しかし現在の水溶性造影剤でみられる胸椎レベルに強い髄液通過障害のある時に限って造影直後早期に発生するメカニズム未解明の脊髄障害は今のところ確実な予防法はないと思われる。

(8) 硬膜外腔穿刺

硬膜外腔穿刺手技に伴う脊髄穿刺は全身麻酔を避け意識下で行なうことでかなり防止されよう。一方でカテーテルの長期留置時の硬膜外腔感染²⁾は、留置期間、注入回数ではなく用いたトレイが最大の汚染源となった報告⁵⁾など感染源の完全な遮断は実際上容易でなく、留置中の頻回の神経学的チェックで発生を早期に発見して治療することが重要なポイントとなろう。

(9) 血管造影

症例62, 63 (表 7) のように気管支動脈など通常脊髄への血行に余り関与していないと考えられている血管に対する選択的造影時に脊髄障害が偶発することは Fieglson³⁾, Kardien⁷⁾らによっても報告されており、甲狀頸動脈幹など同様の頸胸移行部近くの血管では選択的脊髄動脈造影に準じた血栓形成防止手技が必要であろう。

2. 誘発脊髄波による脊髄モニタリング

手術時の脊髄障害発生予防の目的で、黒川¹⁴⁾、玉置¹⁹⁾による誘発脊髄波が現在広く用いられ側弯矯正時を中心に良好な防止効果を挙げていることは周知の事実であるが、なお術中障害を生じて波形に変化の現れなかった例、瞬時に発生し脊髄波はそれを追認するしかなかった例が存在することは、この方法による脊髄障害の予防には限界があり、操作に伴って少しずつ増加するような脊髄障害に限って有効な防止効果があることを示している。

B. 発生後の直接原因の確認のための検索についての考察

従来脊髄手術等で麻痺が発生すると脊髄浮腫としてしばらく静観する傾向が一般的であった。しかし浮腫が一次的に出現することは理論的には考えがたく、あくまで何らかの脊髄への障害の結果として二次的に出現すると考えられる。さらに本障害における脊髄症所見はかなり特異で、腱反射は亢進、正常、低下、消失のいずれの態度もとる得、その性質も痙性、弛緩性のいずれもみられ、

上肢のみの中心性障害や片麻痺の形をとるものもあることから、発生当初に脳、神経根、腕神経叢、末梢神経障害などと誤認される可能性も大きい。脊髄の非可逆的な変化を増加させず回復率をあげるには原因に応じた早期の適切な治療開始が重要で、操作後脊髄障害を疑ったならば直ちに原因検索を開始する必要がある。その方法としては脊髄腔造影と CT が最も实际的で診断率も高かったが、手術による直視下診断はさらに高い診断価値があったことから、画像で診断が決定できない場合には治療を兼ねた観血的診断をも躊躇すべきではないと考える。

C. つきとめた脊髄障害の病態別治療法について

直接の原因が脊髄内挫創や硬膜内外での非持続的な急性圧迫であれば外科的治療はもはや適応にはならずステロイド剤の効果に期待するしかないであろう。慢性または持続的圧迫の場合はそれぞれの原因と発症の早さに応じて外科的治療が必要になり、血腫、硬膜外膿瘍、脱出ヘルニアなどの mass lesion は発見し次第緊急に、拡大椎弓の落ち込みや硬膜外嚢腫などの比較的緩徐に伸展するものは準緊急的に除去し、脊柱変形によるものも可及的早期に固定術を施行する必要がある。一方、水溶性脊髄腔造影剤によるものは原疾患の治療に伴う髄液通過障害の改善が最も有効な治療であった。頸椎過伸展に伴うものは直ちに前屈位に保持したのち脊柱管の拡大が必要となろう。

D. 予後判定に役立つ所見について

本障害の転帰の正確な予測は社会的な面でも重要な意味をもつと思われる。しかし他の疾患や外傷のように自然経過や回復過程に関する研究などは皆無に等しい。しかし、今回の調査では、1) 亜急性ないしは慢性発症で、2) 失った脊髄機能の絶対量が比較的少なく、3) かつ完全な機能消失の状態でなく、4) 障害様式としては脊髄の圧迫であり、5) 治療開始が24時間以内で、6) 運動麻痺の改善徴候が24時間以内に出現している。

以上のような条件が数多くみられるものに良好な転帰が期待でき、そうでない場合充分な回復は望み得ないことがわかった。

V. 結 語

1. 脊柱内外の操作で生じた脊髄障害55例63件を検討し、その発生予防、発生の原因および原因別に有効な処置法について検討した。

2. 原疾患は脊椎症、脊髄腫瘍、後縦靱帯や黄色靱帯の骨化症、転移性脊椎腫瘍、くも膜炎、側弯症、脊髄動脈奇形、頸椎脱臼、脊椎炎、多発性硬化症、胸部脊柱

管狭窄症の脊椎・脊髓疾患が87%を占め、その他急性腹症、結腸癌、肺癌、副甲状腺腫、三叉神経痛、带状疱疹などの背柱以外の疾患に対して麻酔や除痛の目的で実施した操作によるものが13%を占めていた。

3. 障害を招来した操作は各種の脊椎・脊髓手術、脊髓腔造影、硬膜外腔穿刺やカテーテル留置、腰椎穿刺、および頸胸椎移行部付近での血管撮影であった。

4. 障害の発生原因は脊髓への圧迫、脊髓の直接挫創、薬剤による障害、血行障害、加熱などであった。

5. 惹起された脊髓障害の92.0%が、上肢障害としては食事動作が、下肢障害としては起立歩行ができない重篤なもので、神経学的所見の特徴は反射抑制を含む弛緩性麻痺であった。

6. 障害の予後は発症の早さ、加わった障害の程度、障害様式、治療開始時間、最初に出現する回復徴候の種類とその出現までの時間、完全麻痺か否かの因子に関連を持っており、これらの因子からある程度の転帰の予測が可能と思われた。

参 考 文 献

- 1) 江原宗平, 他: 頸部脊髓・神経根症の外科的治療後に見られた神経合併症の検討. 臨整外, 22: 802~810, 1987.
- 2) Ferguson, J.F., et al.: Epidural empyema following thoracic extradural block. J. Neurosurg., 41: 762~764, 1974.
- 3) Fieglson, H., et al.: Transverse myelitis following selective bronchial arteriography. Radiology, 85: 663, 1965.
- 4) 本間隆夫, 他: 脊髓腫瘍摘出時の脊柱支持性とその再建術施行例の検討. 日整会誌, 55: 1331~1333, 1981.
- 5) Hunt, J.R., et al.: The potential for contamination of continuous epidural catheters. Anesth. Anal., 56: 222~225, 1977.
- 6) 金田清志: 椎弓切除後後彎変形の再建手術. 手術, 34: 405~412, 1981.
- 7) Kardjiev, V. et al.: Ruckenmarkschaden bei selectiver Angiographie der Bronchial arterien, Rad. diag., 14: 411~413, 1973.
- 8) 片岡 治, 他: 頸椎症性脊髓症における dynamic canal stenosis について, 臨整外, 10: 1133~1143, 1975.
- 9) 城所請郎: 頸部硬膜内髄外腫瘍摘出術後脊柱不安定性をきたした症例, 整形外科, 15: 360~365, 1964.
- 10) 桐田良人: 広範囲同時除圧式椎弓切除術について, 日整会誌, 58: 241~252, 1984.
- 11) 近藤鋭矢, 他: 頸部脊椎骨軟骨症. 日整会誌, 35: 755~764, 1961.
- 12) Lonstein, J.E.: Post-laminectomy kyphosis. Clin. Orthop., 128: 93~100, 1977.
- 13) Meinecke, F.W.: Spinal cord lesions after diagnostic and therapeutic procedures. Paraplegia, 17: 284~293, 1978.
- 14) 黒川高秀: 脳脊髓誘発電位. 中西孝雄編 東京, 朝倉書店, 1982.
- 15) Nelson, D.A.: Dangers from methylpredonisolone acetate therapy by intraspinal injection. Arch. Neural., 45: 804~806, 1988.
- 16) 大島義彦: 脊髓腫瘍150例の症候学のおよび診断学的検討. 整形災害外科, 24: 885~896, 1981.
- 17) 大塚訓喜, 他: 胸椎後縦靱帯骨化症に対する後方進入脊髓前方除圧の経験. 臨整外, 23: 467~472, 1988.
- 18) Tachdjian, M.O., et al.: Orthopedic aspect of intraspinal tumor in infants and children. J. Bone Joint Surg., 47A: 223~248, 1965.
- 19) Tamaki, T., et al.: The prevention of iatrogenic spinal cord injury utilizing the evoked spinal cord potential, International orthopedics, 4: 313~317, 1981.
- 20) Tomasello, F., et al.: Spinal ossifying arachnoiditis. J. Neurosurg. Sci., 29: 335~340, 1985.
- 21) 内山政二: 脊椎・脊髓に対するラジオ波加温と脊髓の許容温度に関する基礎的実験. 新潟医学会雑誌, 102: 131~140, 1988.
- 22) Whittle, I.R., et al.: Symptomatic arachnoiditis ossificans Report of two cases. Acta Neurochirurgica, 65: 207~216, 1982.
- 23) 米延策雄, 他: 頸椎椎間板ヘルニアおよび頸椎症による脊髓症の術後神経症状悪化例の検討. 臨整外, 19: 449~455, 1986.

(平成元年1月17日受付)