

脊髄・脊椎損傷の急性期治療

The Treatment of Acute Spine and Spinal Injury

鈴木 晋介

Shinsuke Suzuki, M. D.

Key words

acute spinal injury, treatment, rehabilitation, instrumentation, ADL

脊髄損傷の急性期の管理の要点は、ADL 自立に向けての早期離床・早期リハビリテーション（以下、リハビリ）と考える。保存的治療に反応しない症例で、脊髄の障害レベルに一致した持続的責任圧迫病変や高度不安定病変がある場合は、可及的早期に脊髄の除圧および脊椎の固定を目指し治療すべきである。早期に除圧・固定を行い、不安定な病変の安定化を図り、早期離床・早期リハビリを目指すことはおそらく理にかなっているものと思われる。現在、脊椎 instrumentation の使用により術後臥床期間の短縮が可能であり、さらに早期離床が図られうと思われた。合併損傷や合併症の急性期管理は、複数科によるチーム医療が必要で連携した集中治療を行うことが重要である。また、多数科の医師との連携と、パラメディカルスタッフの育成がよりよい治療を継続するうえで必要である。

はじめに

脊髄・脊椎損傷は、若い世代と高齢者に二峰性ピークを有し発症する傾向があり¹⁻⁶⁾、いずれの年代に発症したとしても重篤な機能障害をきたし大きな社会問題となる。脊髄損傷は重篤な障害が遺残することがあり、本人や家族の悲劇はもちろん、介護者、社会への影響も多大で経済的損失も計りしれない。ただし、彼らの残された機能を十分に発揮させ、社会復帰に導くように援助することが脊髄損傷を治療する者の責任であると痛感している。さらにそれが社会貢献につながると考えている。

脊髄・脊椎損傷患者の急性期治療の現状とその問題点を明らかにしたいと考えた。当科の治療成績を交え、その問題点、ガイドライン^{7,8)}や文献的な報告にも言及する。

脊髄・脊椎損傷の疫学

本邦の脊髄・脊椎損傷の疫学に関して、日本の Shingu ら^{1,2)}による全国調査では、日本の脊髄損傷〔Frankel 分類⁹⁾A, B, C, D〕の発生頻度は人口 100 万人あたり 40.2 人で、本邦では年間 5,000 人程度発生しているとされる。この調査は本邦では初めての大規模調査の結果であるが、ほぼ北米と同じ頻度とされている。男性が約 80%を占め、原因は交通事故が最も多く（44%）、転落（29%）、転倒（13%）であった。年齢分布は二峰性の分布（60 歳代と 20 歳代）を示すことが特徴的である。当科の症例の年齢分布も二峰性を示し、おおむね同様の傾向があった（Fig. 1）³⁻⁶⁾。

損傷レベルは頸髄が 75%、胸腰仙椎が 25%であった。完全損傷が全体の 26%で、頸髄損傷のなかで単純 X 線撮影上骨損傷のないものが 56%を占めていた。骨傷のない脊髄損傷が多いのもわが国の特徴である。

本邦では 2007 年 5 月に危険運転致死罪が成立し、それ以後は無謀な交通事故による外傷例が減り、若年者症例の減少をみている。したがって最近の特徴は、高齢者の転倒、転落例の増加傾向である¹⁰⁾。

国立病院機構仙台医療センター脳神経外科／〒983-8520 仙台市宮城野区宮城野 2-8-8〔連絡先：鈴木晋介〕

Address reprint requests to : Shinsuke Suzuki, M. D., Department of Neurosurgery, Sendai Medical Center, 2-8-8 Miyagino, Miyagino-ku, Sendai-shi, Miyagi 983-8520, Japan

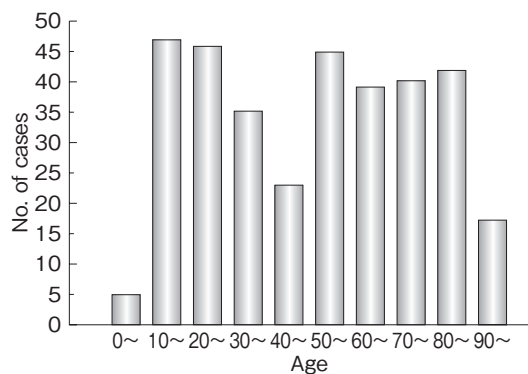


Fig. 1 当科の脊髄・脊椎損傷症例の年齢分布
全体的に二峰性を示し、20 歳代と 50~60 歳代にピークを有した。Shingu らの全国調査とほぼ同様の傾向を認める。

Table 1 ASIA Impairment scale

Grade	内 容
A (完全損傷)	S4, S5 関節までの運動・知覚の完全麻痺
B (不完全損傷)	知覚が S4, S5 髄節レベルまで保たれている。運動は完全麻痺
C (不完全損傷)	障害レベル以下の運動機能は保たれているが、筋力は 3 未満
D (不完全損傷)	障害レベル以下の運動機能は保たれて、筋力は 3 以上
E (正常)	運動・知覚機能は正常

Frankel 分類を改良して、より正確な評価をすることを骨子としている。現在のところ、最もスタンダードな分類。

外傷性脊髄損傷の病理

外傷性脊髄損傷の病理像¹¹⁾は時間とともに大きく変化するとされる。急性期の病理像であるが、受傷早期には小出血主体の外力による機械的損傷（一次損傷：primary injury）であったものが、数時間から 24 時間後に出血性壊死が出現し病変は増大する。これは二次損傷（secondary injury）と呼ばれ、メカニズムは複雑で、外力による脊髄の損傷に続発する虚血、浮腫、炎症性変化などによるものとされる。剖検例の典型的な病理像を **Fig. 2** に示す。亜急性期（外傷後 2~3 週間後）には、壊死巣へのマクロファージの遊走、新生血管の出現がみられ、数カ月後の慢性期には髄内の空洞化やグリオシスが著明となる。

脊髄損傷の重症度

1. Frankel 分類と ASIA 分類

脊髄損傷の重症度は Frankel scale (Frankel 分類)⁹⁾あ

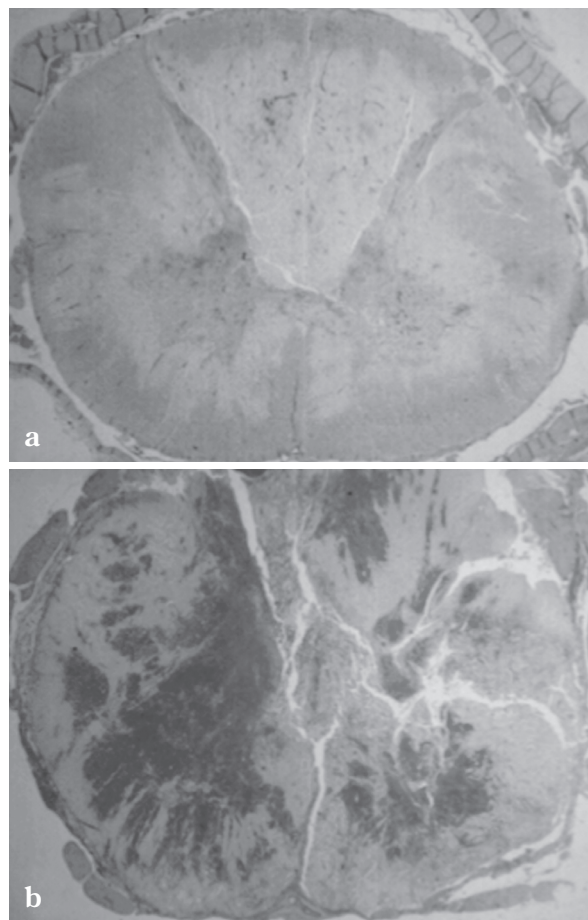


Fig. 2

交通事故受傷 3 日後の頸髄損傷剖検病理像。かなり激しい 2 次損傷の典型的病理像である。脊髄損傷病変は出血病変と浮腫が著明である (a)。それより頭側では非出血性の著明な浮腫病巣と虚血病変を認める (b)。虚血病変は脊髄動脈の閉塞がなく、静脈性梗塞であると判断された。

(札幌医科大学脳神経外科 小柳泉 先生より提供)

るいは American Spinal Injury Association¹²⁻¹⁴⁾ Impairment scale (ASIA 分類) (**Table 1**) で分類される。ASIA 分類は、完全麻痺のようにみえても仙髄機能が残存していることがあり (sacral sparing)、このような例は完全脊髄損傷ではなく不完全脊髄損傷であり、麻痺の回復が期待されるので、この部分を ASIA が Frankel 分類を改良したものである。基本的には、病変の重症度から、完全脊髄損傷か不完全脊髄損傷に正確に分け、後者を B, C, D に grading したと考えればよい。

神経学的重症度は、ASIA の Standard neurological classification of spinal cord injury (**Fig. 3**) によって評価するのがよい。この評価は Yale 大学方式を踏襲したもので、定量的統計評価が可能で、脊髄損傷に対する National Acute Spinal Cord Injury Study (NASCIS) のメチルプレド

MOTOR KEY MUSCLES

C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 L1 L2 L3 L4 L5 S1 S2 S3 S4 S5

Elbow flexors
Wrist extensors
Elbow extensors
Finger flexors (distal phalanx of middle finger)
Finger abductors (little finger)

0 = total paralysis
1 = palpable or visible contraction
2 = active movement, gravity eliminated
3 = active movement, against gravity
4 = active movement, against some resistance
5 = active movement, against full resistance
NT = not testable

Hip flexors
Knee extensors
Ankle dorsiflexors
Long toe extensors
Ankle plantar flexors

Voluntary anal contraction (Yes/No)

MOTOR SCORE

TOTALS (50) (50) (100)

SENSORY KEY SENSORY POINTS

C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 L1 L2 L3 L4 L5 S1 S2 S3 S4 S5

0 = absent
1 = impaired
2 = normal
NT = not testable

Any anal sensation (Yes/No)

PIN PRICK SCORE (max : 112)

LIGHT TOUCH SCORE (max : 112)

TOTALS (56) (56) (56) (56)

NEUROLOGICAL LEVEL

The most caudal segment with normal function

SENSORY R L

MOTOR R L

COMPLETE OR INCOMPLETE ?

Incomplete = presence of any sensory or motor function in lowest sacral segment

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION

Partially innervated segments

SENSORY R L

MOTOR R L

This form may be copied freely but not altered without permission from the American Spinal Injury Association

Fig. 3 Standard Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ASIA)

運動は上下肢に5つのkey muscleにおいて0-5/5とし、その総和で評価する。感覚は28対の部分の触覚と痛覚をそれぞれ0-2/2とし、その総和で評価する。脊髄損傷の評価にあたっては、この表が有用である。

(ASIA 1984, 1989 より転載)

ニゾロン大量投与治療^{12,15)}の効果の研究にも用いられた。日常生活能力の評価ができないので、FIM (Functional Independence Measure) 計測の表 (Fig. 4) が推奨されている。

退院や転院などの時点での評価に利用するのがよいが、急性期には評価しにくいのが難点である。

2. 不完全脊髄損傷の亜分類

不完全病変とは障害レベル以下で3髄節以上において運動機能あるいは感覚機能が残存しているものをさす。すなわち、long tract がどこかで温存されている損傷と考えてよい。この病変の古典的な亜分類として、以下の4つがある。現在ではMRI画像にて脊髄の障害病変を正確にとらえられるので、必ずしもあてはまらないが、一応述べておく。

1) 脊髄中心症候群 (central cord syndrome) : この特徴として、下肢に比較して不釣り合いな上肢に強い麻痺を示す。通常は骨棘などの存在で過伸展損傷により生じるとされる。しばしば初期に改善し、下肢筋力がまず回復し、次いで膀胱機能、上肢が回復する。特に指の回復が遅いとの特徴がある。感覚機能の回復には一定の法則はない。しばしば、遅発性に上肢の近位側に hyperpathia が発現する。Central cord syndrome の発生機序は脊髄中心部が脊髄血管の分水嶺であり、浮腫により障害を受けやすいことにあるとされ、上肢の long tract の線維は下肢の線維よりも内側を通ることからそのような発症をする。予後であるが、約50%は十分な下肢の筋力と感覚を回復し独歩可能となる。ただし強い痙性を伴うことが多い。上肢の回復はよくなく、巧緻障害を残すことが多い。高齢者の回復はそれほどよくない。この症候群の観血的治療の適応、時期、治療法に関してはいまだ議論

7 Complete Independence (Timely, Safely)	No Helper
6 Modified Independence (Device)	
Modified Dependence	
5 Supervision	
4 Minimal Assist (Subject = 75% +)	Helper
3 Moderate Assist (Subject = 50% +)	
Complete Dependence	
2 Maximal Assist (Subject = 25% +)	
1 Total Assist (Subject = 0% +)	

	ADMIT	DISCH
Self Care		
A. Eating		
B. Grooming		
C. Bathing		
D. Dressing-Upper Body		
E. Dressing-Lower Body		
F. Toileting		
Sphincter Control		
G. Bladder Management		
H. Bowel Management		
Mobility		
Transfer :		
I. Bed, Chair, Wheelchair		
J. Toilet		
K. Tub, Shower		
Locomotion		
L. Walk/wheelchair		
M. Stairs		
Communication		
N. Comprehension		
O. Expression		
Social Cognition		
P. Social Interaction		
Q. Problem Solving		
R. Memory		
Total FIM		

NOTE: Leave no blanks: enter 1 if patient not testable due to risk.

ASIA IMPAIRMENT SCALE	
<input type="checkbox"/> A = Complete:	No motor or sensory function is preserved in the sacral segments S4-S5.
<input type="checkbox"/> B = Incomplete:	Sensory but not motor function is preserved below the neurological level and includes the sacral segments S4-S5.
<input type="checkbox"/> C = Incomplete:	Motor function is preserved below the neurological level, and more than half of key muscles below the neurological level have a muscle grade less than 3.
<input type="checkbox"/> D = Incomplete:	Motor function is preserved below the neurological level, and at least half of key muscles below the neurological level have a muscle grade of 3 or more.
<input type="checkbox"/> E = Normal:	motor and sensory function is normal

CLINICAL SYNDROMES	
<input type="checkbox"/> Central Cord	
<input type="checkbox"/> Brown-Séquard	
<input type="checkbox"/> Anterior Cord	
<input type="checkbox"/> Conus Medullaris	
<input type="checkbox"/> Cauda Equina	

Fig. 4 FIM 機能評価表

入院時、退院時の節目の評価に有用。

(ASIA/IMSOP, 1996 より転載)

が多い (後述)。

2) 脊髄半切症候群 (Brown-Séquard syndrome) : 脊髄の半側性障害で通常は穿通損傷で生じるとされる。反対側の解離性感覚障害、同側の後索障害、病変部以下の運動障害は有名である。この症候群は4つのうち、最も予後がよいとされ、約90%が自立歩行レベルまで改善する。

3) 前脊髄症候群 (anterior cord syndrome) : 前脊髄動脈の閉塞や骨片や椎間板ヘルニアによる前方からの圧迫が原因とされる。原因からいうと、中心症候群より多いと考えられる。解離性感覚障害、対麻痺あるいは四肢

麻痺の症状を呈する。不完全麻痺のなかでは最も予後が悪いとされる。有用な運動機能回復例は 10~20%とされる。

4) 後脊髄症候群 (posterior cord syndrome) : 比較的まれとされる。後部脊髄の挫傷として知られている。頸部, 上肢, 体幹部に疼痛と灼熱感を伴う異常感覚を示す。上肢の軽度の麻痺, long tract の症状は少ないとされる。

初期診療と脊髄損傷の診断まで

急性期脊髄損傷の死亡の最大の原因は誤嚥とショックとされる¹⁶⁾。したがって、救急救命処置の ABCD は重要である。多発部位の損傷に注意しつつ、以下の場合、脊髄損傷が合併することを前提に治療してゆく。①重度の外傷例、②意識障害を伴う頭部外傷例、③脊椎の圧痛や脊髄の障害(四肢のしびれ、痛み、筋力低下)の訴える症例、④脊髄損傷を疑わせる所見としての腹式呼吸や陰茎硬直を呈している症例。患者は 1 本の丸太のようにして必ず複数のスタッフで移動させるのが基本である⁷⁾。現場の処置に関し、本邦では、日本外傷診療研究機構による JATEC (Japan Advanced trauma Evaluation & Care) の指導のもとに多発外傷例や高エネルギー損傷症例に対して消防隊は頸椎カラーを必ずはめてバックボードにのせ搬送されるのが通常のスタイルとなっている。病院到着後、救急外来ではまず救命の処置が優先される(救急蘇生法の A, B, C を順に行う)。まず頸椎が保護されつつ気道 (A: Airway) が確保され、酸素化が行われ (B: Breathing), 静脈ラインが確保され低血圧の早期是正がされる (C: Circulation)。全身管理上、イン・アウトの水分出入のバランス測定の目的および膀胱充満による苦痛や血圧変動が来ないように尿道カテーテル留置を行う。それと同時に、診察が行われる。病歴聴取はごく短時間にキーポイントとなる質問をするとよい。外傷の機転(過屈曲、過伸展、軸加重、回旋)、外傷後の四肢の麻痺の経過、外傷後のしびれの出現などについて聞く。次いで、診察し、圧痛があるかどうか、運動麻痺の評価、感覚レベルの評価、反射の評価を的確に行う。評価は Frankel 分類でもよいが、前述した ASIA の分類 (Table 1) で行い、神経所見の記載は American Spinal Injury Association motor scoring system (Fig. 3) を用いるとよい。次いで、放射線学的検査が行われる。頸椎単純 X 線写真(正面、側面、開口位)、外傷部単純 X 線写真、CT (必要に応じて 3D を撮影する。最初からマルチスライスの全身 CT にて評価する場合もある) を撮影し、脊髄損傷が疑われる時や脊椎骨折がある場合は緊急 MRI を施行する。

そこで、脊髄・脊椎損傷の診断が行われることとなる。

脊髄・脊椎損傷の急性期の管理

1. 急性期管理の理念

脊髄損傷の急性期治療に関して、まず患部の安静と病変の安定化を目指し、臥床安静を行う。しかし、病変以下の臓器機能不全に対しては、全身管理をしつつ、積極的に自動的、他動的に体を動かし、リハビリテーションを早期から開始したいところである。すなわち、初期の急性期治療は、基本的に相反することを同時にしなくてはならない (Fig. 5)。

2. 急性期管理の要点

脊髄損傷の急性期の管理の要点は、ADL 自立に向けての早期離床・早期リハビリであるが、損傷脊髄レベル以下の臓器機能不全症状が出現するため、集中治療室 (ICU) でのモニター下の管理が必要である。特に、重症頸髄損傷患者 (ASIA grade A, B) では ICU 管理が必要である¹⁷⁾。脊髄損傷患者は呼吸筋麻痺のため、強制的肺活量と呼気流速の著しい減少があるうえに、副交感神経が優位となり分泌が多く、肋間筋麻痺のため喀痰排出が困難である。したがって、呼吸管理は最も重要な管理とされる¹⁸⁾。時期を逸しない適切な気管内挿管や人工呼吸器装着が必要とされる。急性脊髄損傷後の低血圧は、外傷による循環血液減少や交感神経遮断によるものとされる。高度の徐脈や低血圧は重症頸髄損傷や高位頸髄損傷に合併することが多い。通常は 2 週以内に認められるとされる。外傷後の低血圧状態が持続すると予後が悪くなる。その理由として、低血圧が脊髄血流や灌流の低下をもたらし、二次損傷に関与することが動物実験で明らかにされている¹⁹⁻²²⁾。したがって低血圧の早期是正は、救急搬送された時点から求められる²³⁾。また、2~3 時間ごとの体位交換を行い、褥瘡を予防すると同時に喀痰を排出しやすくさせることが必要である。また、消化器合併症の管理も重要で、脊髄損傷症例では麻痺性イレウスが起きやすく、その場合、腸管ガスによる腹部膨満により横隔膜が挙上され、肺が膨らみにくくなり、無気肺や肺炎などの肺合併症がさらに起きやすくなる。そのような場合は、中心静脈栄養等の経静脈栄養で管理するのがよい。

米国脳神経外科学会とコンgresのガイドライン⁷⁾では、重症の頸部レベルの脊髄損傷の管理は ICU 管理下で行われるのが望ましいとされている。ショック対策としては血圧の早期是正が推奨され、平均動脈血圧は 85~90 mmHg を維持することが勧められる。

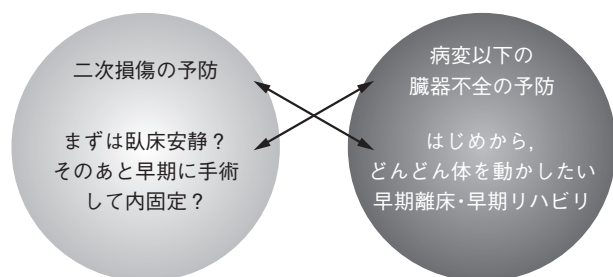


Fig. 5 脊髄損傷の管理上のポイント

患部の安静と病変の安定化を目指し、まずは臥床安静を行う。しかし、病変以下の臓器不全に対しては、積極的に自動的、他動的に体を動かし、リハビリを早期から開始したいところである。すなわち、相反することをしなくてはならない。早期に内固定するのも一つのオプションであろう。

3. メチルプレドニゾロン (MPSS) 大量療法

MPSS 大量療法は、わが国で保険収載されている薬品としては、唯一、脊髄損傷に認められている薬物療法である。受傷後 8 時間以内に投与された場合に限ることとしている。NASCIS (I, II, III) の多施設臨床研究にて^{12,15,24-27)}、投与された場合は 6 週後、6 カ月後、1 年後に、感覚、運動機能面で有益な効果が認められる。ただし、馬尾症候群例、銃創例、危篤状態例、妊娠例、麻薬患者、13 歳未満例、ステロイド維持療法中の患者は当初の研究では除外されたので、薬剤の有用性は確認されていない。MPSS 大量投与は、ランダム化比較臨床試験にてその効果にエビデンスはあるものの、合併症の報告があり^{24,28,29)}。日本脊髄外科学会のガイドライン⁶⁾では、その使用はステロイドの合併症を考慮して決定することが望ましいとした。

4. 頭蓋直達牽引

保存的治療あるいは観血的治療への時間の猶予を保つために、頸椎病変に対しては頭蓋直達牽引を行うことがある。頸椎骨折・脱臼の整復、alignment の正常化あるいは改善、さらなる脊髄損傷の増悪を防止するために頸椎の固定を目的とする。整復により脊髄と神経根が減圧される。禁忌は、後頭骨環椎脱臼、外傷性軸椎すべり症 (hangman's fracture) type II A & III、頭蓋骨欠損 (ピン刺入部) 患者、小児例 (特に 3 歳以下) とされる。牽引の器具として、Crutch-field tongs (Fig. 6)、Gardner-Wells tongs, halo ring (Tong type) がある。外固定を考える例に対しては halo ring が使用される。ピンの挿入部位には十分に気をつけることが大事で、側頭骨平面部の骨の薄い部分に対しての刺入は避ける。牽引重量であるが、



Fig. 6 Crutch-field tong 装置を使用した頭蓋直達牽引法

alignment を維持する場合は、上位頸椎には 5 ポンド、下位頸椎には 10 ポンドというのが、教科書的なところである。Closed reduction (牽引による脱臼の整復法) は、10~15 分間隔で初期重量に 5~10 ポンドずつ増量していき、脱臼整復を行うものである。過牽引に気をつけることが大事である。頸椎脱臼整復後に神経症状が増悪する場合は、通常は椎間板が後方に突出したためであるとされる (後述)³⁰⁻³²⁾。その場合は緊急 MRI が必要になる。徒手整復は勧められない。非観血的整復後には、外固定あるいは観血的内固定が行われる。

5. 観血的治療の適応

観血的治療の適応に関し、その治療時期、重症度、手術方法などに絶対的なものはない。当科の観血的治療の適応は後述する。

完全脊髄損傷において、手術しても完全に神経機能が回復するわけではなく、おもな目的は脊椎の安定化にある。患者を起座位あるいは立位にすることで、呼吸機能は改善し、早期リハビリが開始できるからである。肺炎などの合併症を減少させるのに役立つ。ただし、全身状態が悪い症例は適応外と考える。

また、不完全脊髄損傷においては保存的治療で改善しないかあるいは神経学的に悪化する症例で、脊髄の障害レベルに一致した持続的責任圧迫病巣や高度不安定病変がある場合、外科的治療により減圧と安定化が行われるべきであろう。二次損傷を軽減しさらなる回復が促進される可能性がある。ただし、前述した脊髄中心症候群 (central cord syndrome) は不完全損傷タイプのひとつであるが、自然回復の可能性もあるとされ、その観血的治療の適応には議論が多い。本疾患に対してその急性期手術は症状悪化の可能性が高いとして古典的には禁忌とされていたが、早期手術が有害であるという明らかな証拠はない。症例を選べばより回復が得られるとの報告がある³³⁾。ただし、保存的に改善する例もあり不適切な手術

は避けなければならない。特に、早期に手術が勧められる症例は高度の脊椎不安定性圧迫病変を有する症例である。早期に除圧・内固定を行い、不安定な病変の安定化をはかることは早期離床・早期リハビリにつながり、理にかなっているものと思われる。

手術術式は、前方、後方、あるいは両方からのアプローチがあり、症例に応じて最良の術式を選択する。現在では、脊椎 instrumentation の発達により内固定が早期に得られるため、術後臥床期間の短縮が可能で、その恩恵は大きい。早期離床により、合併症の発生もさらに少なくなる可能性が高い。

脊髄損傷の急性期の管理の要点は、ADL 自立に向けての早期離床・早期リハビリと考える。保存的治療に反応しない症例で、脊髄の障害レベルに一致した持続的責任圧迫病変や高度不安定病変がある場合は、可及的早期に脊髄の除圧および脊椎の固定を目指し治療すべきである。早期に除圧・固定を行い、不安定な病変の安定化をはかり、早期離床・早期リハビリを目指すことはおそらく理にかなっているものと思われる。現在、脊椎 instrumentation の使用により術後臥床期間の短縮が可能であり、さらに早期離床がはかられると思われる。合併損傷や合併症の急性期管理は、複数科によるチーム医療が必要で連携した集中治療を行うことが重要である。また、多数科の医師との連携と、パラメディカルスタッフの育成がよりよい治療を継続するうえで必要である。

当科の症例について

当科は 1993 年より脊髄・脊椎損傷を積極的に治療している。当科の脊髄・脊椎損傷の年間治療件数は 20～40 症例程度で³⁻⁶⁾、急性期から早期リハビリ、早期離床をはかり、亜急性期の治療を経て、全身状態が安定したところで近院へ転院または自宅へ退院していくシステムをとっている。

脊髄・脊椎損傷の急性期治療の原則は、以下の 4 段階としている。まず、①患部の安静をはかることにより二次損傷の予防に努める、②脊髄損傷がある場合、メチルプレドニゾロン大量療法^{12,15,24)}を行い、③さらに状態に応じて頭蓋直達牽引を行うようにする。④保存的治療にても改善が得られないと判断された場合に、観血的治療を行う。観血的治療の適応は、①頭蓋直達牽引にても整復できない脱臼骨折および前方圧迫成分の多い椎間関節脱臼症例、②脊椎不安定性に対する固定術が必要な症例、③骨折骨片、椎間板ヘルニアなどによる脊髄への圧迫除去が必要な症例とし、①～③いずれにおいても可及的早

期に行う。全身麻酔導入時、頸椎損傷例は必ず頸椎保護のうえ、経鼻挿管または内視鏡使用下気管内挿管を行う。

1993～2006 年の間の当科症例は 431 例（男性 324 例、女性 107 例、平均年齢 45.2 歳）あり、病変の内訳は、頸椎 377 例（87.5%）、頸・胸椎 10 例（2.3%）、胸椎 20 例（4.6%）、胸・腰椎 5 例（1.2%）、腰椎 18 例（4.2%）、頸・腰椎 1 例（0.5%）であった（Table 2）。合併外傷は、頭部外傷が 346 例（80.3%）（Table 3, Fig. 7）、頭蓋内出血が 74 例（17.2%）、血気胸 26 例（6.0%）、四肢骨折 63 例（14.6%）、腹部損傷 17 例〔3.9%、4 例に開腹手術施行（Table 3, Fig. 8）〕であった。特に完全損傷例においては、腹部損傷の診断・治療が困難であった。入院後に精神的な変調をきたした症例が 99 例（23.0%）あった。特に、せん妄などは高齢者に多く発生する傾向があった。いずれも複数科の連携が必要であった。骨傷は 167 例（38.7%）に認めた。骨傷のない責任脊髄圧迫病巣を 130 例（30.2%）に認めた。

受傷原因は、交通事故 283 例（65.7%）、転倒 71 例（16.5%）、転落事故 44 例（10.2%）、スポーツ 19 例（4.4%）、その他 14 例（3.2%）であった（Table 4）。

234 例（54.3%）は牽引療法、カラー固定、ハロベスト固定（脊椎外固定）、kinesithrapy¹²⁾などの保存的治療を施行した。観血的治療を 197 例（45.7%）に行った。Instrumentation を 124 例（62.9%）に使用し、術後の臥床期間の短縮に努めた。術式は、頸椎前方固定 92 例（Fig. 8）、頸椎後方拡大術 63 例（Fig. 9）、頸椎前方および後方手術 8 例（Fig. 10）、環軸椎固定術（Magerl あるいは Harms & Goel 法）15 例、胸腰椎固定術 17 例、その他 4 例であった。

手術の支援として、ナビゲーション³⁵⁾を C1-2 transarticular screw fixation（Magerl 法）の 15 例（Fig. 11）、C1 lateral mass screw & C2 pedicle screw（Goel & Harms 法）の 1 例、上位胸椎固定の 4 例に使用した。重篤な合併損傷なく、安全に screw 挿入が可能であった。保存的治療として、halo-vest にて頸椎を外固定した 17 例中 4 例（23.5%）で、経過中に骨折部位の転位や癒合不全により固定術が必要であった。4 例の内訳は hangman 骨折 2 例（Fig. 12）、歯突起骨折 2 例で、いずれも上位頸椎骨折例であった。

当科の観血的治療例の成績

外科的治療を加えた 197 例の治療成績であるが（Table 5）、入院時の ASIA Impairment scale で A : B : C : D : E = 43 : 31 : 76 : 47 : 0 であったものが、退院時

Table 2 当科病変の内訳

部 位	症例数	割合 (%)
頸椎	377	87.5
頸・胸椎	10	2.3
胸椎	20	4.6
胸・腰椎	5	1.2
腰椎	18	4.2
頸・腰椎	1	0.2
合 計	431	

Table 3 合併外傷

部 位	症例数	割合 (%)
頭 部 外 傷	346	80.3
頭蓋内出血	74	17.2
血 気 胸	26	6.0
四肢骨折	63	14.6
腹部損傷	17	3.9
(開腹手術施行)	4	0.9

Table 4 受傷原因

原 因	症例数	割合 (%)
交通事故	283	65.7
転 倒	71	16.5
転落事故	44	10.2
スポーツ	19	4.4
そ の 他	14	3.2

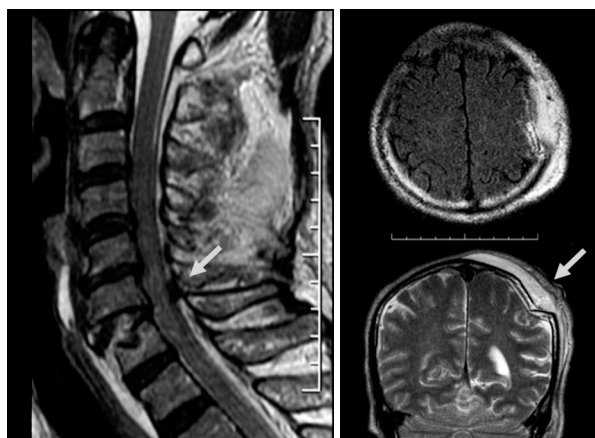


Fig. 7 頭部と頸椎病変を同時に手術した症例
61 歳，男性．転落外傷例．頸髄損傷四肢麻痺 (ASIA C) と意識障害を認めた (JCS 10)．多発外傷例で，頸椎脱臼骨折 C6/7 (矢印：←) による脊髄損傷と頭蓋骨陥没骨折 (矢印：→) に急性硬膜外血腫を合併していた例．開頭手術と同時に，頸椎前方除圧固定術を施行した．



Fig. 8 外傷性小腸穿孔例 (ハンドル外傷)
45 歳，男性．C5/6 頸椎亜脱臼による C5/6 脊髄損傷例．不全四肢麻痺 (ASIA C) 例．術後，食事開始後に腹痛で発症．矢印 (→)：小腸穿孔部位を示す．事故の衝撃で，小腸が車のハンドルと椎体との間に挟まれ穿孔をきたしたものと判断された．入院時の FAST 超音波検査では診断できなかった例．

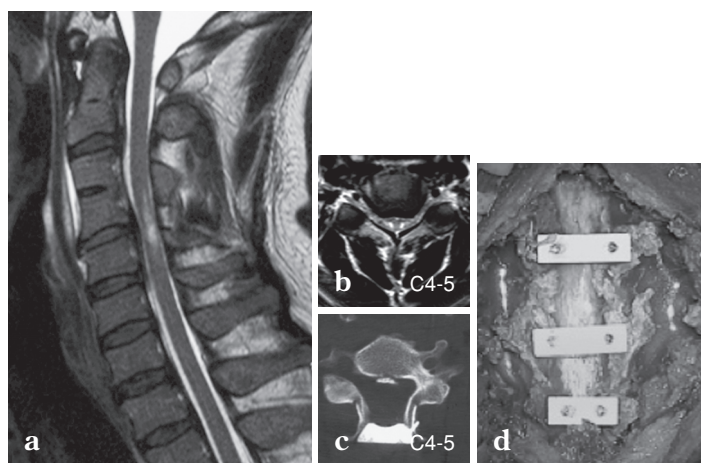


Fig. 9 頸椎後方除圧術 (椎弓形成術) 施行症例
46 歳，男性．転倒にて四肢完全麻痺発症．感覚は一部保たれていた (ASIA B)．もともと頸椎脊柱管狭窄 (クリップルファイル症候群，後縦靱帯骨化症) あり，転倒にて発症したものと判断された．
a：入院時 MRI T2 強調画像．C4/5 レベルに髄内高輝度病変 (脊髄損傷) を認める．
b：C4/5 レベル MRI axial T2 強調画像．脊髄は著明に圧迫され，髄内高輝度病変を認める．
c，d：黒川法変法で椎弓形成術を施行．棘突起縦断面にはスクリー固定式アパセラムスパーサーを挿入し，脊柱管を拡大した．手術早期より強固な拡大となっている．

には完全損傷 (A) の 43 例は，5 例が B へ，10 例が C へ，7 例が D へそれぞれ改善した．残りの 21 例 (49%) は，A のままであった．不完全損傷 (ASIA：B，C，D) の 154 例では，1 段階以上の改善がみられた．退院時の ASIA scale は A：B：C：D：E=21：11：20：94：51 であった．入院時介助が必要な A～C 例 (150 例) の，D，

E への ADL 改善率は，65.3% (98/150) であった．65 歳以上の高齢者群では 60.3% (35/58) と若干改善率が少ない傾向をみている．

周術期の合併症であるが，手術創感染が 1 例あり，closed continuous irrigation にて対応した．髄液漏は 3 例あり，spinal drainage，blood patch にて対応した．肺塞栓

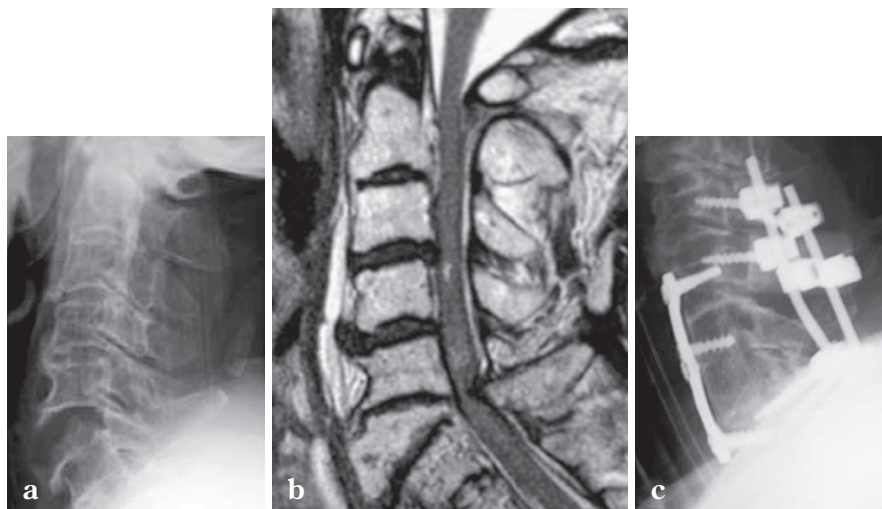


Fig. 10 前方・後方除圧固定術施行症例

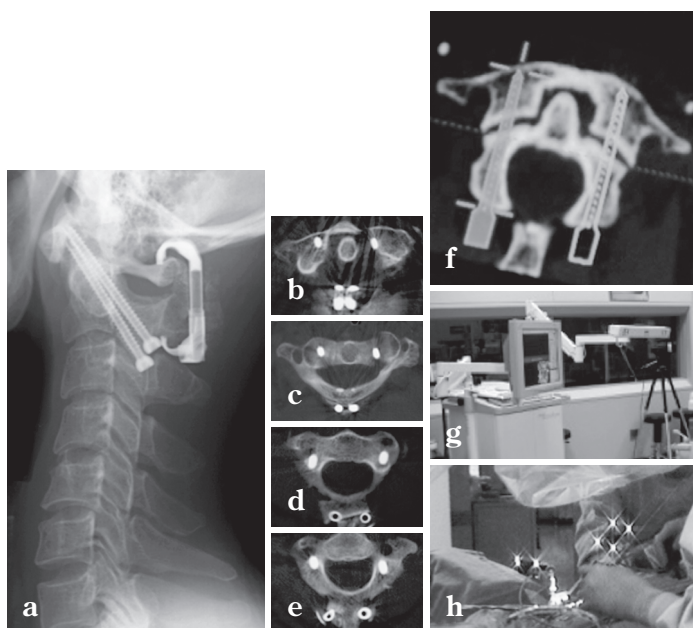
83 歳，男性．交通事故にて受傷．四肢完全麻痺（ASIA A）症例．強直性脊椎症の C5/6 骨折例で高度不安定性をきたしていた．

- a：頸椎単純 X 線写真側面像．C5，C6 で脊柱管がずれて，大きく開いている所見．いわゆるバンブースパインの像で，典型的な強直性脊椎症の所見．
- b：MRI T2 強調像．C3/4 レベルにも高輝度病変があり．C5/6 レベルは脱臼粉碎骨折と C5 椎弓骨折あり 3 column injury．
- c：前方プレートを使用した前方除圧固定術後に体位変換をして後方固定術（C3-4LMS，C7-T1PS+rod）を施行した．

Fig. 11 ナビゲーション支援の下で Magerl 法（C1-C2 椎間関節スクリュー固定）施行症例

35 歳，男性．外傷後の環軸椎亜脱臼症例．

- a：術後頸椎 X 線写真側面像．両側椎間関節スクリューが入り，後方椎弓間クランプで移植骨が固定されている．
- b-e：横突孔を避けてスクリューが C1-2 に入っているのがわかる．
- f：ナビゲーションのプランニング画像．椎骨動脈を避けて挿入可能な経路を得る．
- g：ナビゲーションの赤外線カメラと本体．
- h：ナイトビュー撮影で LED から赤外線の発光がわかる（人間の眼ではわからない）．これを CCD カメラでとらえてナビゲーションを行う．



は 5 例あり，TPA 投与などで対応した．術創出血（頸椎前方固定術）が 3 例あり，再開創し血腫除去を行った．Instrument トラブルや破損はなかった．死亡例は，腹部損傷合併例で腹腔動脈の解離破裂による 1 例のみであった．

当科の急性期治療の終了の目安は，脊髄損傷のレベル

以下の臓器不全症状の安定としている．それが得られれば，リハビリ病院へ転院や，自立可能な方に対しては，他院のリハビリ施設を紹介したうえで，自宅療養をしていただく方針としている．地域のリハビリ病院と十分な連携をとったうえで紹介している．

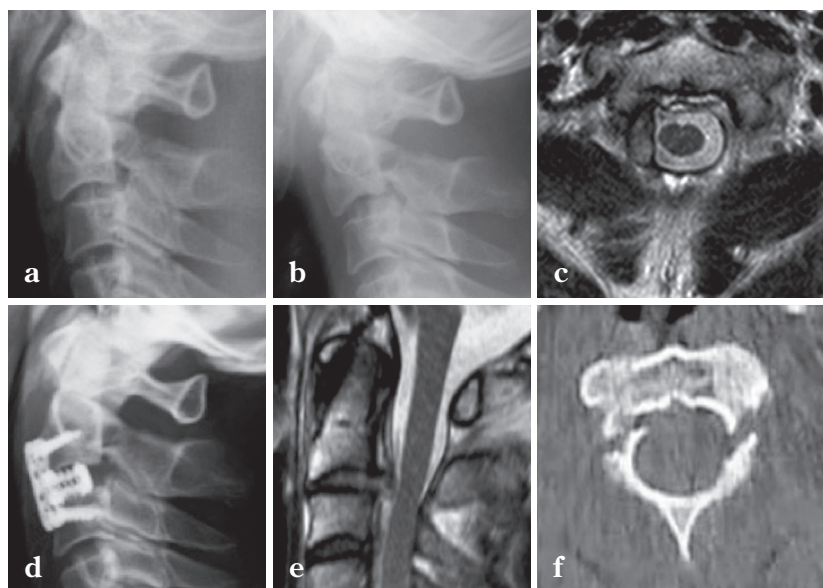


Fig. 12 外固定後にさらにすべりを増した hangman fracture type II の画像

- a : 入院時頸椎単純 X 線写真側面像。若干のすべりと後弓の骨折を認める。
b : 外固定後 2 週間目の頸椎 XP 側面像。すべりの進行を認めた。
c, e : 入院時 MRI T2 強調画像。C2/3 の椎間板の破綻があり、後方にヘルニアとして突出。右側に硬膜外出血を認める。
d : すべりの進行を認めたため、C2/3 前方除圧固定術を施行した。頸椎前方ケージと前方プレートを使用した。
f : 両側軸椎後弓基部の骨折を認める。

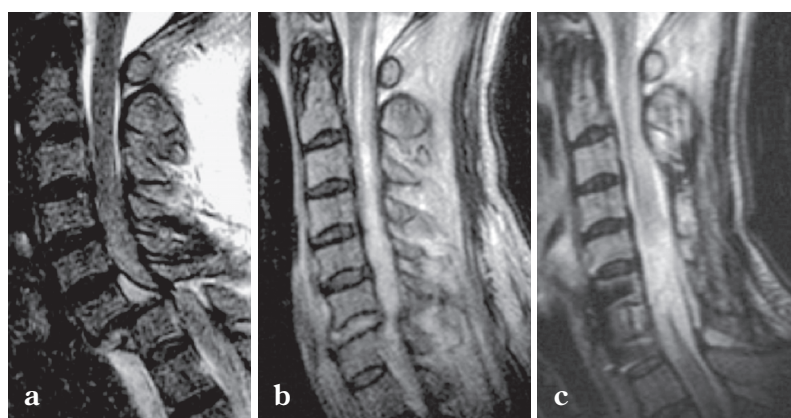


Fig. 13 C6/7 椎間関節脱臼による完全麻痺 (ASIA scale A)

57 歳、男性。交通事故にて受傷。この症例の脱臼整復前後の経時的変化を示す。

- a : 受傷直後の MRI T2 強調画像。C6/7 脱臼を認め、両側 locked facet の状態。頸髄は断裂に近い状態。
b : 脱臼整復から 1 週間目の MRI を示す。頭蓋直達牽引を行い、closed reduction にて脱臼は整復された。ただし、整復後 2 時間後より急速に麻痺が上行して、呼吸が停止した。MRI 上、病変部から延髄まで達する脊髄浮腫を認める。
c : 前方および後方固定術後の MRI を示す。浮腫は軽減しているが、C6/7 から C5 まで脊髄軟化が著明である。壊死が上行した所見と考えた。

Table 5 外科的治療を加えた 197 例の治療成績

	A	B	C	D	E	Pre
A	21	5	10	7	0	43
B	0	6	4	13	8	31
C	0	0	6	57	13	76
D	0	0	0	17	30	47
E	0	0	0	0	0	0
Post	21	11	20	94	51	197

入院時 (Pre) ASIA Impairment scale で A:B:C:D:E=43:31:76:47:0 であったものが、退院時 (Post) には A:B:C:D:E=21:11:20:94:51 となった。完全損傷 (A) より、不完全損傷 (B, C, D) のほうが改善がよい傾向を認めた。入院時介助が必要な A~C 例 (150 例) の D, E への ADL 改善率は、65.3% (98/150) であった。

頸椎椎間関節脱臼骨折の急性期治療について

頸椎椎間関節脱臼骨折の治療に関して、筆者らは 1993 年 4 月～1998 年 8 月までの約 5 年間は、前述の牽引の項のごとく頭蓋直達牽引にて closed reduction をはかっていた。15 例に整復を行い、全例で整復可能であったが、2 例 (13.3%) に脱臼整復後に、経時的に明らかな進行性の神経学的悪化をみた (Fig. 11)。

この原因は、頸椎前方脱臼により強く破綻した椎間板があり、整復によりかえって上位の脊髄をも圧迫したため (Fig. 12)、さらに、いわゆる鉛筆の芯状壊死などにより浮腫が上行したものと判断された。

1998 年 9 月以降は、方針を変更して、頸椎脱臼例の前

方成分（椎間板ヘルニアなど）の破綻の大きい例では、直達牽引を行っても、整復操作は行わずに alignment の矯正にとどめ、可及的早期に観血的前方除圧により脱臼を整復し³²⁾、前方プレートを併用し自家腸骨による固定を行う方針とした (Fig. 13)。

こののちは特に症状の悪化をきたした症例はなく、成績は良好なものとなった。したがって、前方成分の多い頸椎脱臼骨折症例では、急性期に前方から除圧を行い、引き続き脱臼を整復した後に、前方プレートをを使用した前方固定術を行うのがよいと考えている。ただし、後方から整復することも可能で、側塊スクリューや椎弓根スクリューを使用した固定を行い、さらに前方除圧を行う方法もある。習熟された術者なら後方からも十分に可能である。ただし、体位変換を行わないですむ前方法は、さらに侵襲が少ないものとする。後方固定法がよいとする意見のなかに、気管切開の時期の問題がある。筆者らは、気管切開が必要とされる症例において、術後急性期は経鼻挿管にて呼吸管理を行っている。大体 2～3 週において前方手術の創部の治癒をはかり、気管切開を行えば、特に術創部感染などのトラブルは起きなかった。

米国脳神経外科学会とコンGRESのガイドライン⁷⁾では、中下位頸椎脱臼損傷に対して観血的もしくは非観血的整復が推奨されている。外固定、プレートによる前方固定術、もしくは外側塊プレート、ロッド、椎弓間クランプによる後方固定術も、推奨されるとの記載がある。前方法では、プレートを追加しないと移植骨の脱転が 10% 程度起きるとされる。ワイヤーのみによる後方固定では 13% に進行性後弯変形が起きるとされる。前方法も後方法も、利点欠点両方あることを考慮しなければならない。また、長期臥床による牽引治療は、morbidity, mortality とともに高くなるとの報告があった。

高齢者の問題

高齢者の脊髄・脊椎損傷は、今後、さらに増えてゆくものと予測される^{10,36)}。高齢者は運動能力の低下に加えて、支持組織の骨・靱帯・筋肉の加齢的变化による脊柱の易損性や変形のために、非高齢者群と比較して軽微な外力で発症しうることである。したがって受傷前に骨脆弱性と脊柱管狭窄を有する例が多いのが特徴である^{37,38)}。高齢者で高エネルギー損傷が少ないため、非高齢者群より合併損傷が少ないことは、回復が期待しうることである。しかし、頸髄損傷部位が C34, C45 などの上位に多いとされることは高齢者群に不利な点である³⁶⁾。さらに、全身性の持病や合併症を有する頻度が高いことに加え、

せん妄など³⁹⁾の精神症状も含めた合併症が悪化する場合が多く、治療成績を下げる因子とされる。当科の症例でも、高齢者の回復はやや不良であった³⁶⁾。その特性を知りつつ治療を行うのが肝要であろう。

脊髄損傷患者の予後に関して

脊髄損傷患者の生命予後であるが、米国の脊髄損傷センター大規模調査⁴⁰⁾によると脊髄損傷患者の生存率は 85.1% であった。死亡原因は 1 位が肺炎などの呼吸器感染症、2 位が不慮の事故、3 位が自殺であった。脊損患者と非脊損患者との比較で、敗血症にて死亡する確率は 82.2 倍、肺塞栓で死亡する確率は 46.9 倍、肺炎で死亡する確率は 37.1 倍であった。Frankel ら⁴¹⁾は、脊髄損傷患者の平均余命、死亡原因に関し、1943～1990 年の 48 年間に治療された脊髄損傷症例は 3,179 例で検討したところ、92.3% で生死が確認された。平均余命表より、頸損 Frankel A, B, C 例は、健康者より余命は約 20 年少なく、対麻痺 Frankel A, B, C 例は 10 年少ないとしている。また、1943～1972 年の死因の第 1 位は尿路合併症、第 2 位は心疾患、第 3 位は呼吸器疾患であったが、1973～1990 年では第 1 位が呼吸器疾患、第 2 位が心疾患、第 3 位が自殺、第 4 位が尿路合併症となり、変化が認められたとしている。Yeo らも⁴²⁾、40 年間に経験した 1,453 例の脊髄損傷例を対象として、一般人の平均寿命を 100% とすると、頸損完全四肢麻痺例では 70%、完全対麻痺では 84%、Frankel D で 92% という結果であった。

チーム医療と社会資源の活用

脊髄・脊椎損傷の急性期治療において、合併損傷や合併症の急性期管理は複数科によるチーム医療が必要で、連携した治療を行うことが重要である。精神的に変調をきたす症例も多く、精神科的な治療も重要である。また、チーム医療として、他科の医師との十分な連携と、看護師、看護助手、リハビリスタッフ、薬剤師、放射線技師、ケースワーカーなどのパラメディカルスタッフを教育し、さらにそのレベル維持が必要である。よりよい医療を行うためにはその育成が必要とされる。

また、患者の自立のために、本人と家族を含めた介助者の教育と理解と経済的な援助が必要である。さらに社会資源を有効に利用するように最初から今後のゴールを予測し、ケースワーカーと相談して援助できるようにすることも大事な点である⁴⁾。担当医は、患者の治療が一生継続することとなるため、社会資源すなわち社会保障

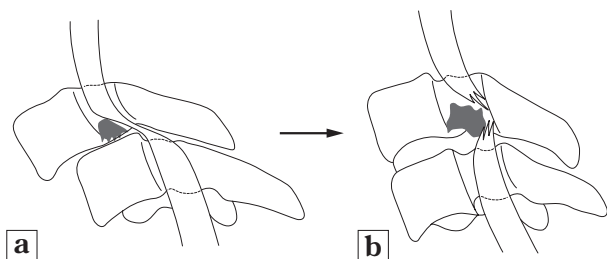


Fig. 14 この症例の症状悪化の原因

- a** : 両側椎間関節脱臼により、椎間板が破綻し椎間板ヘルニアとなり前方圧迫成分となっている。
b : Closed reduction にて脱臼整復を行った後のシェーマ。椎間板ヘルニア等の前方圧迫成分が、整復後にかえって少し上位の脊髄を圧迫するようになる。

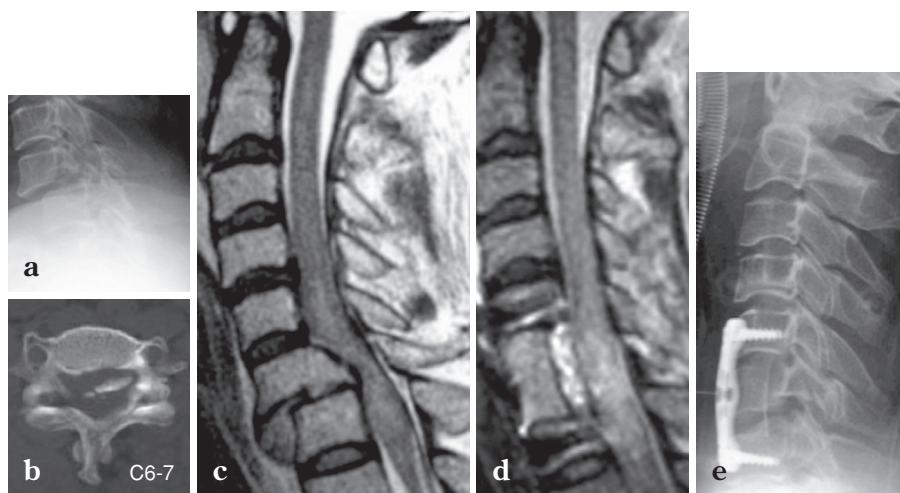


Fig. 15 C6/7 椎間関節脱臼に対し観血的前方脱臼整復および固定術施症例

43 歳，男性．転落事故にて受傷．

a : 入院時頸椎単純 X 線写真側面像．脱臼を認める．

b : CT axial 像．両側 locked facet 所見．

c : MRI T2 強調画像．C6/7 椎間関節脱臼と脊髄高輝度病変を認める．

d : C6-T1 前方除圧固定術後の MRI T2 強調画像．脱臼整復され，C6/7 部の高輝度病変のみ残存している．**Fig. 13** の症例とほぼ同じ損傷ながら，結果が異なるのに注目されたい．

e : 頸椎単純 X 線写真側面像．観血的前方脱臼整復後，前方プレートを使用した固定術を施行．

制度（健康保険，労災保険，身体障害者福祉法，自動車損害賠償補償法，障害年金，介護保険など）の利用方法を一応知っておく必要がある．治療が一生続くことが他疾患と異なり脊髄損傷の治療のきわめて困難な点であることを強調したい．

今後の展望

移植治療や再生医療は今後の問題である．動物実験では有望な結果を得ており，本邦でも臨床に应用されるものと考えられる^{43,44)}．臨床治験も世界ではかなり行われているが，決定的な治療法はまだないようである．今後の宿題とさせていただく．

おわりに

脊髄損傷の急性期の管理の要点は，ADL 自立に向けての早期離床・早期リハビリと考える．保存的治療に反応しない症例で責任圧迫病変や不安定病変のある場合は，可及的早期に脊髄の除圧および脊椎の固定を目指し治療すべきである．早期に除圧・固定を行い，不安定な病変の安定化をはかり，早期離床・早期リハビリを目指すことはおそらく理にかなっているものと思われる．現在，脊椎 instrumentation の使用により術後臥床期間の短縮が可能であり，さらに早期離床がはかられると思われた．合併損傷や合併症の急性期管理は，複数科によるチーム医療が必要で連携した治療を行うことが重要である．また，多数科の医師との連携と，パラメディカルスタッフの育成がよりよい治療を継続するうえで必要である．

以上, 2010 年 6 月 12 日に開催された第 8 回脊髄外科教育セミナーの担当内容を要約させていただいた。

文 献

- 1) 新宮彦助: 日本における脊髄損傷疫学調査 第 3 報 (1990-1992). 日本パラプレジア医会誌 8 : 26-27, 1995
- 2) Shingu H, Ohama M, Ikata T, et al : A nationwide epidemiological survey of spinal cord injuries in Japan from 1990 to December 1992. *Paraplegia* 33 : 183-188, 1995
- 3) 鈴木晋介, 上之原広司: 脊椎・脊髄損傷症例の管理と問題点—最近 6 年間の経験—. *JJNE* 13 : 47-49, 1999
- 4) 鈴木晋介: 脊椎・脊髄損傷患者の治療成績及び社会復帰の現状. 神経外傷 23 : 37-41, 2000
- 5) 鈴木晋介: 脊椎・脊髄損傷の急性期治療とその問題点 (1). 脳外速報 19 : 305-312, 2009
- 6) 鈴木晋介: 脊椎・脊髄損傷の急性期治療とその問題点 (2). 脳外速報 19 : 417-427, 2009
- 7) Section on disorders of the spinal and peripheral nerves of the American association of neurological surgeons : Guidelines for the management of Acute C Spine and Spinal cord injuries. *Neurosurgery* 50 : 2002
- 8) 脊椎・脊髄損傷治療・管理のガイドライン作成委員会: 脊椎脊髄損傷治療管理のガイドライン. 脊髄外科 19 (supple 1) : 1-41, 2005
- 9) Frankel HL, Hancock O, Hyslop G, et al : The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of spine with paraplegia and tetraplegia. *Paraplegia* 7 : 179-192, 1969
- 10) 鈴木晋介: 最近の脊椎・脊髄損傷症例の発症傾向の特徴—過去 16 年間の比較検討から—. 日脊髄障害医会誌 23 : 5-6, 2010
- 11) Tator C : Vascular mechanisms in the pathophysiology of spinal cord injury. *J Neurosurg* 86 : 483-492, 1997
- 12) Bracken MB : A randomized clinical trial of methylprednisolone and naloxone used in the initial treatment of acute spinal cord injury : Result of the second national acute spinal cord injury study. *N Engl J Med* 322 : 1405-1411, 1990
- 13) Maynard FM : International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. *Spinal Cord* 35 : 266-274, 1997
- 14) Silberstein M : Prediction of neurologic outcome in the acute spinal cord injury : the role of CT and MR. *AJNR Am J Neuroradiol* 13 : 1597-1608, 1992
- 15) Bracken MB, Shepard MJ, Holford RT, et al : Administration of methylprednisolone for 24 or 48 hours or tirilazad mesylate for 48 hours in the treatment of acute spinal cord injury. *JAMA* 277 : 1597-1604, 1997
- 16) Chesnut RM : Emergency management of spinal cord injury. in Neurotrauma. Narayan RK, Wilberger Je, and Povlishock JT (eds). McGraw-Hill, New York. 1999, pp1121-1138
- 17) Tator CH : Management of acute spinal cord injuries. *Can J Surg* 27 : 289-293, 1984
- 18) Ledsome : Pulmonary functionin acute cervical cord injury. *Am Rev Respir Dis* 124 : 41-44, 1981
- 19) Amar : Pathogenesis and pharmacological atrategies for mitigating secondary damage in acute spinal injury. *Neurosurgery* 44 : 1027-1040, 1999
- 20) Dolan : The effect of blood transfusion, dopamine and gamma hydroxybutyrate on posttraumatic ischemia of the spinal cord. *J Neurosurg* 56 : 350-358, 1982
- 21) Duker : Pathological findings in acute experimental spinal cord trauma. *J Neurosurg* 35 : 700-708, 1971
- 22) Osterholm JL : The pathological response to spinal cord injury. The current status of related research. *J Neurosurg* 40 : 5-33, 1974
- 23) Vale FL : Combined medical and surgical treatment after acute spinal cord injury : Result of a prospective pilot study assess the merits of aggressive medical resuscitation and blood pressure management. *J Neurosurg* 87 : 239-246, 1997
- 24) 大谷 清: 急性期脊髄損傷に対するコハク酸メチルブレドニゾロンナトリウムの臨床成績. 脊椎脊髄 7 : 633-647, 1994
- 25) Braken MB : Efficacy of methylprednisolone in acute spinal cord injury. *JAMA* 251 : 45-52, 1984
- 26) Bracken MB : Effect of timing of methylprednisolone or naloxone administration on recovery of segmental and long tract neurological function in NASCIS 2. *J Neurosurg* 79 : 500-507, 1993
- 27) Bracken MB : Methylprednisolone and acute spinal cord injury : an update of randomized evidence. *Spine* 26 : 47-54, 2001
- 28) Molano MR : Complications associated with the prophylactic use of methylprednisolone during surgical stabilization after spinal cord injury. *J Neurosurg* 96 (8 suppl 3) : 267-272, 2002
- 29) Nasathurai S : Steroids and spinal cord injury : revisiting the NASCIS 2 and NASCIS 3 trials. *J Trauma* 45 : 1088-1093, 1998
- 30) 鈴木晋介: 頸椎椎間関節脱臼骨折の治療とその対策. 神経外傷 27 : 12-15, 2004
- 31) Robertson PA, Ryan MD : Neurological deterioration after reduction of cervical subluxation. : Mechanical compression by disc material. *J Bone Joint Surg* 74B : 224-227, 1992
- 32) Ordonez BJ, Benzel E : *JNS* (Spine 1) 92 : 18-23, 2000
- 33) Bose B, Northrup BE, Osterholm JL, et al : Reanalysis of central cervical cord injury management. *Neurosurg* 15 : 367-372, 1984
- 34) 鈴木晋介, 上之原広司, 桜井芳明: 重症頸髄損傷急性期に対する Roto Rest Delta による Kinetic Therapy の経験. 日脊髄障害者医会誌 16 : 190-191, 2003
- 35) 鈴木晋介: Magerl 法における Computer Assisted Surgery の実際. 東京, メジカルビュー社, 新 OS NOW12, 落合直之編, 2001, pp9-16
- 36) 鈴木晋介, 宇都宮昭裕, 遠藤俊毅, 他: 高齢者の脊椎・脊髄損傷の特徴とその問題点. *Geriatric Neurosurgery* 23 : on printing, 2011
- 37) Thomsen JS, Ebbesen EN, Mosekilde L : Zone-dependent changes in human vertebral tranverse bone : *Clin Implicat Bone* 30 : 664-669, 2002
- 38) 関谷喜一郎: 加齢による骨代謝変化と骨成長因子. 松本俊夫編: 分子骨代謝と骨粗鬆症. 東京, メディカルレビュー社, 1996, pp249-260
- 39) 古家 仁: 術後精神障害. 古家 仁編: 術後精神障害—せん妄を中心とした対処法. 東京, 真興交易医科出版, 2003, pp11-31
- 40) DeVivo MJ, Stover SL, Black KJ : Prognostic factors for 12-year survival after spinal cord injury. *Arch. P Med Riha* 73 : 156-163, 1992

- 41) Frankel HL, Coll JR, Whiteneck GG, et al : Long term survival in spinal cord injury : a fifty year investigation. *Spinal Cord* **36** : 266-274, 1998
 - 42) Yeo JD, Walsh J, Rutkowski S, et al : Motality following spinalcord injury. *Spinal Cord* **36** : 329-336, 1998
 - 43) 中村雅也 : 脊髄損傷に対する再生医療の臨床治験はどこまで進んでいるか. 脊椎脊髄 **20** : 1224-1231, 2007
 - 44) Kim S, Honmou : Neural differentiation potential blood-and-bone-marrow-derived precursor cells. *Brain Res* **1123** : 27-33, 2006
-