

脊髄損傷

国内に10万人以上
(毎年約5千人が受傷)

脊髄を損傷すると、
脳からの運動指令が伝わらなくなる『運動麻痺』
感覚を受け取れなくなる『感覚障害』が生じる

札幌医科大学再生医療厚労省が承認

脊髄損傷で初の実用化

来春にも保険診療に

脊損世界初iPS治療
年内開始 18歳以上4人

厚労省が承認

再生医療推進

野の研究の推進)

部変更)

○新たな戦略形成プロセス
ション政策を推進する。
対策、防災・減災、再生
解決に資する研究開発を

令和4年度頸髄損傷者に対するリハビリテーション研修会
「頸髄損傷者の動作獲得について～移乗について考える～」

再生医療の現在地 頸髄損傷者を取りまく再生医療と リハビリテーションの現状

国立障害者リハビリテーションセンター
研究所 運動機能系障害研究部 神経筋機能障害研究室
病院 再生医療リハビリテーション室

河島 則天

今日の内容

① 脊髄損傷の周辺事情

疫学調査・臨床的アウトカムに関するの情報整理をベースに再生医療の位置づけと社会的意義を考える

② 再生医療リハビリテーションの概要紹介

治験概要の紹介に加え、頸髄損傷者の身体機能改善と生活自立を実現する上での考え方・留意点を整理

③ 再生医療の現状についてのまとめ

現時点での再生医療リハビリの効果と意義に関する正確な理解・認識、対象や目標設定のあり方を整理

令和4年度頸髄損傷者に対するリハビリテーション研修会
「頸髄損傷者の動作獲得について～移乗について考える～」

再生医療の現在地

頸髄損傷者を取りまく再生医療と
リハビリテーションの現状

国立障害者リハビリテーションセンター
研究所 運動機能系障害研究部 神経筋機能障害研究室
病院 再生医療リハビリテーション室

河島 則天

脊髄損傷に関する疫学調査

A nationwide epidemiological survey of spinal cord injuries in Japan from January 1990 to December 1992

H Shingu¹, M Ohama¹, T Ikata², S Katoh² and T Akatsu³

Prevention Committee of Japan Medical Society of Paraplegia, ¹Department of Orthopaedic Surgery, San-in Rosai Hospital, 1-8-1 Kaikeshinden, Yonago 683; ²Department of Orthopaedic Surgery, Tokushima University School of Medicine, Tokushima 770; ³Spinal Injuries Centre, Iizuka 820, Japan

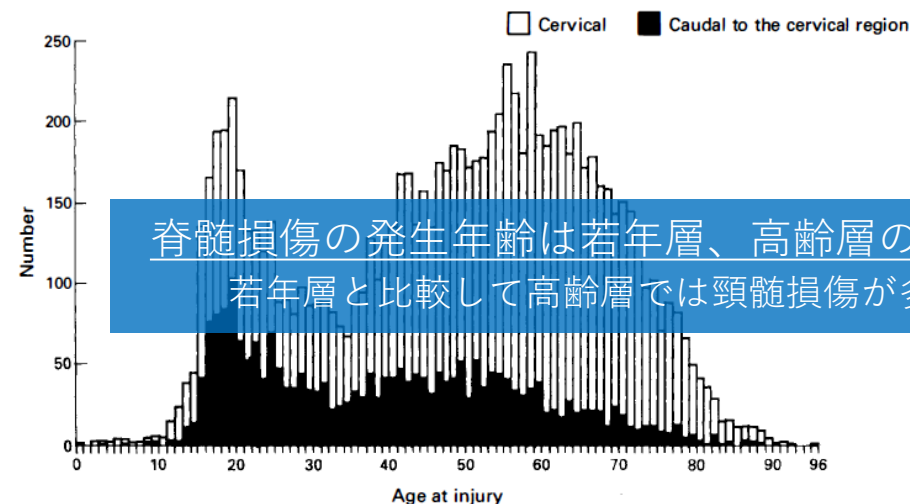
This survey of traumatic spinal cord injuries in Japan from January 1990 to December 1992 was carried out by a statistical method of the nationwide epidemiological study. The number of the registered patients during these 3 years was 9752 and the mean response rate of every of the 47 prefectures was 51.4%. The registered patients with neurological deficits (Frankel A-D) were 7471 and the annual spinal cord injury incidence was 40.2 per million. The ratio of cervical cord injuries to more caudal SCI was 3:1. The age distribution and the causes of spinal cord injuries are presented in detail. From the results of this study, the prevention campaign should be focused mainly on the following topics: sports and motorcycle accidents involving young people; traffic accidents involving adults; falling accidents involving aged people.

Keywords: spinal cord injury; Japan; epidemiology; incidence; prevention; etiology

Table 1 Neurological status of registered patients

Frankel grade	1990	1991	1992	Total
A	921 (26.6%)	783 (25.3%)	814 (25.5%)	2518 (25.8%)
B	433 (12.5%)	334 (10.8%)	441 (13.8%)	1208 (12.4%)
C	692 (20.0%)	665 (21.5%)	627 (19.7%)	1984 (20.3%)
D	619 (17.9%)	590 (19.0%)	552 (17.3%)	1761 (18.1%)
E	792 (22.8%)	715 (23.1%)	735 (23.0%)	2242 (23.0%)
Unknown	8 (0.2%)	10 (0.3%)	21 (0.7%)	39 (0.4%)
Total	3465 (100%)	3097 (100%)	3190 (100%)	9752 (100%)

脊髄損傷の発生原因は年齢により異なる
 若年層ではスポーツ事故、高齢層では転倒や転落が多い



脊髄損傷の発生年齢は若年層、高齢層の二峰性
 若年層と比較して高齢層では頸髄損傷が多い

Figure 1 Age distribution at the time of injury

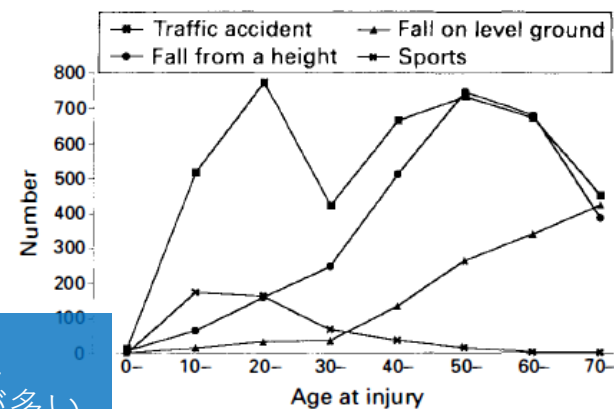


Figure 2 Age distribution by causes of injury

脊髄損傷に関する疫学調査

Spinal Cord (2021) 59:626–634
 https://doi.org/10.1038/s41393-020-00533-0



ARTICLE

A nationwide survey on the incidence and characteristics of traumatic spinal cord injury in Japan in 2018

Naohisa Miyakoshi^{1,2} · Kota Suda^{1,3} · Daisuke Kudo^{1,2} · Hiroaki Sakai^{1,4} · Yukihiro Nakagawa^{1,5} · Yasuo Mikami^{1,6} · Shinsuke Suzuki^{1,7} · Takamitsu Tokioka^{1,8} · Akihiro Tokuhiro^{1,9} · Hiroshi Takei^{1,10} · Shinsuke Katoh^{1,11} · Yoichi Shimada^{1,2}

Received: 28 May 2020 / Revised: 29 July 2020 / Accepted: 29 July 2020 / Published online: 11 August 2020
 © The Author(s), under exclusive license to International Spinal Cord Society

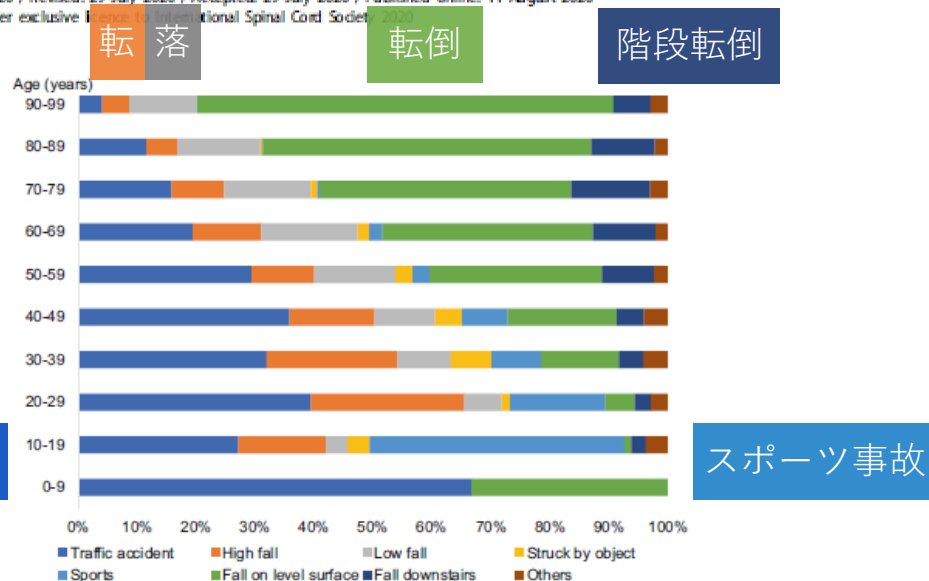


Fig. 1 Cause of TSCI by age group. Sports-related injuries were the most frequent in teenagers (43.2%). The percentage of falls on level surface increased with age.

脊髄損傷の発生原因は年齢により異なる
 若年層ではスポーツ事故、高齢層では転倒や転落が多い

Table 4 Comparison between previous studies and the current study.

Year	1990 Shingu et al. [11]	1991	1992	2018 Current study
TSCI persons				
Registered number	2665	2372	2434	4603
Estimated number ^a	4872	4986	5110	6220
Age (years)	脊髄損傷の発生年齢は若年層、高齢層の二峰性 若年層と比較して高齢層では頸髄損傷が多い			
Mean (SD)	48.6 (19.1) ^c			66.5 (17.1)
Median (IQR)	NA			70.0 (58.0, 79.0)
Age of peak incidence	Two peaks, at 20 and 59 years			Single peak in 70s
Frankel grade (n [%])				
A	921 (26.6)	783 (25.3)	814 (25.5)	505 (11.0)
B	1199 (35.7)	1111 (36.2)	1110 (34.3)	1110 (24.1)
C	1021 (30.6)	1021 (33.8)	1021 (31.2)	1021 (22.2)
D	426 (12.7)	426 (13.9)	426 (13.1)	426 (9.2)
E	162 (4.8)	162 (5.2)	162 (5.0)	162 (3.5)
Top three causes of TSCI (n [%])				
Traffic accident	4263 (43.7) ^b			916 (20.1)
Fall from a height	2818 (28.9) ^b			625 (13.7) ^d
Fall on level surface	1260 (12.9) ^b			468 (10.2) ^e
Level of injury (n [%])				
Cervical injury	7317 (75.0) ^b			3903 (88.1) ^f
Thoracic/lumbar injury	2408 (24.7) ^b			446 (10.1)

最近の調査結果では70歳をピークとした分布に変化
 高齢期での脊髄損傷の割合が増加している

TSCI traumatic spinal cord injury, SD standard deviation, IQR interquartile range, NA not available.

^a(Estimated number of TSCI persons) = (Registered number of TSCI persons)/(Response rate).

^bThree-year cumulative total.

^cThree-year average.

^dLow fall (Shingu et al. [11] did not distinguish between low fall and high fall).

^eHigh fall

^fThe current study included 82 (1.9%) individuals with both cervical and thoracic/lumbar injuries, as shown in Table 1.

脊髄損傷に関する疫学調査



A nationwide survey on the incidence and characteristics of traumatic spinal cord injury in Japan in 2018

Naohisa Miyakoshi^{1,2} · Kota Suda^{1,3} · Daisuke Kudo^{1,2} · Hiroaki Sakai^{1,4} · Yukihiro Nakagawa^{1,5} · Yasuo Mikami^{1,6} · Shinsuke Suzuki^{1,7} · Takamitsu Tokioka^{1,8} · Akihiro Tokuhiro^{1,9} · Hiroshi Takei^{1,10} · Shinsuke Kato^{1,11} · Yoichi Shimada^{1,2}

Received: 28 May 2020 / Revised: 29 July 2020 / Accepted: 29 July 2020 / Published online: 11 August 2020
 © The Author(s), under exclusive license to International Spinal Cord Society

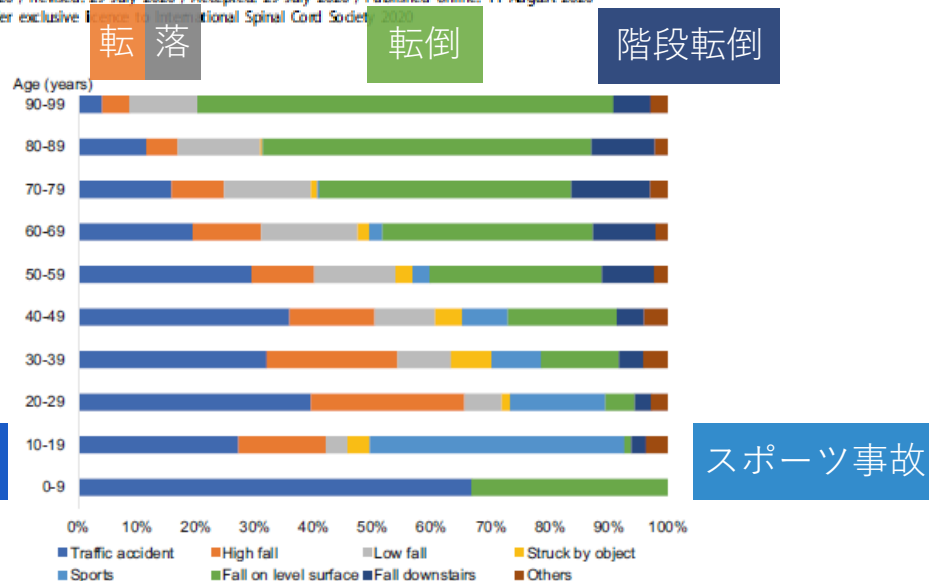


Fig. 1 Cause of TSCI by age group. Sports-related injuries were the most frequent in teenagers (43.2%). The proportion of fall on level surface increased with age.

ORIGINAL ARTICLE



A global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: towards a living data repository for injury prevention

RA Cripps¹, BB Lee^{2,3}, P Wing⁴, E Weerts⁵, J Mackay⁶ and D Brown⁷

¹School of Medicine at Flinders University (Prevention, Promotion and Primary Health Care Cluster), Sydney, New South Wales, Australia; ²Spinal Injuries Unit, Prince of Wales Hospital, Sydney, New South Wales, Australia; ³School of Public Health, University of New South Wales, Sydney, New South Wales, Australia; ⁴University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada; ⁵Hospital International, Bach Mai Hospital Spinal Unit, Hanoi, Vietnam; ⁶School of Public Health of the University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia; ⁷Department of Neurology, Prince of Wales Hospital, Sydney, New South Wales, Australia

国や地域によって発生原因の比率が異なる
 日本（東アジア）は転倒の比率が多く、暴力等による受傷が少ない

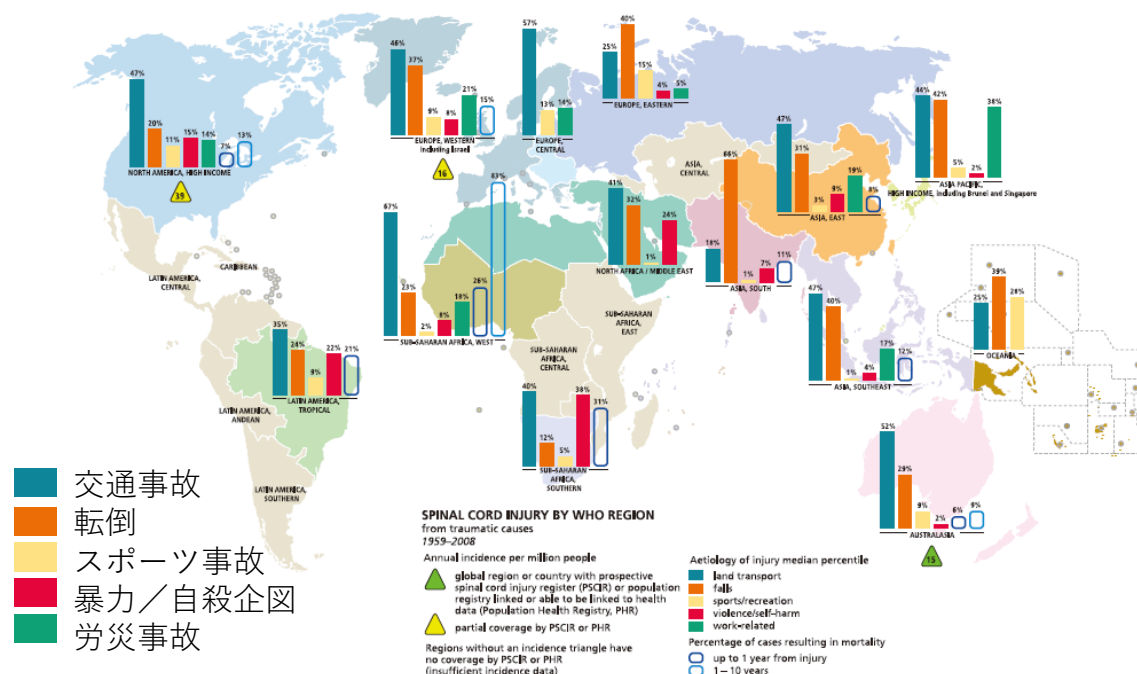


Figure 1 Global mapping of spinal cord injury from traumatic causes by WHO regions 1959–2008.

脊髄損傷に関する疫学調査

van Hedel et al. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* (2018) 15:30
<https://doi.org/10.1186/s12984-018-0366-y>

Journal of NeuroEngineering
and Rehabilitation

Spinal Cord (2011) 49, 493–501
 © 2011 International Spinal Cord Society All rights reserved 1362-4393/11 \$32.00
www.nature.com/sc



RESEARCH

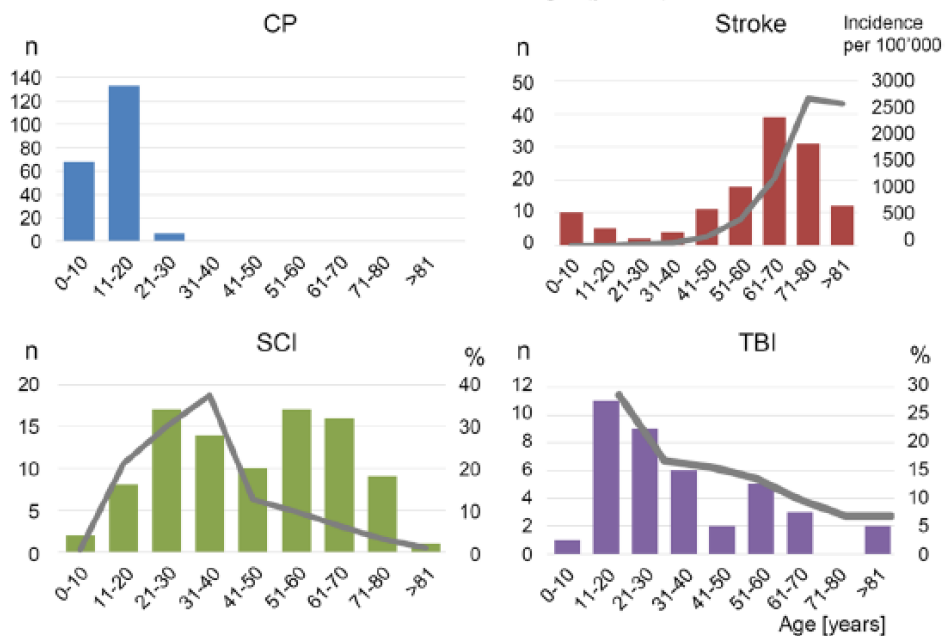
Open Access



Advanced Robotic Therapy Integrated Centers (ARTIC): an international collaboration facilitating the application of rehabilitation technologies

各種疾患毎に年齢構成／分布が異なる
 脳卒中は高齢層、頭部外傷は若年層が多い一方
 で脊髄損傷は幅広い年齢層で発生する

Distribution of age (years)



ORIGINAL ARTICLE

A global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: towards a living data repository for injury prevention

RA Cripps¹, BB Lee^{2,3}, P Wing⁴, E Weerts⁵, J Mackay⁶ and D Brown⁷

¹School of Medicine at Flinders University (Prevention, Promotion and Primary Health Care Cluster), Sydney, New South Wales, Australia; ²Spinal Injury Unit, Prince of Wales Hospital, Sydney, New South Wales, Australia; ³School of Public Health, University of New South Wales, Sydney, New South Wales, Australia; ⁴University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada; ⁵Handicap International, Bach Mai Hospital Spinal Unit, Hanoi, Vietnam; ⁶School of Public Health of the University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada; ⁷Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Sydney, New South Wales, Australia

国や地域によって発生原因の比率が異なる
 日本（東アジア）は転倒の比率が多く、暴力等による受傷が少ない

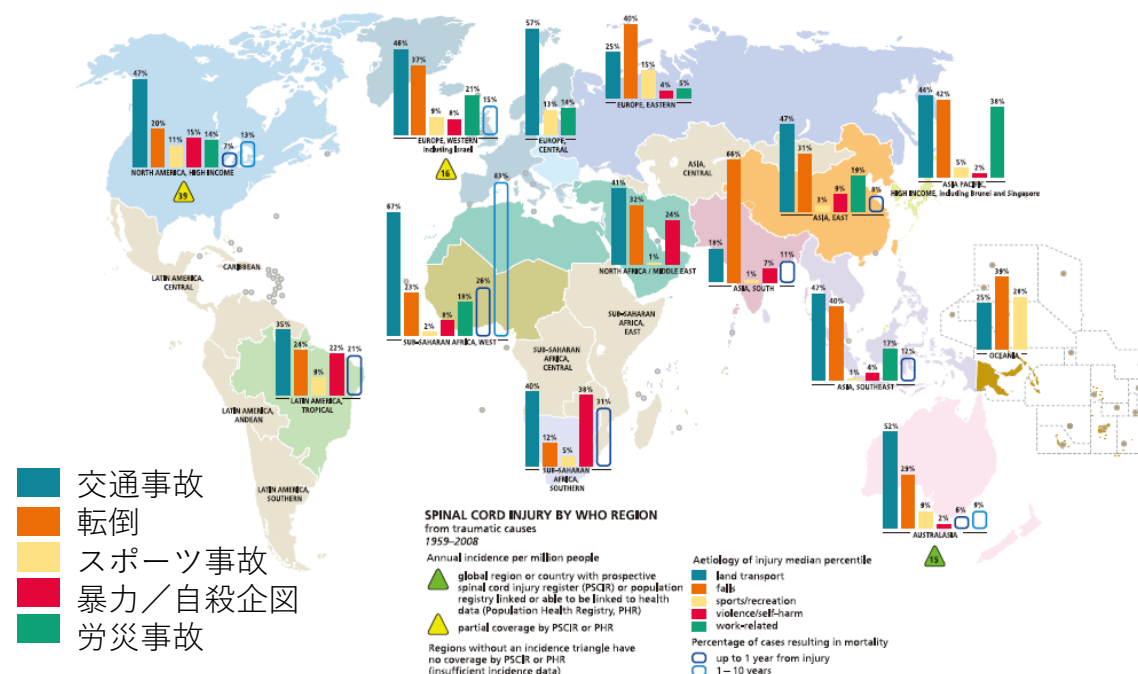
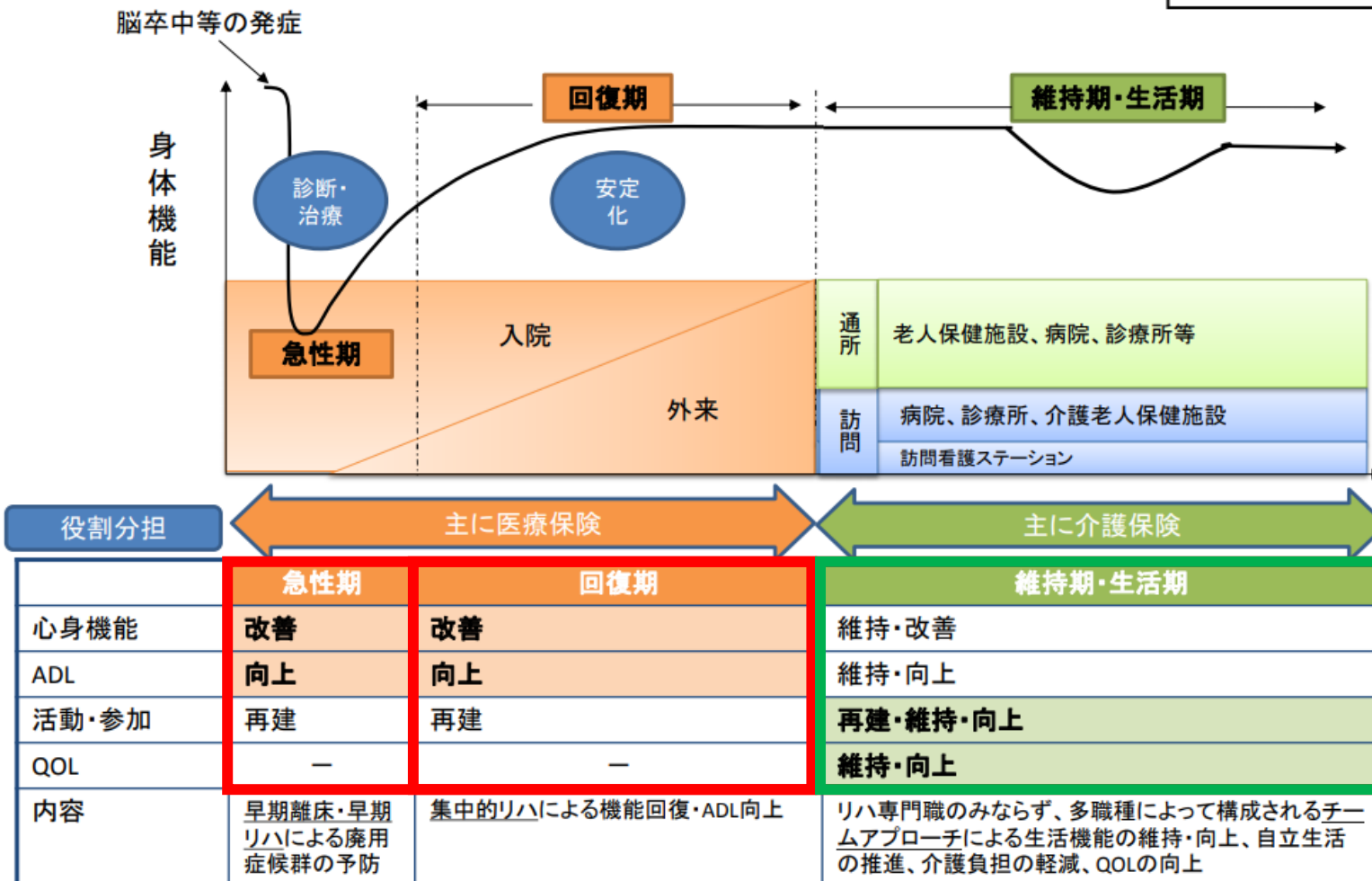


Figure 1 Global mapping of spinal cord injury from traumatic causes by WHO regions 1959–2008.

リハビリテーションの役割分担

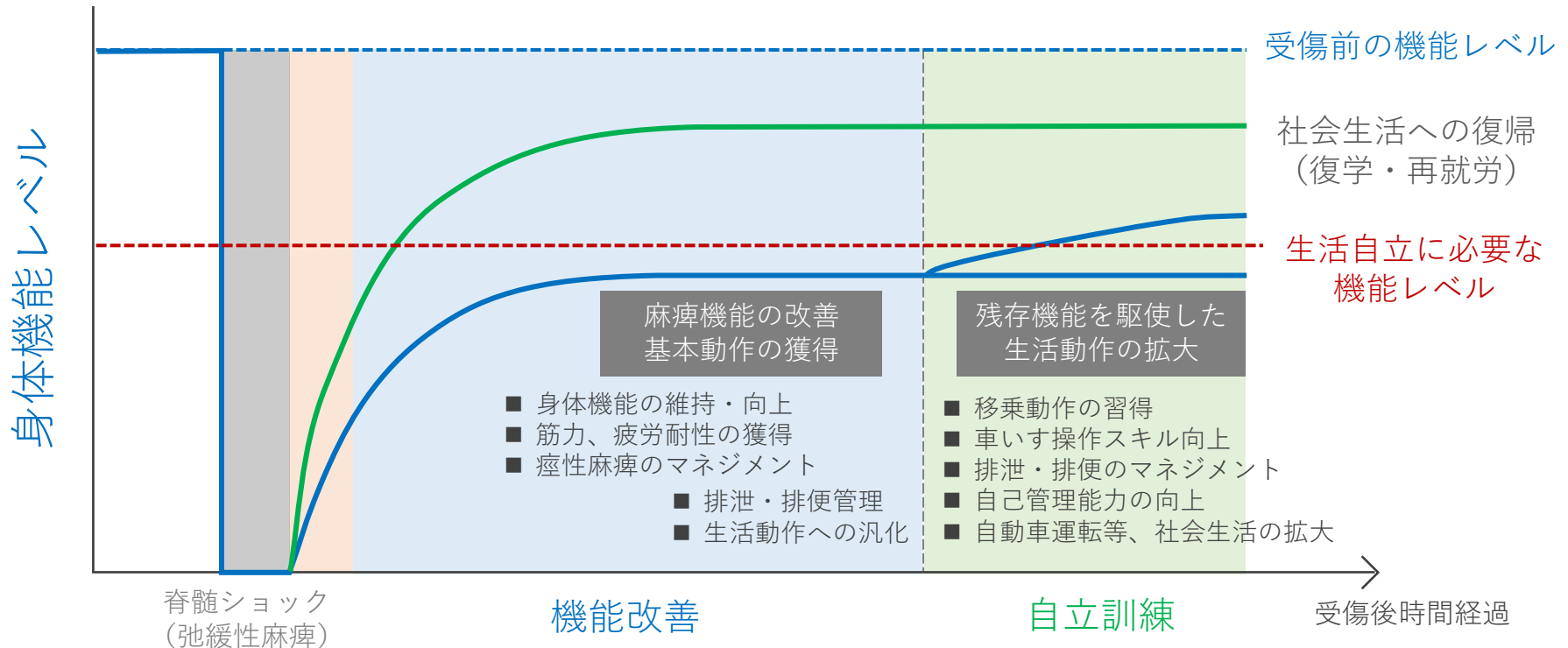
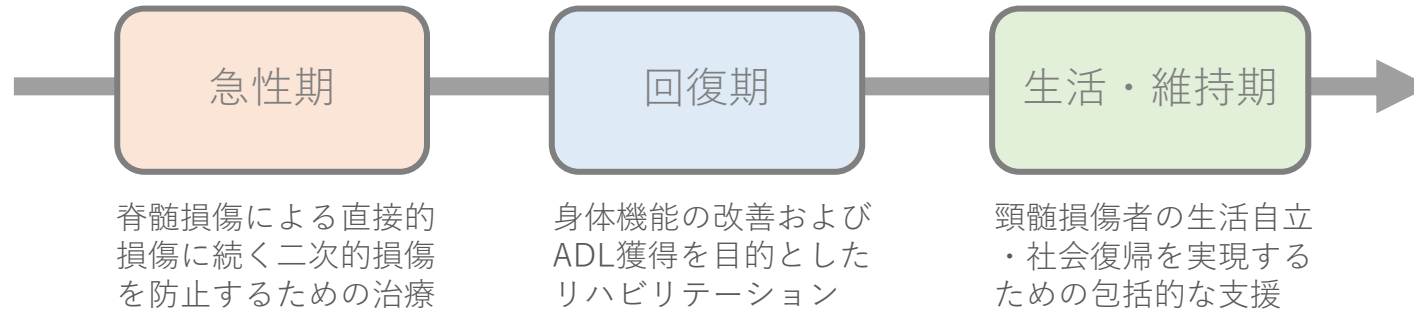
中医協 総 - 1 - 1
23. 12. 7 改



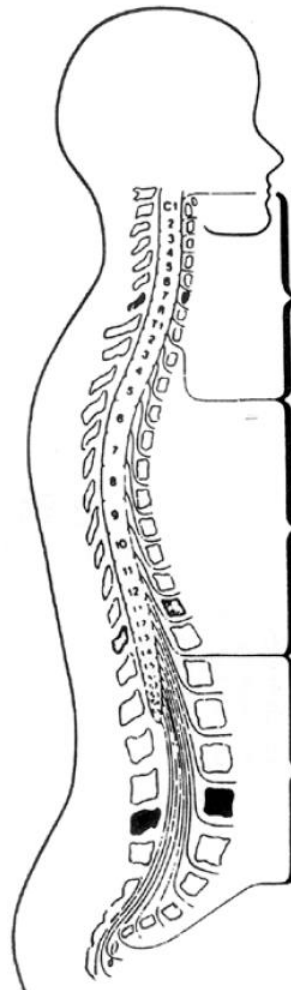
(資料出所) 日本リハビリテーション病院・施設協会「高齢者リハビリテーション医療のグランドデザイン」(青海社)より厚生労働省老人保健課において作成

本省 中央社会保険医療協議会(中医協) 総会 (第 410 回) 議事次第より抜粋

脊髄損傷後の機能改善と生活自立の獲得



損傷高位に応じた日常生活動作の獲得可能性



Spinal Cord Segments		Functional Activities													QUADRIPLEGIA					
		EATING	DRESSING	GROOMING	TOILETING	HOUSEWORK	DRIVING	PUBLIC TRANSPORTATION	WHEELCHAIR TRANSFERS	AMBULATION	COMMUNICATIONS	BED TRANSFER	VOCATIONAL FUNCTIONING	SEXUAL FUNCTIONING						
Cervical segments C1-T1	Neck and arm muscles and diaphragm	C-1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	PARAPLEGIA
	C-2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	C-3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	C-4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	C-5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	C-6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	C-7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	C-8	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
T-1	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Thoracic segments T2-T12	Chest and abdominal muscles	T-2	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		T-3	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		T-4	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		T-5	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		T-6	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		T-7	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		T-8	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		T-9	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		T-10	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		T-11	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		T-12	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Lumbar and sacral segments	Hip and knee muscles	L-1	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
L-2	✓			✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
L-3	✓			✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
L-4	✓			✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Hip, knee, ankle and foot muscles	L-5		✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	S-1		✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Bowel, bladder, and reproduction organs	S-2		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	S-3		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	S-4		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	S-4		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Normal or near normal function or performance.
 Needs some type of personal and/or mechanical assistance.
 It can be partially available but options need to be discussed on individual basis.
 Not practical/probable.

- 上肢・手指機能に麻痺をもつ頸髄損傷症例は日常生活を送る上での困難が多い
- 特に手関節、手指に麻痺を持つC6以上の頸髄損傷症例の場合、回復期までのリハビリテーションで生活上必須となるADL動作獲得を実現することが難しい（時間的制約）
- 回復期リハビリテーションにおける基本動作の獲得、活用可能な機能の底上げを図った後には、残存機能を駆使した代償動作やADLの獲得により自立生活のベースを作ることが極めて重要

脊髄損傷後の機能改善と生活自立の獲得

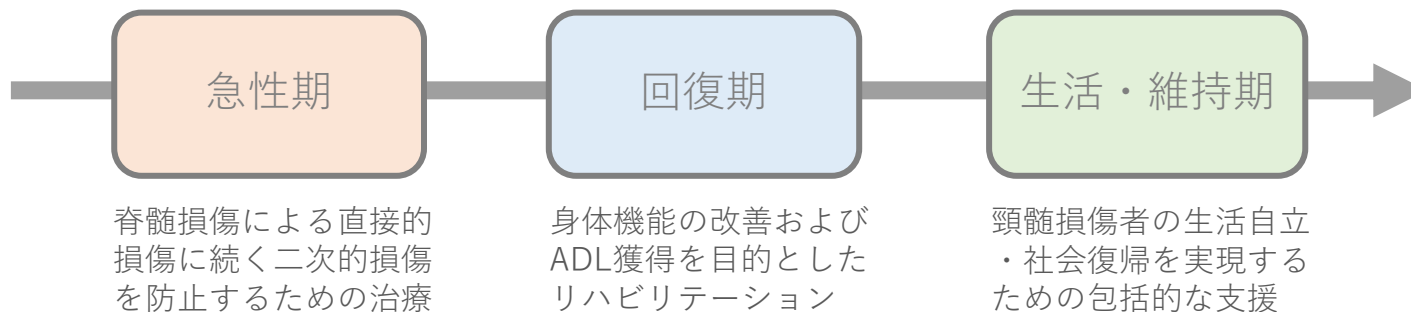
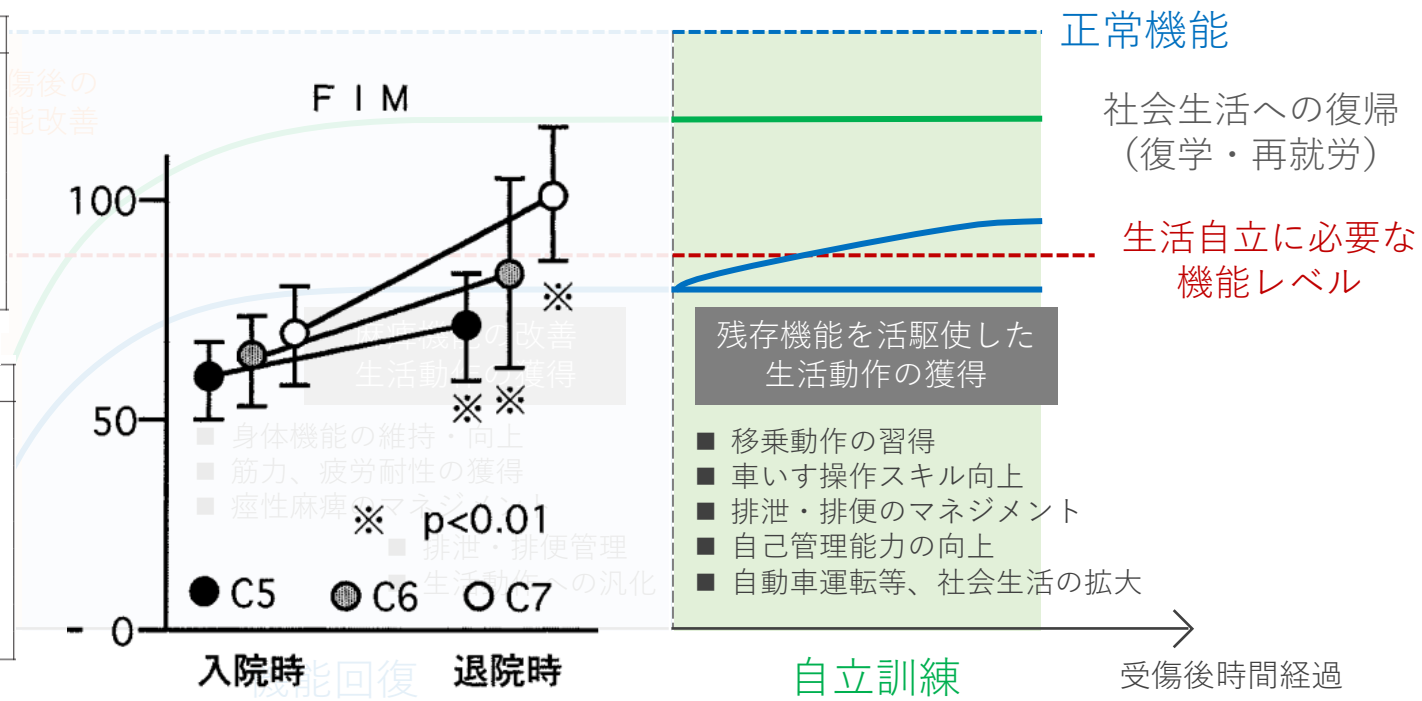


表 2-2 完全型脊損者 ADL (FIM)

	対象	入院時	退院時
C4.	2	57.5 ± 7.8	75.0 ± 38.2
C5.	14	58.2 ± 7.7	71.2 ± 11.8
C6.	25	62.8 ± 9.7	83.4 ± 21.6
C7.	25	67.9 ± 11.4	99.6 ± 15.5
C8.	4	70.8 ± 13.5	114.8 ± 5.2
Th1 ~ Th4	12	87.2 ± 12.8	109.0 ± 11.9
Th5 ~ Th8	16	84.1 ± 17.6	107.1 ± 14.9
Th9 ~ Th12	31	91.4 ± 19.0	109.7 ± 12.3
L	28	92.7 ± 18.0	111.7 ± 8.3

表 3-2 不全型脊損者 ADL (FIM)

	対象	入院時	退院時
C4.	13	80.5 ± 21.4	104.3 ± 18.6
C5.	9	91.6 ± 25.6	112.7 ± 9.2
C6.	4	83.8 ± 26.1	112.5 ± 8.1
C7.	8	99.0 ± 22.6	117.3 ± 5.0
C8.	0		
Th1 ~ Th4	1		
Th5 ~ Th8	2		
Th9 ~ Th12	1		
L	12	104.1 ± 19.1	110.6 ± 18.1



(弛緩性麻痺)

脊髄損傷者のQOLを支える要素

Quality of Life

個人因子
Personal factors

- 年齢・性別
- 教育・仕事（収入）
- セルフケア

環境因子
Environmental factors

- 生活環境
- Health care・社会的支援
- 車いす等の支給制度

参加
Activity & Participation

- 就労（復職）、就学
- スポーツ活動
- 交友関係・社会的貢献

心身機能・構造
Body function & Structure

- 運動麻痺・感覚障害
（痙性麻痺・痛み）
- 心肺機能・筋骨格構造

活動
Activity

- 上肢・手指機能
- 車いす操作能力
- ADL・生活自立度

PT・OT
運動療法士

MSW

生活支援
復学・復職支援



職能訓練




看護・介護




スポーツ参加の機会提供



生活自立のための機能訓練

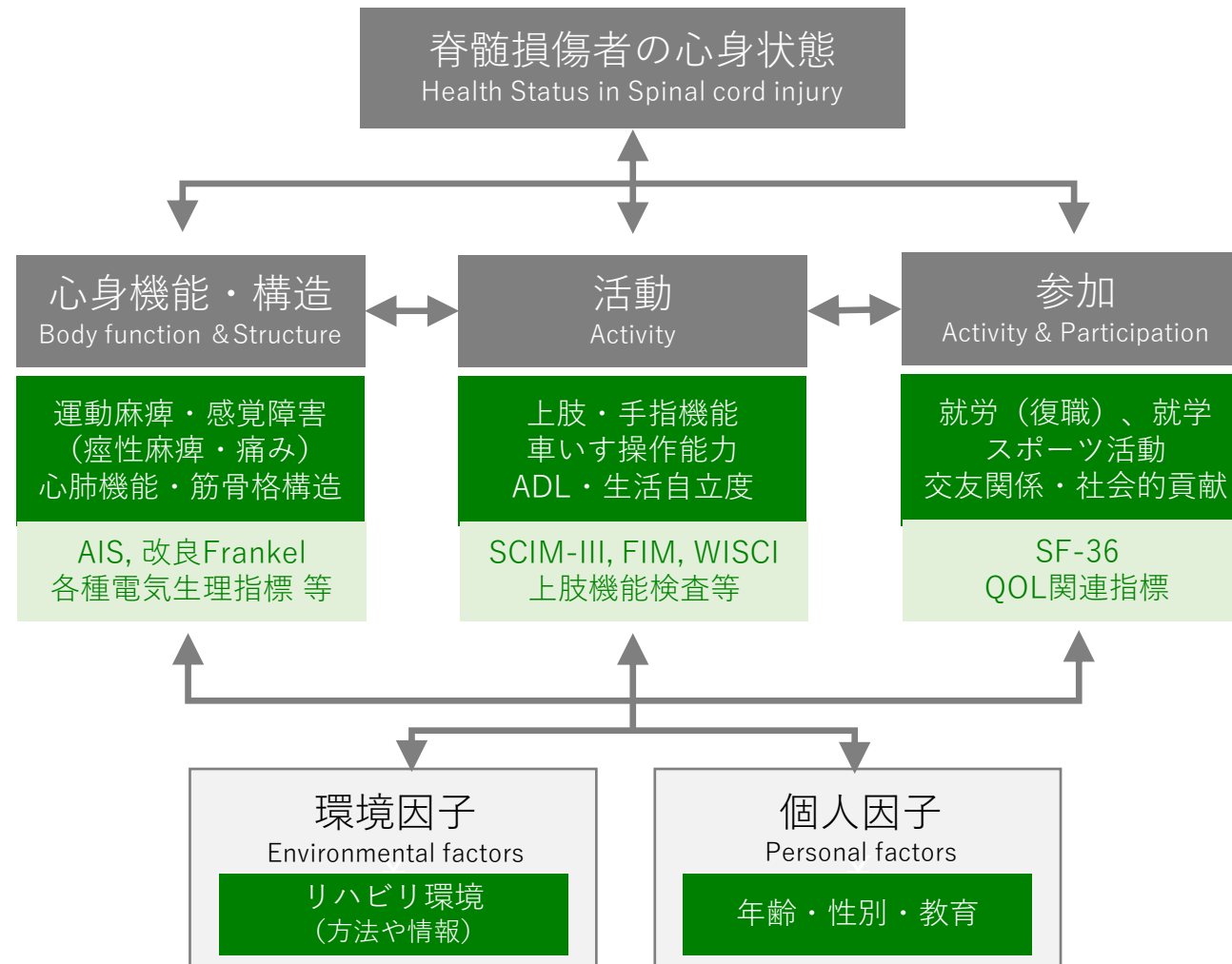



セルフケアにつなげる
看護・介護支援

医療・研究が果たすべき役割

- 機能改善の可能性の探求
再生医療リハビリ治験の推進
- 医学的エビデンスの構築
計測技術・環境構築などの支援

ICF（国際生活機能分類）のフレーム



Spinal Cord Injury Veterans' Disability Benefits, Outcomes, and Health Care Utilization Patterns: Protocol for a Qualitative Study



脊髄損傷の診断・評価

ISNCSCI exam (AIS impairment scale) による臨床評価

ASIA INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI) AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION

Patient Name _____ Date/Time of Exam _____
 Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES

SENSORY KEY SENSORY POINTS

Light Touch (LTR) Pin Prick (PPR)

C2	2	2
C3	2	2
C4	2	2
C5	5	2
C6	5	2
C7	2	1
C8	1	1
T1	0	1
T2	1	1
T3	0	1
T4	0	0
T5	0	0
T6	0	0
T7	0	0
T8	0	0
T9	0	0
T10	0	0
T11	0	0
T12	0	0
L1	0	0
L2	0	0
L3	0	0
L4	0	0
L5	0	0
S1	0	0
S2	0	0
S3	0	0
S4-5	0	0

RIGHT TOTALS (MAXIMUM) 13 (50) 14 (56) 15 (56)

MOTOR SUBSCORES

UER 上肢サブスコア TOTAL 30 (50) MAX (25) (25)

LER 下肢サブスコア TOTAL 0 (50) MAX (25) (25)

• Key Sensory Points

LEFT

MOTOR KEY MUSCLES

SENSORY KEY SENSORY POINTS

Light Touch (LT) Pin Prick (PPL)

C2	2	2
C3	2	2
C4	2	2
C5	2	2
C6	2	2
C7	1	2
C8	1	1
T1	1	1
T2	1	1
T3	0	1
T4	0	0
T5	0	0
T6	0	0
T7	0	0
T8	0	0
T9	0	0
T10	0	0
T11	0	0
T12	0	0
L1	0	0
L2	0	0
L3	0	0
L4	0	0
L5	0	0
S1	0	0
S2	0	0
S3	0	0
S4-5	0	0

LEFT TOTALS (MAXIMUM) 14 (56) 16 (56) 17 (56)

MOTOR SUBSCORES

UEL 上肢サブスコア TOTAL 28 (112) MAX (56) (56)

LEL 下肢サブスコア TOTAL 31 (112) MAX (56) (56)

NEUROLOGICAL LEVELS

1. SENSORY R C6 L C6

2. MOTOR R C6 L C7

3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI) C6

4. COMPLETE OR INCOMPLETE? C

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) A

6. ZONE OF PARTIAL SENSORY PRESERVATION R T3 L T3

MOTOR R C8 L T1

感覚機能
 各髄節のKey point (図中●)
 ① Light touch (触覚)
 ② Pin prick (痛覚)

運動機能 (各髄節のKey movement)

(上肢) (下肢)

C5: 肘関節屈曲 L2: 股関節屈曲
 C6: 手関節伸展 L3: 膝関節伸展
 C7: 肘関節伸展 L4: 足関節背屈
 C8: 手指屈曲 L5: 足指背屈
 T1: 小指外転 S1: 足関節底屈

脊髄損傷の診断・評価

ISNCSCI exam (AIS impairment scale) による臨床評価

ASIA INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI) ISCOS

Patient Name _____ Date/Time of Exam _____
 Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT			SENSORY KEY SENSORY POINTS		SENSORY KEY SENSORY POINTS		LEFT		
MOTOR KEY MUSCLES			Light Touch (LTR)	Pin Prick (PPR)	Light Touch (LTL)	Pin Prick (PPL)	MOTOR KEY MUSCLES		
	C2	2	2	2	2	2	C2		
	C3	2	2	2	2	2	C3		
	C4	2	2	2	2	2	C4		
	C5	5	2	2	2	2	C5	Elbow flexors	5
	C6	5	2	2	2	2	C6	Wrist extensors	5
	C7	2	1	1	1	1	C7	Elbow extensors	4
	C8	1	1	1	1	1	C8	Finger flexors	2
	T1	0	1	1	1	1	T1	Finger abductors (little finger)	1
	T2	0	0	0	0	0	T2		
	T3	0	0	0	0	0	T3		
	T4	0	0	0	0	0	T4		
	T5	0	0	0	0	0	T5		
	T6	0	0	0	0	0	T6		
	T7	0	0	0	0	0	T7		
	T8	0	0	0	0	0	T8		
	T9	0	0	0	0	0	T9		
	T10	0	0	0	0	0	T10		
	T11	0	0	0	0	0	T11		
	T12	0	0	0	0	0	T12		
	L1	0	0	0	0	0	L1		
	L2	0	0	0	0	0	L2	Hip flexors	0
	L3	0	0	0	0	0	L3	Knee extensors	0
	L4	0	0	0	0	0	L4	Ankle dorsiflexors	0
	L5	0	0	0	0	0	L5	Long toe extensors	0
	S1	0	0	0	0	0	S1	Ankle plantar flexors	0
	S2	0	0	0	0	0	S2		
	S3	0	0	0	0	0	S3		
	S4	0	0	0	0	0	S4		
	S5	0	0	0	0	0	S5		

RIGHT TOTALS (MAXIMUM) (50) (56) (56) LEFT TOTALS (MAXIMUM) (50) (56) (112)

MOTOR SUBSCORES: UER 13 + UEL 17 = UEMS TOTAL 30 LER 0 + LEL 0 = LEMS TOTAL 0
 SENSORY SUBSCORES: LTR 14 + LTL 14 = LT TOTAL 28 PPR 15 + PPL 16 = PP TOTAL 31

NEUROLOGICAL LEVELS: 1. SENSORY R C6 L C6 2. MOTOR R C6 L C7 3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI) C6 4. COMPLETE OR INCOMPLETE? C 5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) A 6. ZONE OF PARTIAL PRESERVATION R T3 L T3 MOTOR R C8 L T1

Comments (Non-key Muscle? Reason for NT? Pain? Non-SCI condition?)
 Motor function present in non-key muscle at C6 on the right and at C6 on the left.

運動機能 感覚機能

Zone of Partial Preservation (部分的機能残存領域)

完全 (Complete) or 不全 (Incomplete) の判定はS4-5の感覚残存の有無により決定

神経学的レベル
完全残存している
再遠位の髄節

左右・運動/感覚の完全残存髄節

脊髄損傷の診断・評価

ISNCSCI exam (AIS impairment scale) による臨床評価

ISNCSCI Algorithm

Use the * symbol to indicate impairment not due to SCI.

0	*	1	*	2	*	3	*
4	*	5		NT	*		

<https://www.isncscialgorithm.com/Form>

Clear this form Report this form Excel Download as Image Download as PDF Calculate

The form displays a human figure with various muscle groups and sensory points marked. The form includes tables for Motor and Sensory scores for the right and left sides, and a section for VAC and DAP.

RIGHT		MOTOR KEY MUSCLES	SENSORY KEY POINTS	LEFT	
		Light Touch (LT)	Pin Prick (PP)		
		C2	2	2	
		C3	2	2	
		C4	2	2	
		Elbow flexors C5	5	2	2
		Wrist extensors C6	5	2	2
		Elbow extensors C7	4	2	2
		Finger flexors C8	3	2	2
		Finger abductors (ring finger) T1	0	1	1
		T2	1	1	1
		T3	1	1	1
		T4	1	1	1
		T5	0	1	1
		T6	0	0	0
		T7	0	0	0
		T8	0	0	0
		T9	0	0	0
		T10	0	0	0
		T11	0	0	0
		T12	0	0	0
		L1	0	0	0
		L2	0	0	0
		L3	0	0	0
		L4	0	0	0

④ Calculateを押下

① 運動・感覚スコアを入力

② 最遠位の残存機能髄節を入力

③ VAC (肛門収縮)・DAP (肛門周囲感覚)の有無を入力

(VAC) Voluntary anal contraction [No] 34-5 [0] [0]

[0] [0] 34-5 [No] (DAP) Deep anal pressure

RIGHT TOTALS 13 14 15 (MAXIMUM) (50) (50) (50)

LEFT TOTALS 14 16 17 (50) (50) (50)

Motor subscores: UER 13 + UEL 17 = UEMS Total 30 MAX (25) LER 0 + LEL 0 = LEMS Total 0 MAX (25)

Sensory subscores: LTR 14 + LTL 14 = LT Total 28 MAX (50) PPR 15 + PPL 16 = PP Total 31 (112)

NEUROLOGICAL LEVELS Step 1: for classification

1. SENSORY: R C6, L C6

2. MOTOR: R C6, L C7

3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI): C6

4. COMPLETE OR INCOMPLETE: C

5. AIS IMPAIRMENT SCALE (AIS): A

6. ZONE OF PARTIAL PRESERVATION: R T3, L T3; MOTOR: R C8, L T1

⑤ 結果が自動確定

脊髄損傷後の身体機能改善の可能性



Who is going to walk? A review of the factors influencing walking recovery after spinal cord injury

Giorgio Scivoletto^{1,2*}, Federica Tamburella^{1,2}, Letizia Laurenza¹, Monica Torre¹ and Marco Molinari^{1,2}

運動・感覚機能ともに

Determine ASIA Impairment Scale (AIS) grade:
Is injury Complete? If YES, AIS=A and can record

完全麻痺 = AIS A

NO ↓

ZPP (lowest dermatome or myotome on each side with some preservation)

感覚機能に残存があるものの

運動機能は完全麻痺 = AIS B

Are at least half (half or more) of the key muscles below the neurological level of injury graded 3 or better?

NO ↓

AIS=C

YES ↓

AIS=D

機能活用に至らない
不完全麻痺 = AIS C

機能活用可能な
不完全麻痺 = AIS D

Table 1 | Prediction of recovery according to AIS impairment scale.

AIS grade at admission	A	B	C	D	
First examination at 72 h¹⁰		One-year follow-up AIS grade			
A	84%	8%	5%	3%	
B	10%	30%	29%	31%	
C	2%	2%	25%	67%	
D	2%	1%	2%	85%	
First examination at 30 days¹¹		One-year follow-up AIS grade			
A	95%	0	2,5%	2,5%	
B	0	53%	21%	26%	
C	1%	0	45%	54%	
D	2%	0	0	96%	

脊髄損傷後の歩行機能改善の可能性



Who is going to walk? A review of the factors influencing walking recovery after spinal cord injury

Giorgio Scivoletto^{1,2*}, Federica Tamburella^{1,2}, Letizia Laurenza¹, Monica Torre¹ and Marco Molinari^{1,2}

運動・感覚機能ともに

Determine ASIA Impairment Scale (AIS) grade:
Is injury Complete? If YES, AIS=A and can record

完全麻痺 = AIS A

NO ↓

ZPP (lowest dermatome or myotome on each side with some preservation)

感覚機能に残存があるものの

運動機能は完全麻痺 = AIS B

classification)

Are at least half (half or more) of the key muscles below the neurological level of injury graded 3 or better?

NO ↓

AIS=C

YES ↓

AIS=D

機能活用に至らない
不完全麻痺 = AIS C

機能活用可能な
不完全麻痺 = AIS D

Table 1 | Prediction of recovery according to AIS impairment scale.

AIS grade at admission	A	B	C	D	
First examination at 72 h¹⁰		One-year follow-up AIS grade			
A	84%	8%	5%	3%	
B	10%	30%	29%	31%	
C	2%	2%	25%	67%	
D	2%	1%	2%	85%	
First examination at 30 days¹¹		One-year follow-up AIS grade			
A	95%	0	2,5%	2,5%	
B	0	53%	21%	26%	
C	1%	0	45%	54%	
D	2%	0	0	96%	

脊髄損傷後の機能改善 — 受傷後時間経過に伴うSCIM-IIIの変化 —

2013-19年に集積した784名の脊髄損傷症例のデータをもとに
受傷後の機能改善の速度変化パターンを区分

Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation (2021) 3, 100121



Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation

Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation 2021;3: 1-14

Available online at www.sciencedirect.com



Original Research

Identification of Classes of Functioning Trajectories and Their Predictors in Individuals With Spinal Cord Injury Attending Initial Rehabilitation in Switzerland

Jsabel Hodel, MSc ^{a,b}, Cristina Ehrmann, PhD ^{a,b},
Anke Scheel-Sailer, MD ^{b,c}, Gerold Stucki, MD, MS ^{a,d},
Jerome E. Bickenbach, PhD, LLB ^{a,b},
Birgit Prodinger, PhD ^{a,b,e}, the SwiSCI Study Group

^a Swiss Paraplegic Research, Nottwil, Switzerland

^b Department of Health Sciences and Medicine, University of Lucerne, Lucerne, Switzerland

^c Swiss Paraplegic Centre, Nottwil, Switzerland

^d Center for Rehabilitation in Global Health Systems, University of Lucerne, Lucerne, Switzerland

^e Faculty of Applied Health and Social Sciences, Technical University of Applied Sciences Rosenheim, Rosenheim, Germany

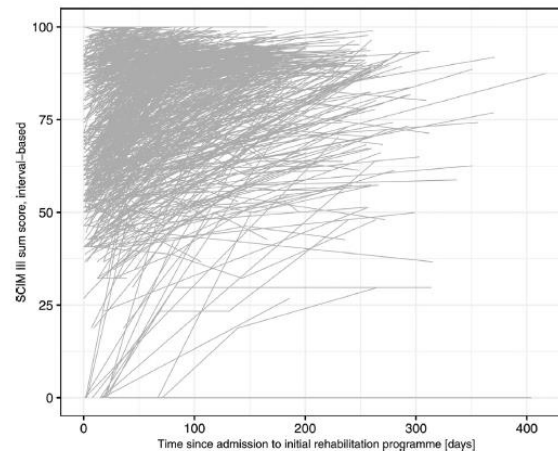


Fig 1 Observed individual functioning trajectories according to the interval-based SCIM III sum score.

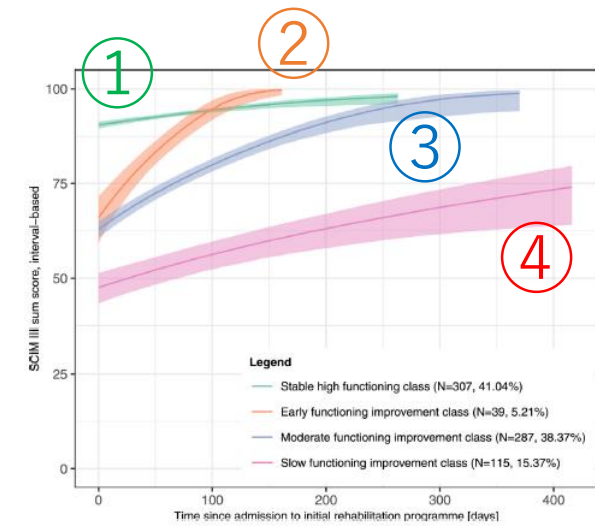


Fig 2 Class-specific predicted mean functioning trajectories according to the best-fitting LPMM and 95% confidence interval. Note that the class-specific predicted mean trajectories were plotted up the respective maximum observed time of assessment within each class.

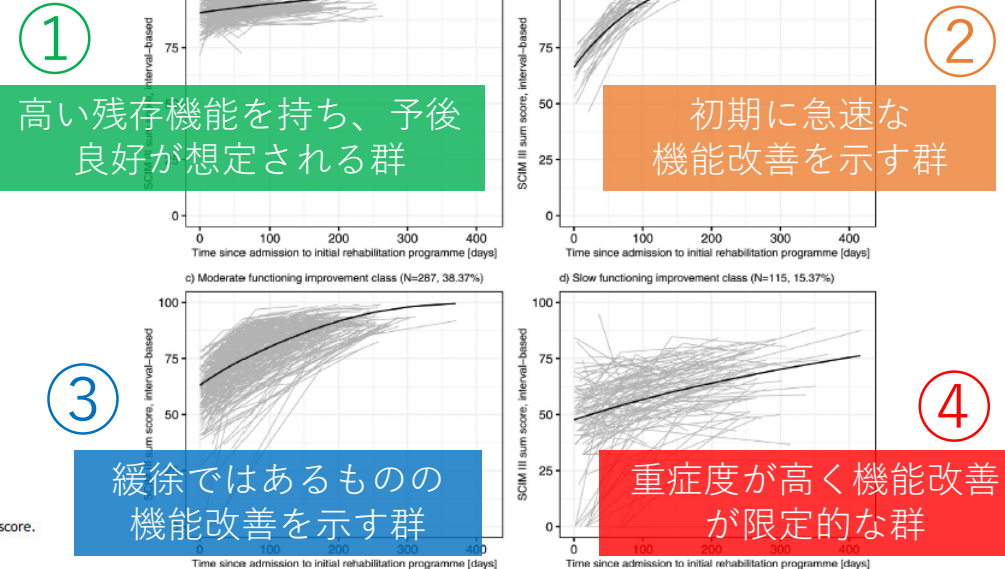


Fig 3 Observed individual (gray) and predicted mean (black) functioning trajectories of the best-fitting latent process mixed model for the (a) stable high functioning class (n=307; 41.04%), (b) early functioning improvement class (n=39; 5.21%), (c) moderate functioning improvement class (n=287; 38.37%), and (d) slow functioning improvement class (n=115; 15.37%).

データベースの利活用

— 脊髄損傷関連アウトカムに関するデータベース —

Bourguignon et al. BMC Medicine (2022) 20:225
https://doi.org/10.1186/s12916-022-02395-0

BMC Medicine

<https://jutzelec.shinyapps.io/neurosurveillance/>

RESEARCH ARTICLE

Open Access

International surveillance study in acute spinal cord injury confirms viability of multinational clinical trials

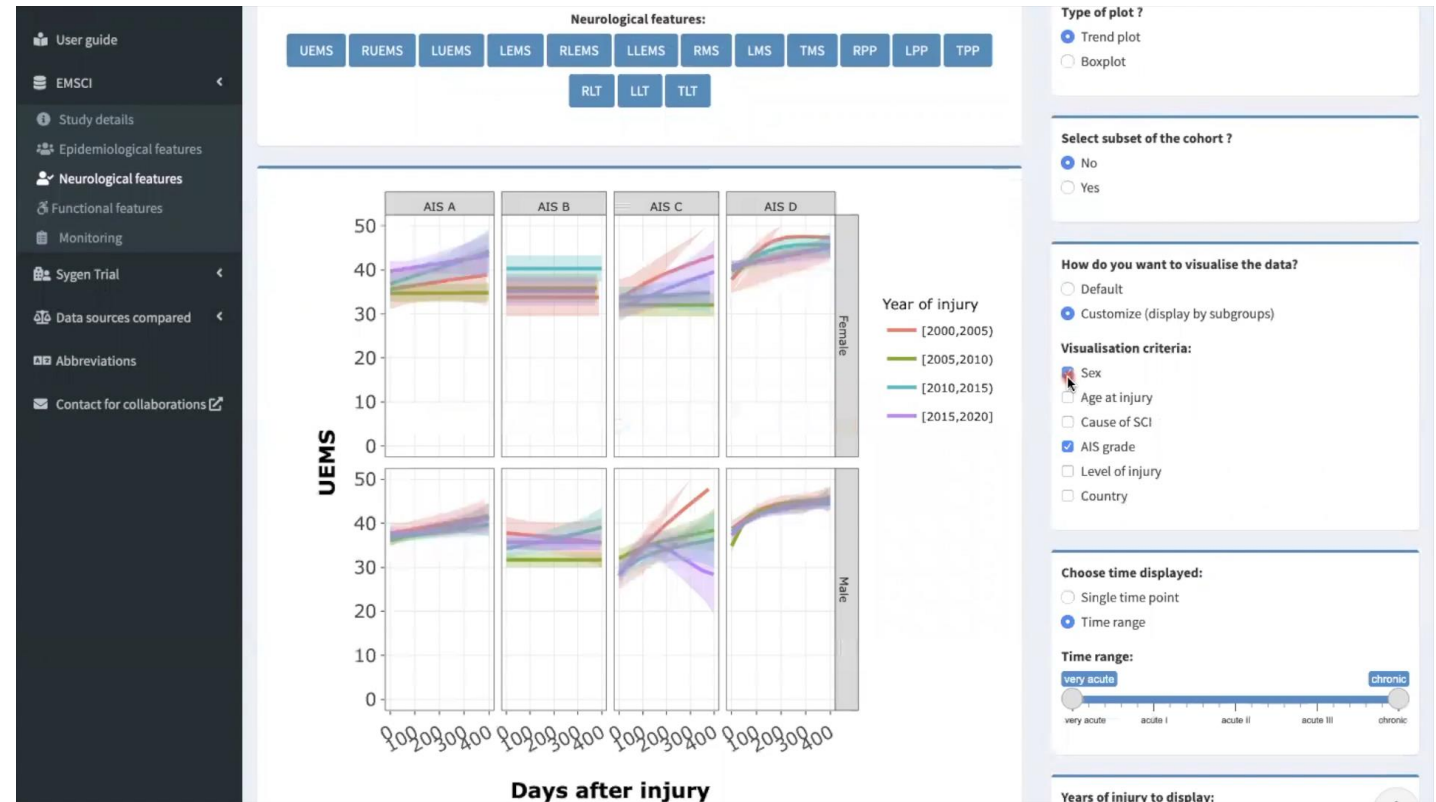
Lucie Bourguignon^{1,2}, Bobo Tong³, Fred Geisler⁴, Martin Schubert⁵, Frank Röhrich⁶, Marion Saur⁷, Norbert Weidner⁸, Rüdiger Rupp⁸, Yorck-Bernhard B. Kalke⁹, Rainer Abel¹⁰, Doris Maier¹¹, Lukas Grassner^{11,12}, Harvinder S. Chhabra¹³, Thomas Liebscher¹⁴, Jacquelyn J. Cragg^{3,15}, EMSCI study group⁵, John Kramer^{3,16,17}, Armin Curt^{5†} and Catherine R. Jutzeler^{1,2,5†}

Abstract

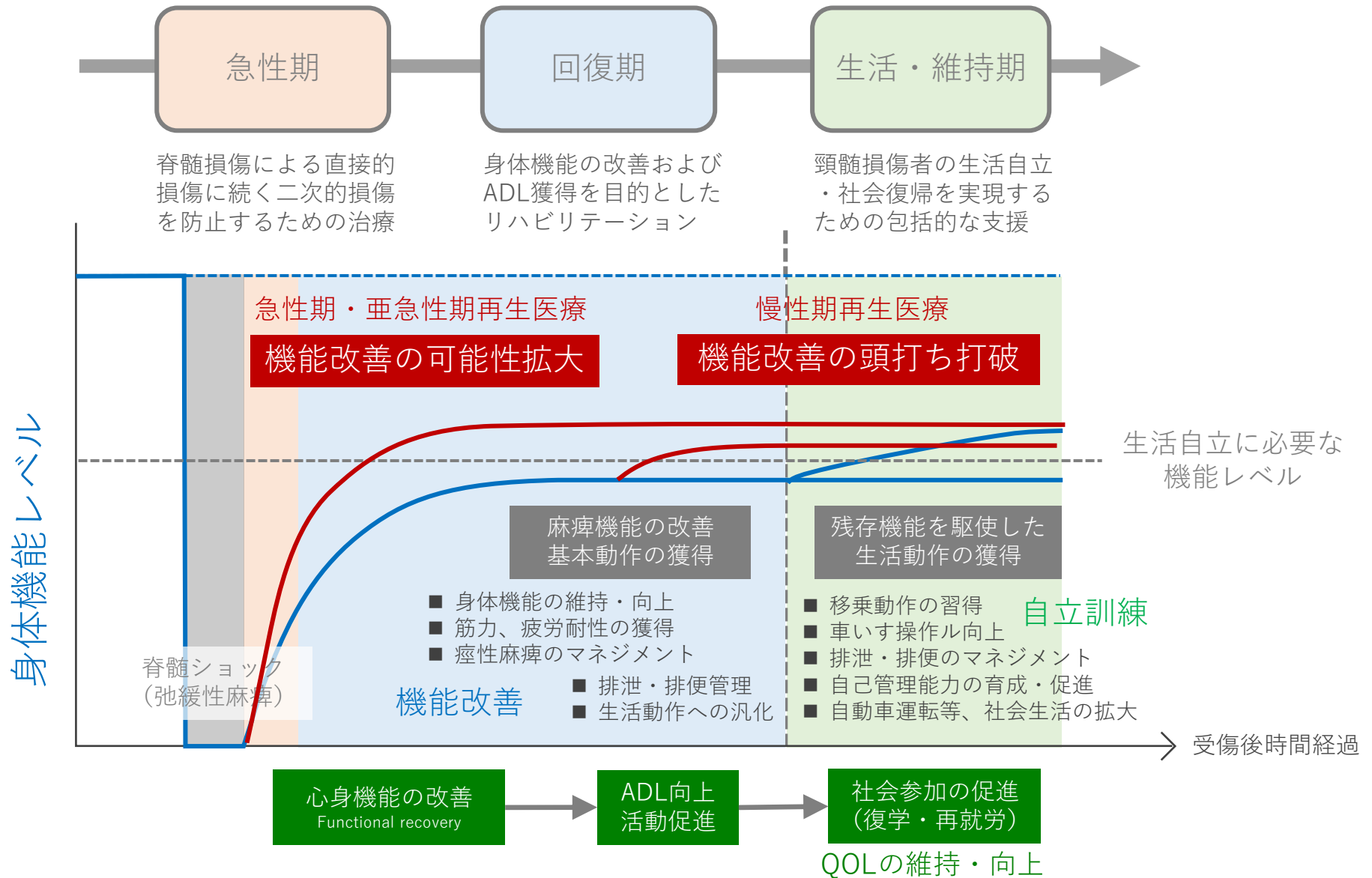
Background: The epidemiological international landscape of traumatic spinal cord injury (SCI) has evolved over the last decades along with given inherent differences in acute care and rehabilitation across countries and jurisdictions. However, to what extent these differences may influence neurological and functional recovery as well as the integrity of international trials is unclear. The latter also relates to historical clinical data that are exploited to inform clinical trial design and as potential comparative data.

Methods: Epidemiological and clinical data of individuals with traumatic and ischemic SCI enrolled in the European Multi-Center Study about Spinal Cord Injury (EMSCI) were analyzed. Mixed-effect models were employed to account for the longitudinal nature of the data, efficiently handle missing data, and adjust for covariates. The primary outcomes comprised demographics/injury characteristics and standard scores to quantify neurological (i.e., motor and sensory scores examined according to the International Standards for the Neurological Classification of Spinal Cord Injury) and functional recovery (walking function). We externally validated our findings leveraging data from a completed North American landmark clinical trial.

Results: A total of 4601 patients with acute SCI were included. Over the course of 20 years, the ratio of male to female patients remained stable at 3:1, while the distribution of age at injury significantly shifted from unimodal (2001/02) to bimodal distribution (2019). The proportional distribution of injury severities and levels remained stable with the largest percentages of motor complete injuries. Both, the rate and pattern of neurological and functional recovery, remained unchanged throughout the surveillance period despite the increasing age at injury. The findings related to recovery profiles were confirmed by an external validation cohort ($n=791$). Lastly, we built an open-access and online surveillance platform ("Neurosurveillance") to interactively exploit the study results and beyond.



脊髄損傷後の機能改善と再生医療の位置づけ



今日の内容

① 脊髄損傷の周辺事情

疫学調査・臨床的アウトカムに関するの情報整理をベースに再生医療の位置づけと社会的意義を考える

② 再生医療リハビリテーションの概要紹介

治験概要の紹介に加え、頸髄損傷者の身体機能改善と生活自立を実現する上での考え方・留意点を整理

③ 再生医療の現状についてのまとめ

現時点での再生医療リハビリの効果と意義に関する正確な理解・認識、対象や目標設定のあり方を整理

脊髄損傷後の歩行機能回復に向けた
新しいビジョン
—神経の再生・修復から機能回復まで—

A New Approach for the Restoration of Locomotor
Function after Spinal Cord Injury

河島 則天 緒方 徹

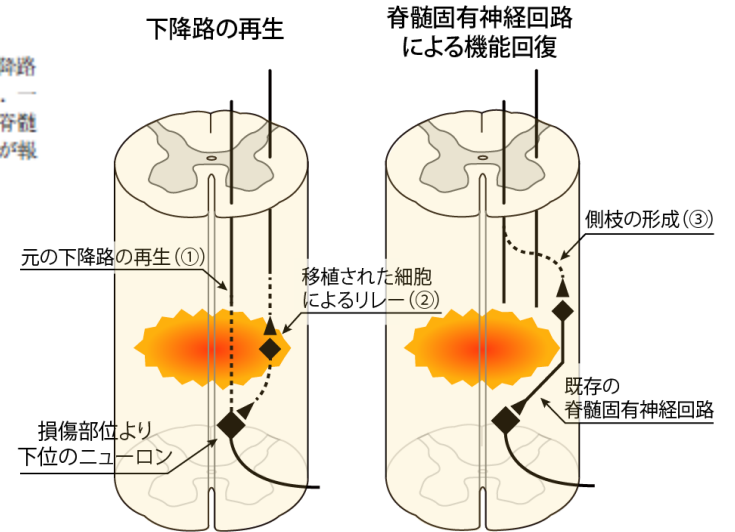
国立障害者リハビリテーションセンター研究所運動機能系障害研究部

Key words :
神経再生
神経可塑性
歩行機能回復
脊髄 CPG

Keyword :
可塑性 (Plasticity)

Spinal Surgery 27 (2) 125-129, 2013

Fig. 2 脊髄再生において想定される再生パターン
腹と容髄前角の運動ニューロンをつなぐ経路の再生には、下降路が損傷部を超えて再生するメカニズムが考えられる (①, ②)。一方で、再生神経線維 (点線) が損傷部を超えなくても既存の容髄内回路とそこへの側枝形成により機能回復が得られる可能性が報告されている (③)。



2017年、当センター病院リハビリテーション部に『再生医療リハビリテーション室』を開設

再生医療実施機関との連携のもと、再生医療とリハビリテーション実施による慢性期脊髄損傷者の機能改善効果と背景メカニズムの検証に関する臨床研究を推進

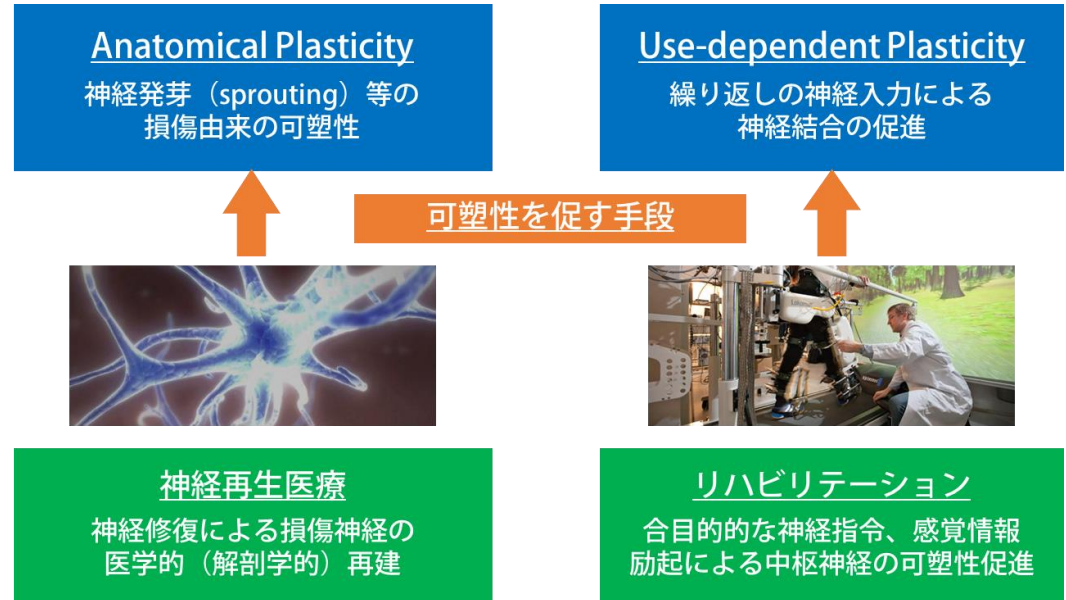
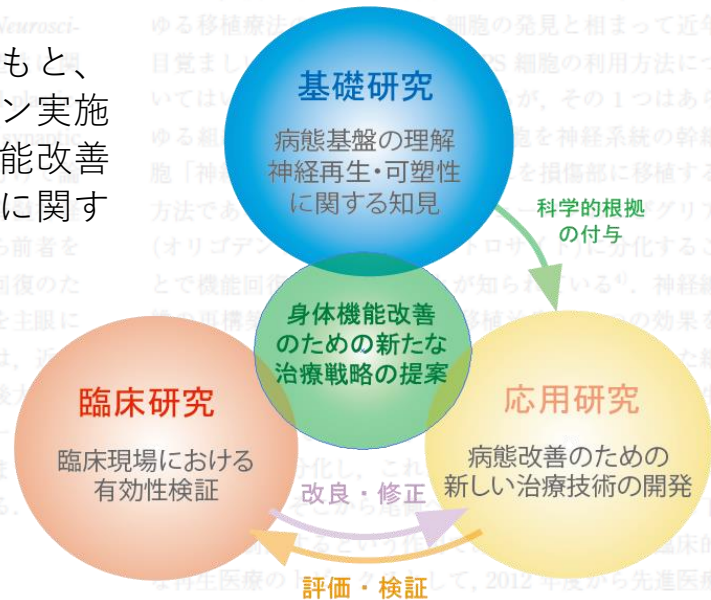


Fig. 1 2つの可塑性についての知見をベースとした歩行機能再獲得のための具体的戦略

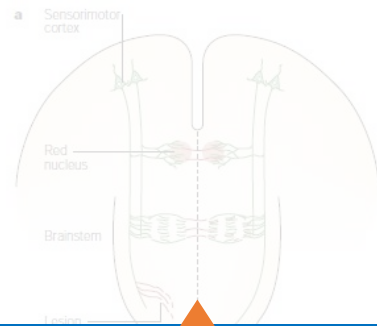
1. 脊髄神経の再生と修復

脊髄再生研究の端緒ともいえる Aguayo ら²⁾のラット

として大阪大学で開始された慢性期脊髄損傷に対する自

脊髄損傷後の機能改善の可能性

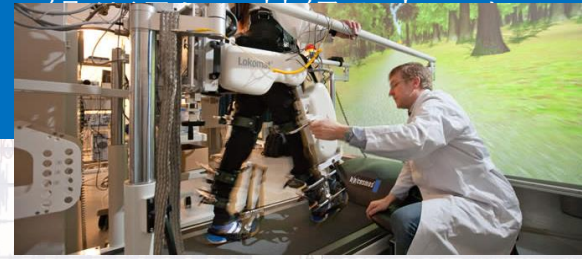
－神経可塑性（plasticity）の原理に基づく治療戦略－



Anatomic Pla

可塑性を促す手段

endent Plasticity



再生医療

神経修復による損傷神経の
医学的／解剖学的再建

リハビリテーション

合目的な神経指令、感覚励起
による中枢神経の可塑性促進

再生医療リハビリテーションに関する臨床研究 －問題の所在・解決すべき課題－

課題

①

再生治療（細胞移植／投与）による麻痺領域の機能改善がどの程度実現可能なのか？

→機能改善の程度や範囲、発現機序は未だ不明確

（運動・感覚機能以外の側面への効果も検証する必要性）

課題

②

再生治療とリハビリテーションによる身体機能の変化をどのように捉え、客観検証するか？

→これまでの再生医療の効果を検証した研究の多くは臨床的アウトカムによる検証に留まっている

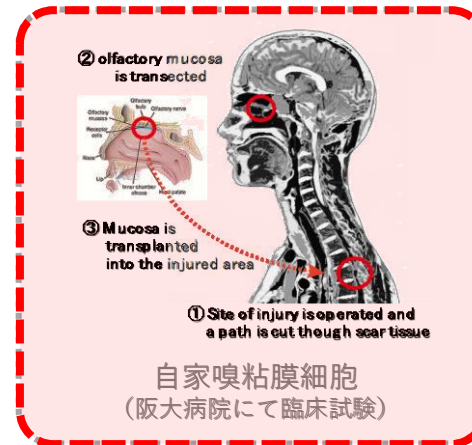
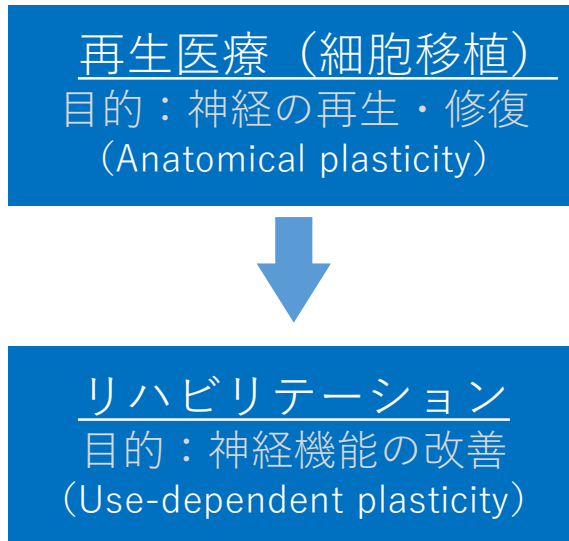
（機能改善のメカニズムを捉える評価プロトコルの必要性）

再生医療リハビリテーション研究の展開

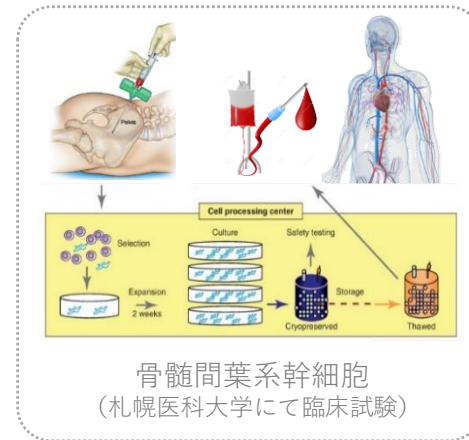
2017年 病院リハビリテーション部に『再生医療リハビリテーション室』を開設

外部再生医療実施機関との連携のもと、再生医療とリハビリテーション実施による慢性期脊髄損傷者の機能改善効果と背景メカニズムの検証に関する臨床研究を推進

- 自家嗅粘膜細胞移植（阪大病院）：5例終了
- 骨髄間葉系幹細胞移植（札幌医大）：9例終了、2例実施中、2例実施予定



2016年12月より連携開始
先進医療B承認下での臨床試験
対象：慢性期胸髄完全損傷
(今後、頸髄損傷に対象拡充の予定)

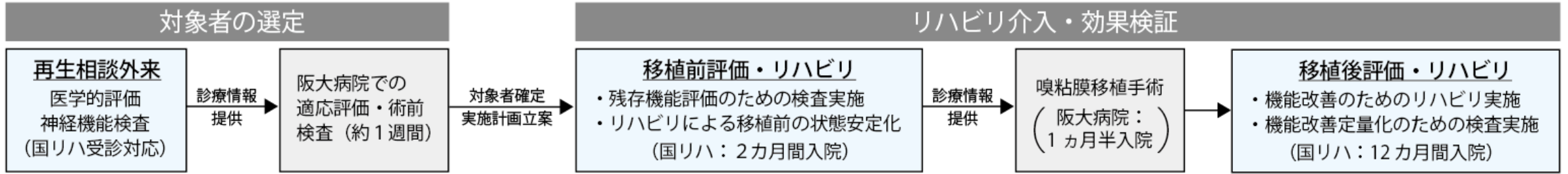


2018年12月より連携開始
保険診療移行に向けた臨床試験
対象：慢性期脊髄損傷
(完全/不全、損傷髄節を問わず)

再生医療による神経修復に続く『リハビリテーション』による機能改善の可能性とメカニズムの検証

臨床研究のプロトコル

－ 脊髄への自家嗅粘膜移植とリハビリテーションによる機能改善効果の検証 －



対象：慢性期胸髄完全損傷症例 5 名

	年齢／性別	受傷レベル	ASIA	受傷後経過	痙性麻痺	SCIM
症例A	40歳代男性	第9胸髄	A	17年	有	70/100
症例B	30歳代男性	第10胸髄	A	14年	有	70/100
症例C	30歳代女性	第6胸髄	A	5年	有	57/100
症例D	20歳代男性	第5胸髄	A	2年	有	70/100
症例E	30歳代男性	第12胸髄	A	1年半	有／微弱	70/100

リハビリテーション実施内容

- ① 理学療法（マット／バランス訓練，装具歩行）
- ② ロボティクス（Lokomat）による歩行練習
- ③ 随意収縮＋Bio feedback訓練
- ④ 立位訓練装置（Easy Stand）などによる自主練習

麻痺機能改善のためのリハビリテーションアプローチ



	Participant A	Participant B	Participant C	Participant D	Participant E
① Total gait distance	283.9 km	280.0 km	243.0 km	247.7 km	225.4 km
② Total gait duration	95.54 hours	89.33 hours	79.44 hours	89.55 hours	73.67 hours
③ Number of sessions	185 sessions	175 sessions	159 sessions	180 sessions	153 sessions
④ Mean distance/session	1.53 ± 0.24 km	1.57 ± 0.21 km	1.53 ± 0.13 km	1.37 ± 0.11 km	1.50 ± 0.20 km

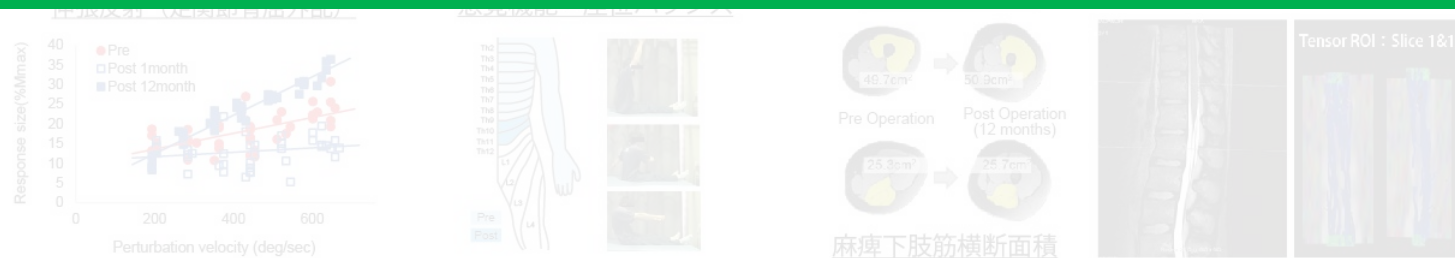
身体諸機能へのリハビリテーション効果の検証手法

これまでの臨床報告で用いられてきたアウトカムは臨床指標が殆どであり、機能改善の可能性やメカニズムについては未解明の側面が多い (Lima C,2009. Iwatsuki K,2016)



臨床研究における精緻な評価・計測の意義

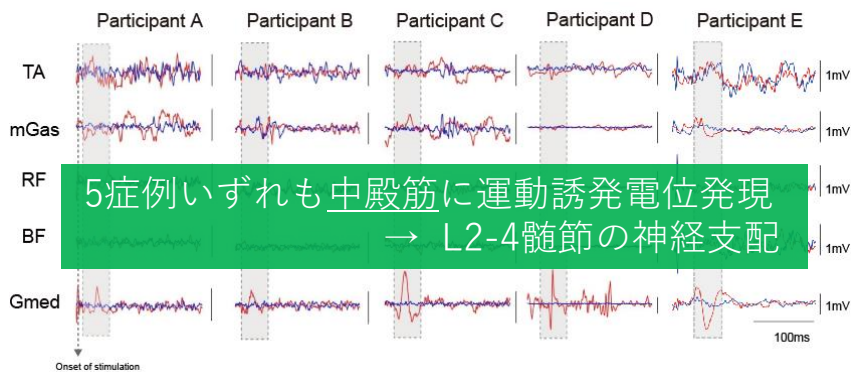
- ✓ 客観的な立場からの効果検証を試みる（効果が前提ではない）
- 再生治療の意義を明確にする（過度な期待・過小評価を避ける）
- 適用と限界、効果が期待できる対象症例の適用基準を明確化する



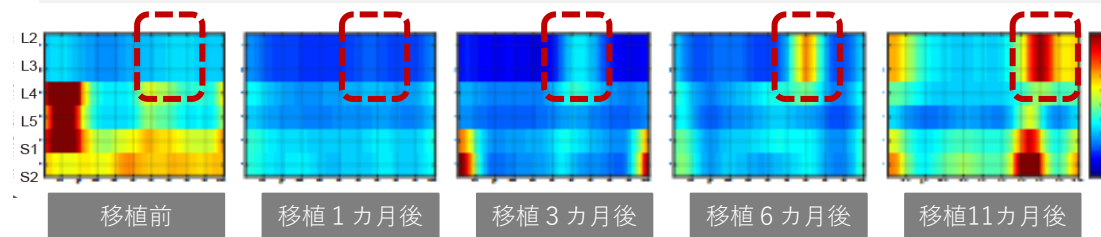
自家嗅粘膜移植とリハビリテーション実施に伴う胸髄完全損傷者の身体機能の改善



経頭蓋磁気刺激による運動誘発電位



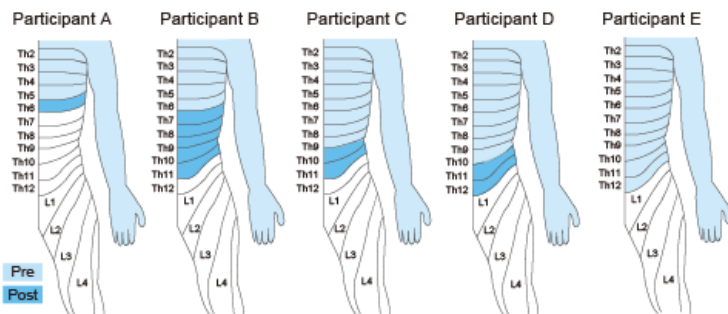
下肢交互動作中の麻痺領域筋活動



リハビリ経過に伴う歩行様筋活動の変化
→ 遊脚開始時の股関節屈曲筋の活動増加

境界領域の感覚機能改善

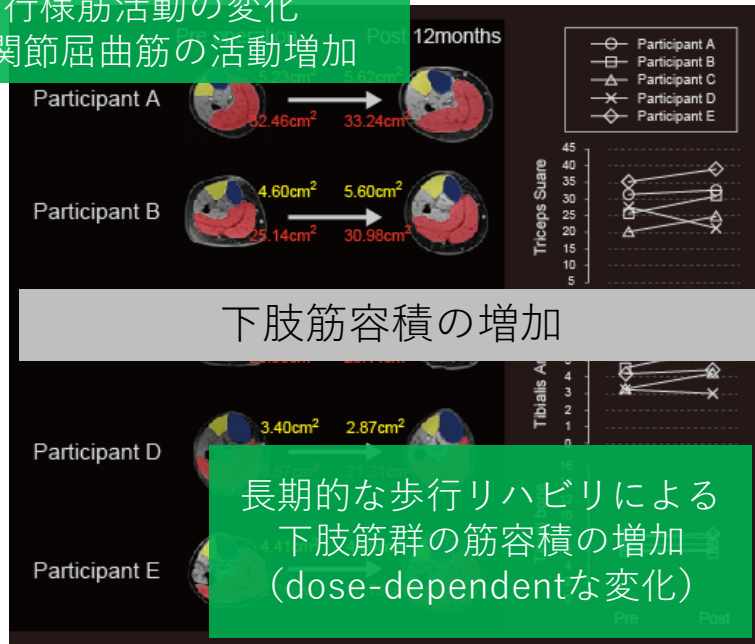
損傷部位遠位への感覚機能拡張



座位バランス・体幹機能改善



体幹機能改善による座位バランスの向上



自家嗅粘膜移植後1年間のリハビリテーション実施により損傷境界領域の機能が尾側に複数髄節拡張したことを示唆
(完全脊損症例にとって複数髄節の機能改善はADLに直結する大きな変化)

慢性期脊髄損傷に対する再生医療とリハビリテーションの意義

■ 研究的意義

- ✓ 急性期・亜急性期の機能改善効果の傍証・裏付け
(再生治療による効果と自然回復の影響を切り分けて検証)

■ 臨床的意義

- ✓ 慢性期脊髄損傷者の残存機能最大化の可能性検証
(慢性状態でもどの程度の機能改善の可能性があるかを検証)

■ 社会的意義

- ✓ 慢性期症例の社会参加促進。生活の質の向上
(頸髄完全損傷症例の機能改善はADLに直結する重要な課題)

頸髄完全損傷者にとって損傷部位より遠位髄節への身体機能の拡張がもたらす意義は極めて大きい

Possibility of Independence in ADL (Activities of Daily Living) for Patients with Cervical Spinal Cord Injuries - An Evaluation based on the Zancolli Classification of Residual Arm Functions

Osamu YOSHIMIZU, Yukihiro YAMAMOTO, Masataka HOSODA, Akira MINEMATSU, Shinya MATSUDA, Satiko TANAKA, Nobuhiko TANEMURA

Zancolli分類に基づく
頸髄損傷者のADL動作獲得の可能性

Table 2. Possibility of Independence for Patients with Residual Function for each ADL Item

(1) Wheelchair maneuver	C4	C5	C5	C6	C6	C6	C6	C7	C7	C8	C8
	A	B	A	B	B	B	A	B	A	B	
① To go forward indoors	0	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
② To turn the chair at a corner	0	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
③ To go backward	0	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
④ To manipulate the breaks	0	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
⑤ To maintain sitting position on the chair	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
⑥ To change position on the seat	0	0	1	1	3	3	3	3	3	3	3
⑦ To manoeuvre the wheelchair outdoors (asphalted roads)	0	0	2	2	3	3	3	3	3	3	3
⑧ To ascend and descend a slope (an inclination of 4 degrees)	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
⑨ To push the chair over a 3 cm step	0	0	0	1	3	3	3	3	3	3	3
⑩ To balance the chair on the rear wheels	0	0	0	1	1	3	3	3	3	3	3

基本操作

車いすへの移乗

キャスター上げ

(3) Bed Mobility and Transfer	C4	C5	C5	C6	C6	C6	C6	C7	C7	C8	C8
	A	B	A	B	B	B	A	B	A	B	
① To move from prone to side lying	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
② To move from supine to prone	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
③ To move from supine to long sitting	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2
④ To move from long sitting to supine	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3
⑤ To maintain long sitting	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3
⑥ To maintain side lying	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
⑦ To move from prone to all four	0	0	0	1	3	3	3	3	3	3	3
⑧ To move from sitting in the wheelchair to standing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2

うつ伏せからの起き上がり動作

長時間の座位姿勢維持

再生医療リハビリテーション研究の展開

2017年 病院リハビリテーション部に『再生医療リハビリテーション室』を開設

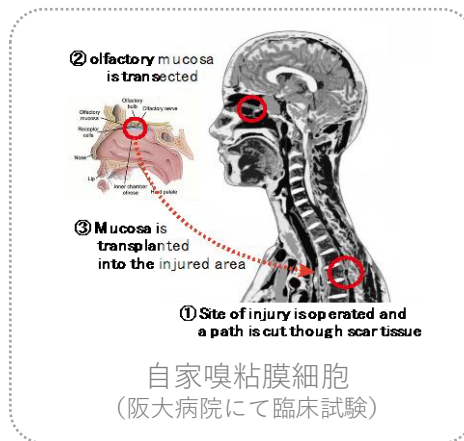
外部再生医療実施機関との連携のもと、再生医療とリハビリテーション実施による慢性期脊髄損傷者の機能改善効果と背景メカニズムの検証に関する臨床研究を推進

- 自家嗅粘膜細胞移植（阪大病院）：5例終了
- 骨髄間葉系幹細胞移植（札幌医大）：9例終了、2例実施中、2例実施予定

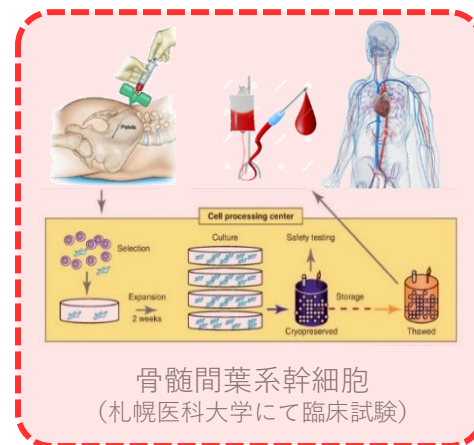
再生医療（細胞移植）
目的：神経の再生・修復
(Anatomical plasticity)



リハビリテーション
目的：神経機能の改善
(Use-dependent plasticity)



2016年12月より連携開始
先進医療B承認下での臨床試験
対象：慢性期胸髄完全損傷
(本年度内に頸髄損傷に対象拡充の予定)



2018年12月より連携開始
保険診療移行に向けた臨床試験
対象：慢性期脊髄損傷
(完全/不全、損傷髄節を問わず)

再生医療による神経修復に続く『リハビリテーション』による機能改善の可能性とメカニズムの検証

脊髄損傷後の機能改善の可能性 - 再生治療のターゲット -

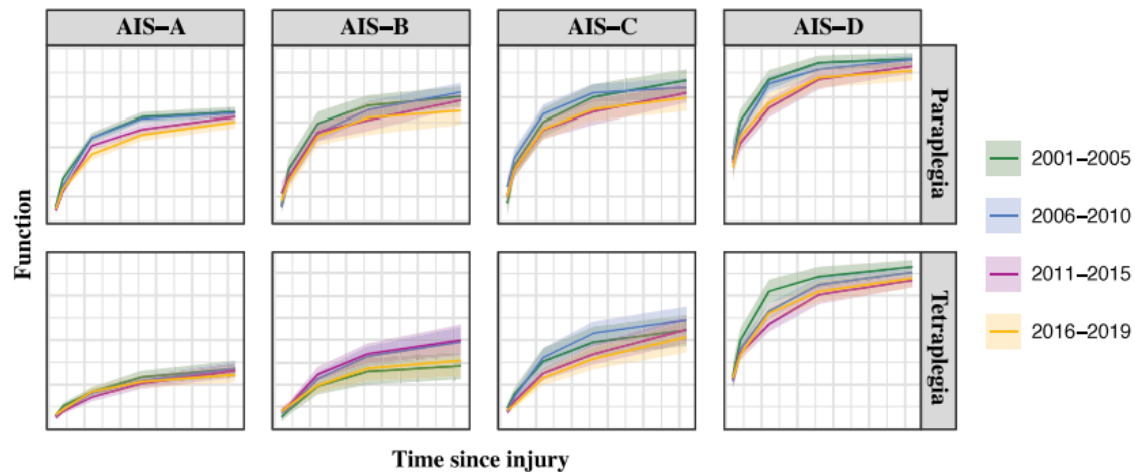
Cell-based and stem-cell-based treatments for spinal cord injury: evidence from clinical trials



Carl M Zipser, Jacquelyn J Cragg, James D Guest, Michael G Fehlings, Catherine R Jutzeler, Aileen J Anderson, Armin Curt

Spinal cord injury is a severely disabling neurological condition leading to impaired mobility, pain, and autonomic dysfunction. Most often, a single traumatic event, such as a traffic or recreational accident, leads to primary spinal cord damage through compression and laceration, followed by secondary damage consisting of inflammation and

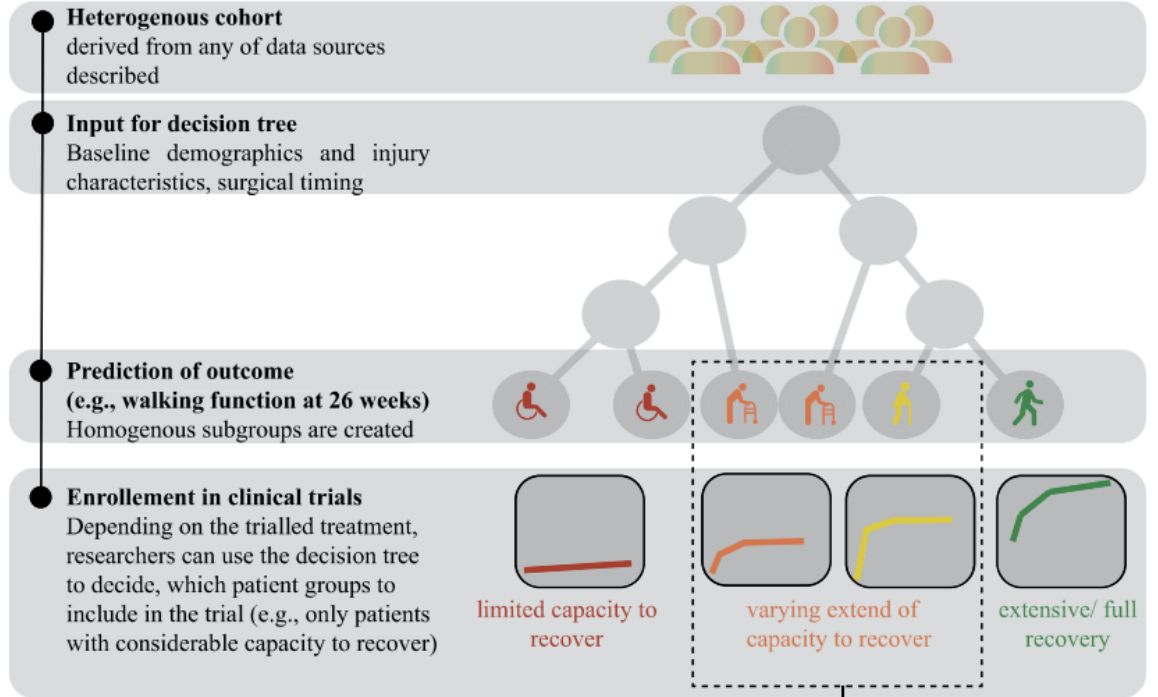
Lancet Neurol 2022; 21: 659-70
Published Online
May 12, 2022



Zipser, C. M., Cragg, J. J., Guest, J. D., Fehlings, M. G., Jutzeler, C. R., Anderson, A. J., & Curt, A. (2022). Cell-based and stem-cell-based treatments for spinal cord injury: evidence from clinical trials. The Lancet Neurology.

<https://jutzelec.shinyapps.io/neurosurveillance/>

Data driven stratification



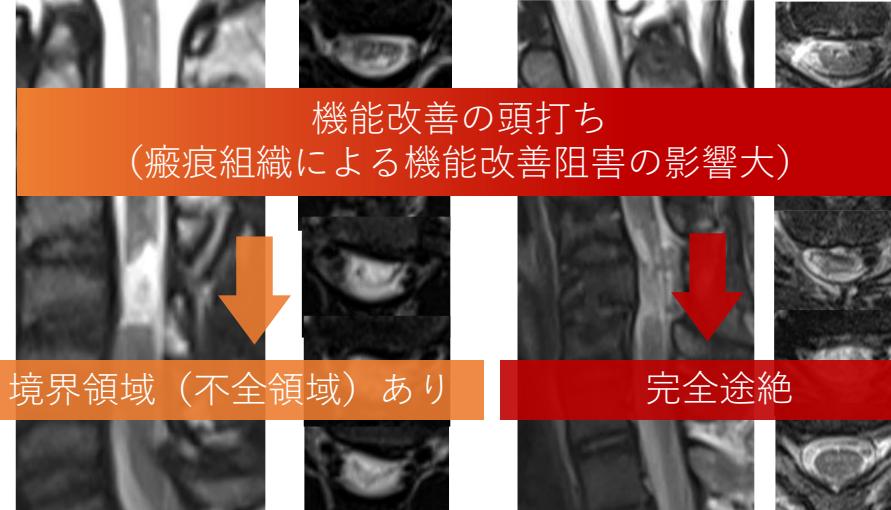
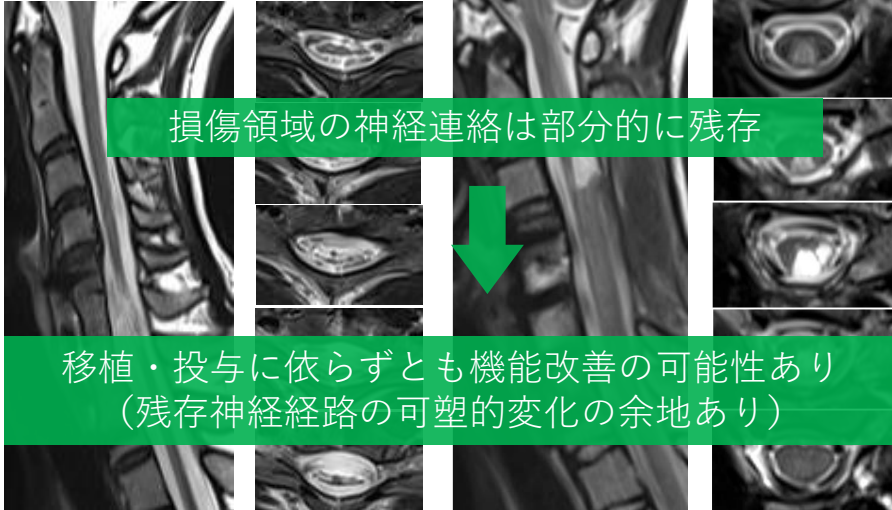
Supplementary figure 1. Data-driven patient stratification and outcome prediction. Three major data sources in the field of spinal cord injury (SCI) (A); data coverage (B); benchmarking (C); data driven stratification (D). EMSCI: European Multi Center Study about Spinal Cord Injury; North American Clinical Trials Network (NACTN); RHSCIR: Rick Hansen Spinal Cord Injury Registry. NACTN and RHSCIR exhibit an excellent coverage of the very early stages of SCI, while EMSCI has a strong coverage for subacute stages. Data from the EMSCI database demonstrates that neurological and functional recovery profiles after SCI remained robust over the last two decades. Specific patient subgroup can be defined, depending on the focus of the clinical trial.

脊髄損傷後の機能改善の可能性

－不全損傷と完全損傷、重症度との関連から－

不全損傷

完全損傷

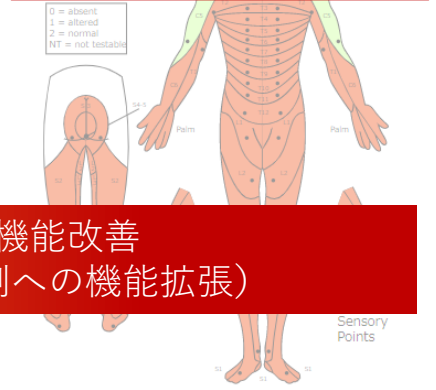
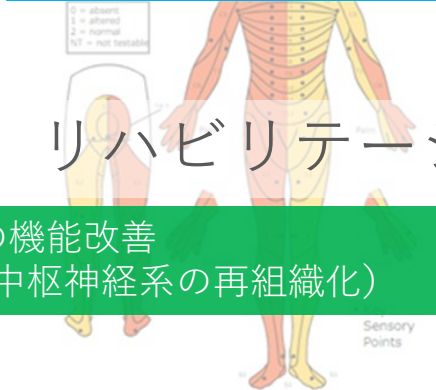


潜在的残存機能の賦活による機能改善の可能性

代行経路形成による機能改善の可能性

麻痺境界領域の機能改善の可能性

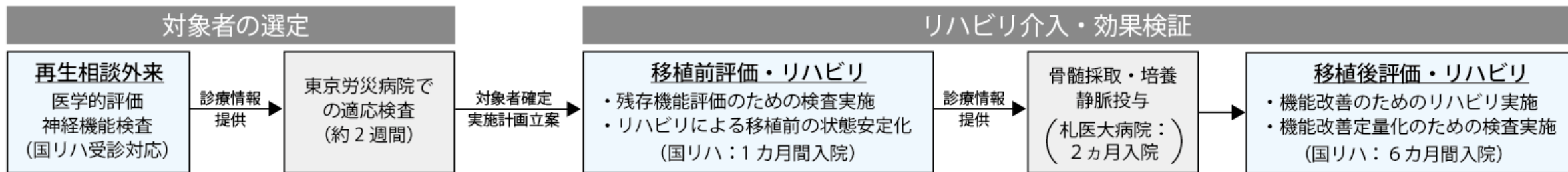
機能改善の可能性は見込めない



リハビリテーションのターゲット

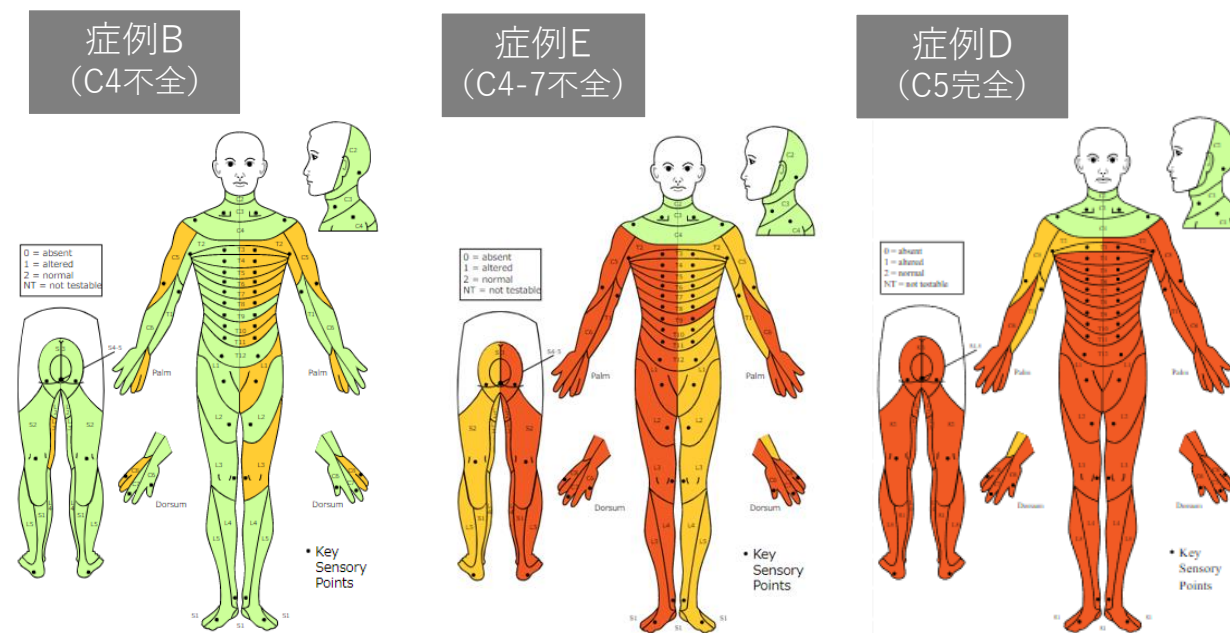
臨床研究のプロトコル

－ 骨髄間葉系幹細胞投与とリハビリテーションによる機能改善効果の検証 －



対象：慢性期脊髄損傷症例（9例完了/2例実施中）

	年J/性別	受傷レベル	ASIA	受傷後経過	痙性麻痺	SCIM
症例A	40歳代男性	第12胸髄	B	17年	有	74
症例B	50歳代男性	第4頸髄	D	14年	有	58
症例C	20歳代男性	第5頸髄	C	5年	有	49
症例D	20歳代男性	第5頸髄	A	2年	有	35
症例E	20歳代女性	第7/4頸髄	D	1年半	有/微弱	61
症例F	30歳代男性	第9胸髄	A	1年半	有/微弱	72
症例G	50歳代男性	第4頸髄	C	1年半	有/微弱	16
症例H	50歳代男性	第6-7頸髄	D	4年	有	53
症例I	30歳代女性	第6-7頸髄	C	15年	有/微弱	38
症例J	30歳代女性	第4頸髄	C	16年	有	54



症例B：50歳男性（中心性頸髄損傷）

ISNCSCI exam：AIS: D NLI: C4
改良Frankel分類：D1

Neurological level	Sensor y	R: C4 / L: C4
	Motor	R: C6 / L: C6
Anorectal exam	VAC: yes / DAP: yes	
NLI→C4 AIS→D		

- 受傷起点：バック転練習時の事...
バック転練習中の事故によりC3-4脱臼骨折。一時心肺停止（人工呼吸管理2週間後に呼吸器離脱）後方固定術施行

運動機能（UEMS: 42, LEMS: 22） ※満点
50

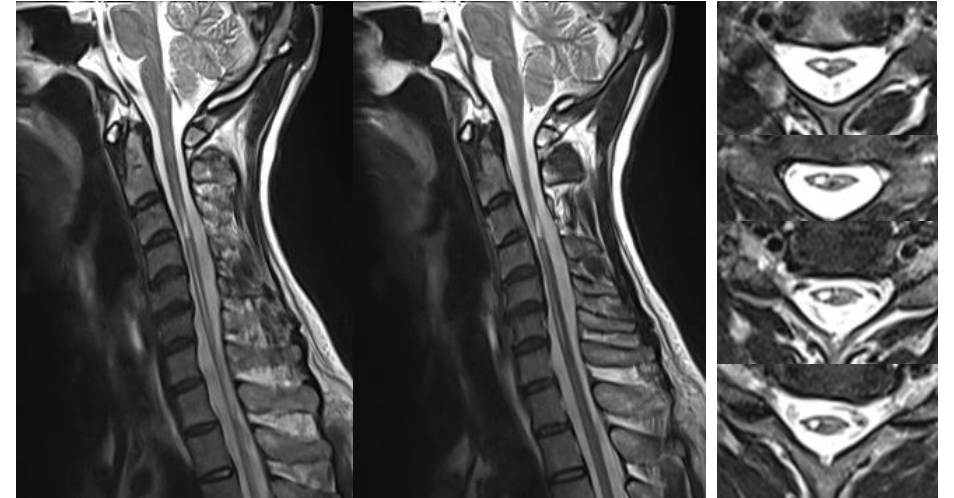
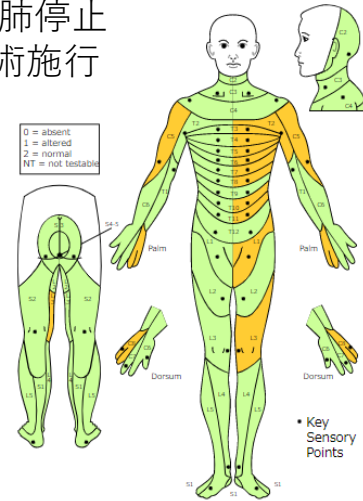
肩関節可動域の狭小化がネックとなり手指の操作は幾分良好であるにも関わらず物品操作や物体把持への努力度が大きく生活上の動作困難が大きい

感覚機能（LT: R/L 56/54, PP: R/L 54/45） ※満点56

表在 7-8/10（全髄節支配領域残存、圧覚優位）

温痛覚生活動作（正確弁別不可、代償的知覚可能）

- 食事動作：手指操作は良好だが口元まで操作対象を運べない
- 更衣動作：かぶりシャツ脱衣困難、袖通しの努力度が大きい
- 移動動作：簡易電動車いす使用。自走車いすは肩関節可動域が狭く手指によるリム把持に努力度を要する。
- 排泄は自尿可能、排便頻度は1回/日、ごくまれに失便あり



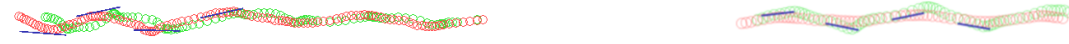
SCIM：セルフケア 15, 呼吸・排泄 30, 移動 16 = 合計 61

セルフケア	項目	スコア	移動	項目	スコア
セルフケア	食事	2	移動	姿勢変換	6
	入浴 上半身	2		移乗 ベッド	2
	入浴 下半身	2		移乗 トイレ	1
	更衣 上半身	3		屋内移動	2
	更衣 下半身	3		屋内移動 10-100m	2
	身づくろい	3		屋外移動	1
呼吸・排泄	呼吸	10		階段昇降	0
	排尿管理	11		移乗 車	1
	排便管理	5		移乗 床	1
	トイレ使用	4			

再生医療リハビリテーション実施による歩行動作の変化



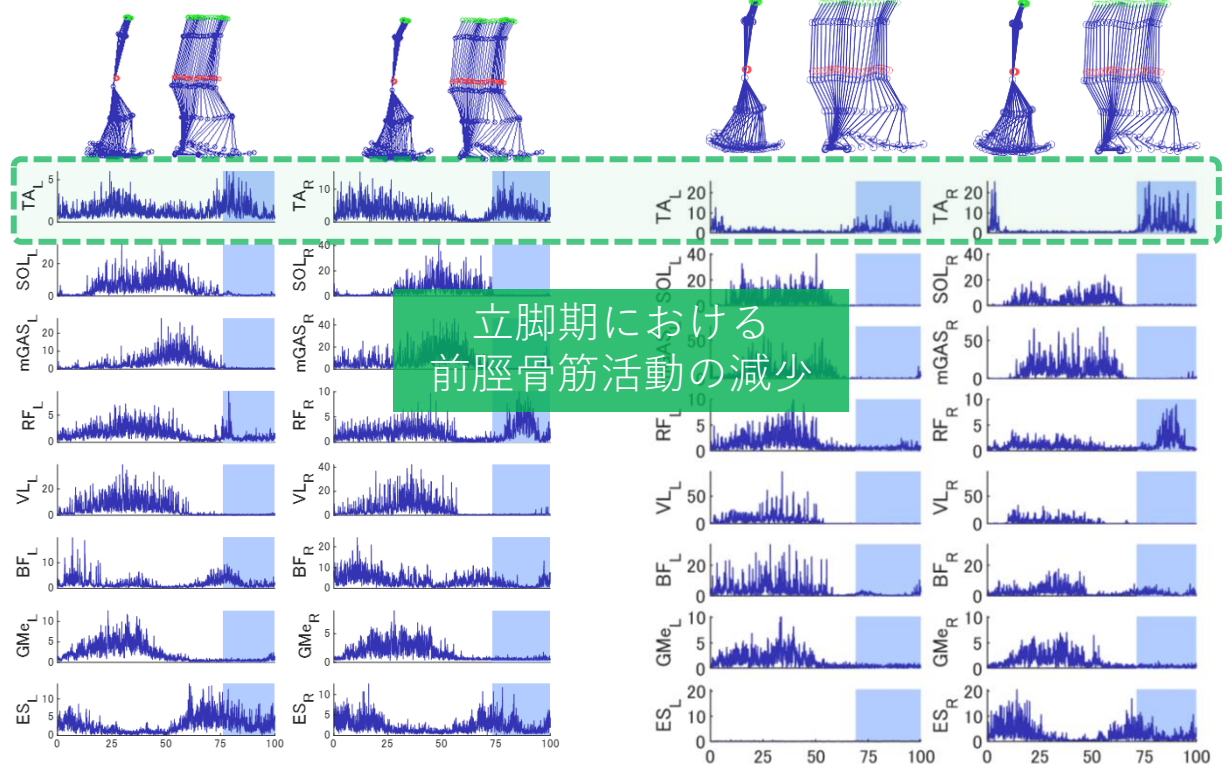
再生リハ実施前 停滞のないスムーズな重心移動 再生リハ終了後



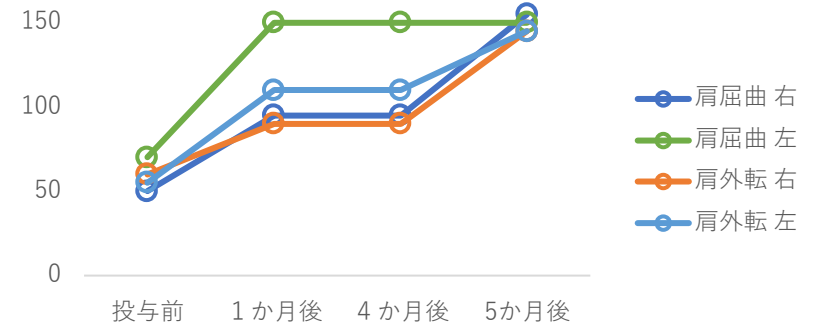
left

股関節可動域の拡大

right



再生医療リハビリテーションによる 日常生活動作の変化



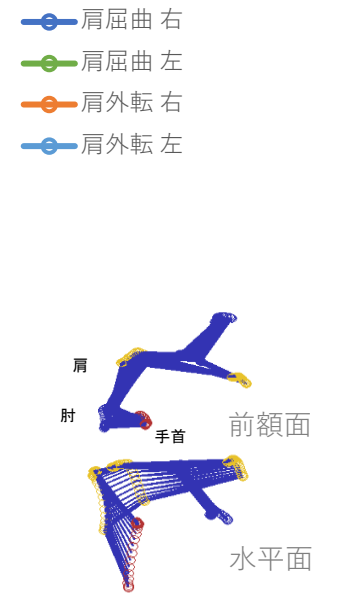
食事動作



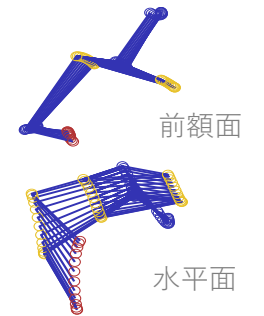
更衣動作



簡易上肢機能テストSTEF



	投与前	6か月後
右	35点	59点
左	61点	70点

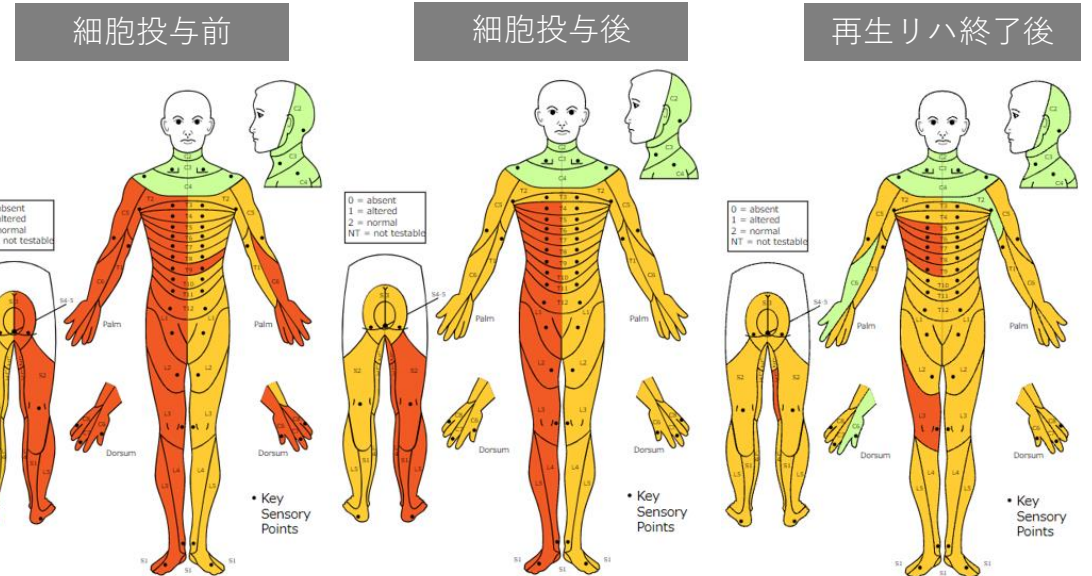
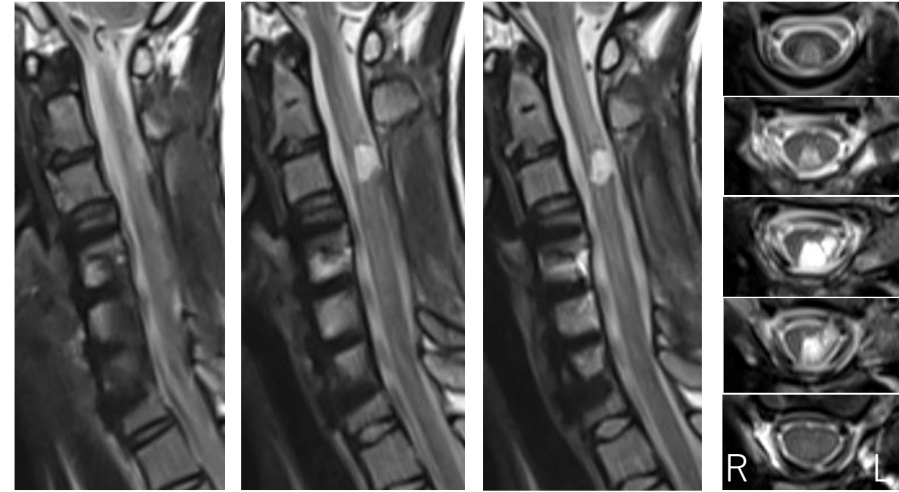


症例E：20歳代女性 (Brown-Séguard型 頸髓不全損傷)

ISNCSCI exam : AIS: C NLI: C4
改良Frankel分類 : C2

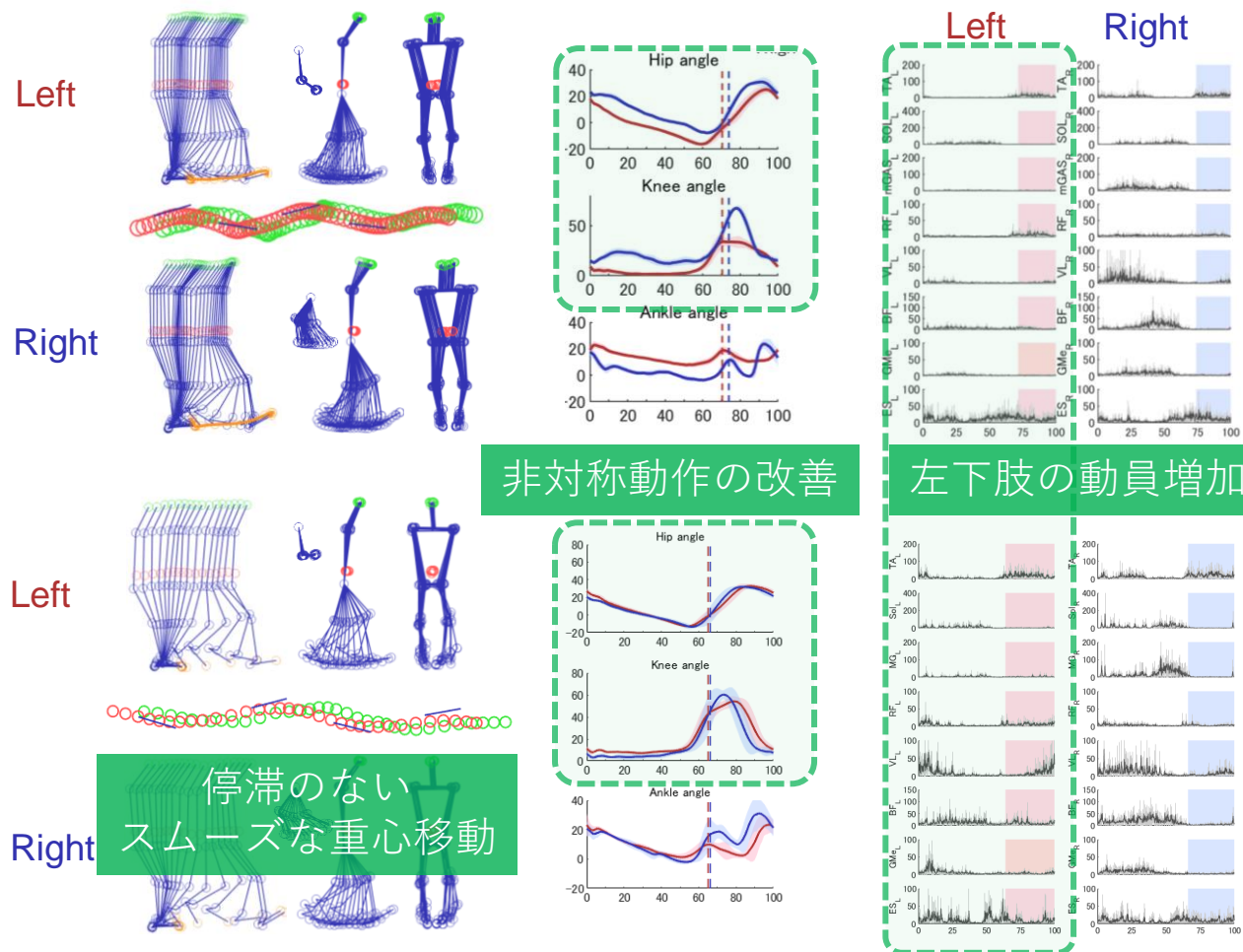
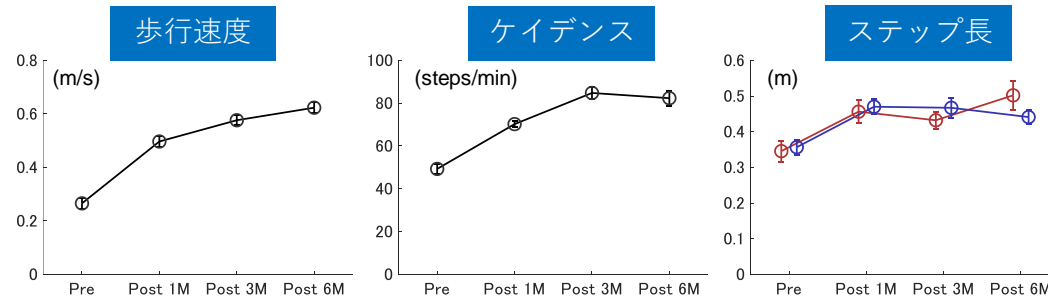
Neurological level	Sensor y	R: C4 / L: C4
	Motor	R: C4 / L: C6
Anorectal exam	VAC: yes / DAP: yes	
	NLI→C4 AIS→C	

受傷起点：交通事故。C2/3レベルの中下位頸椎型脱臼骨折 (tear drop fracture) + C5脱臼骨折、C5,6椎体亜全摘およびC4-7前方固定を経て、C3-5椎弓切除、C2-6後方固定実施。回復期リハビリを経て受傷後1年半経過時点でMSC投与



		右	左
上肢	DEL：三角筋	4→5→5→5	2→2→4→3
	BB：上腕二頭筋	5→5→5→5	2→3→4→3
	ECR：尺側手根伸筋	5→5→5→5	2→3→3→3
	TB：上腕三頭筋	4→5→5→5	2→1→1→2
	FDP：深指屈筋	4→5→5→5	2→2→2→2
	ADM：小指外転筋	3→3→4→5	2→2→2→2
	下肢	IP：腸腰筋	5→5→5→5
Quad：大腿四頭筋		5→5→5→5	3→5→5→5
TA：前脛骨筋		5→5→5→5	4→4→4→5
EHL：長拇指伸筋		5→5→5→5	3→4→4→5

歩行機能の変化 (動作・筋電図計測)



立位姿勢の変化 (重心動揺計測・筋活動特性)

再生リハ実施前



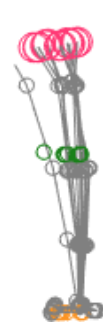
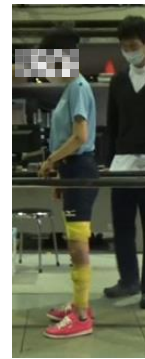
姿勢維持困難

再生リハ終了後

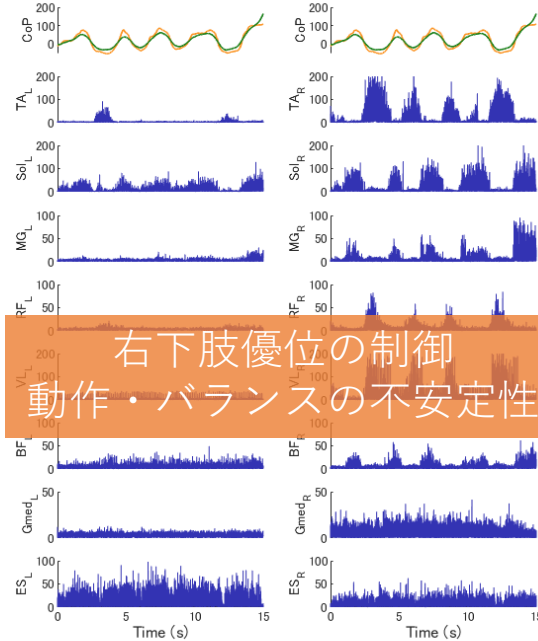
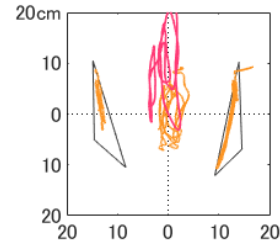


姿勢保持可能

閉眼条件下での立位姿勢



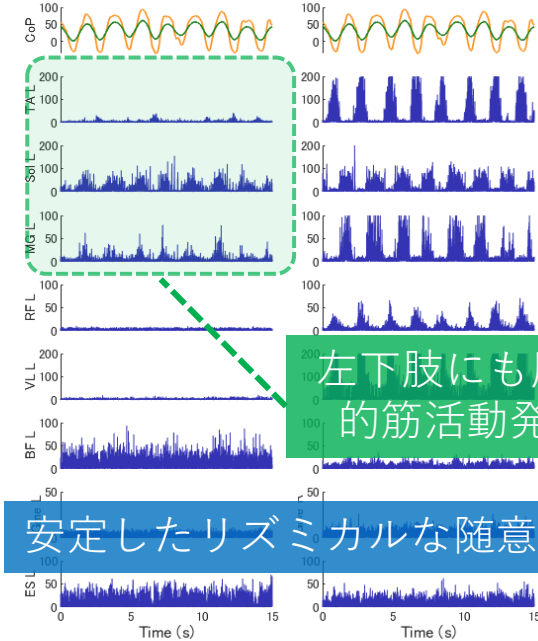
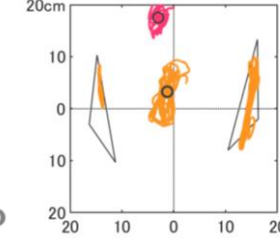
再生リハ実施前



右下肢優位の制御
動作・バランスの不安定性



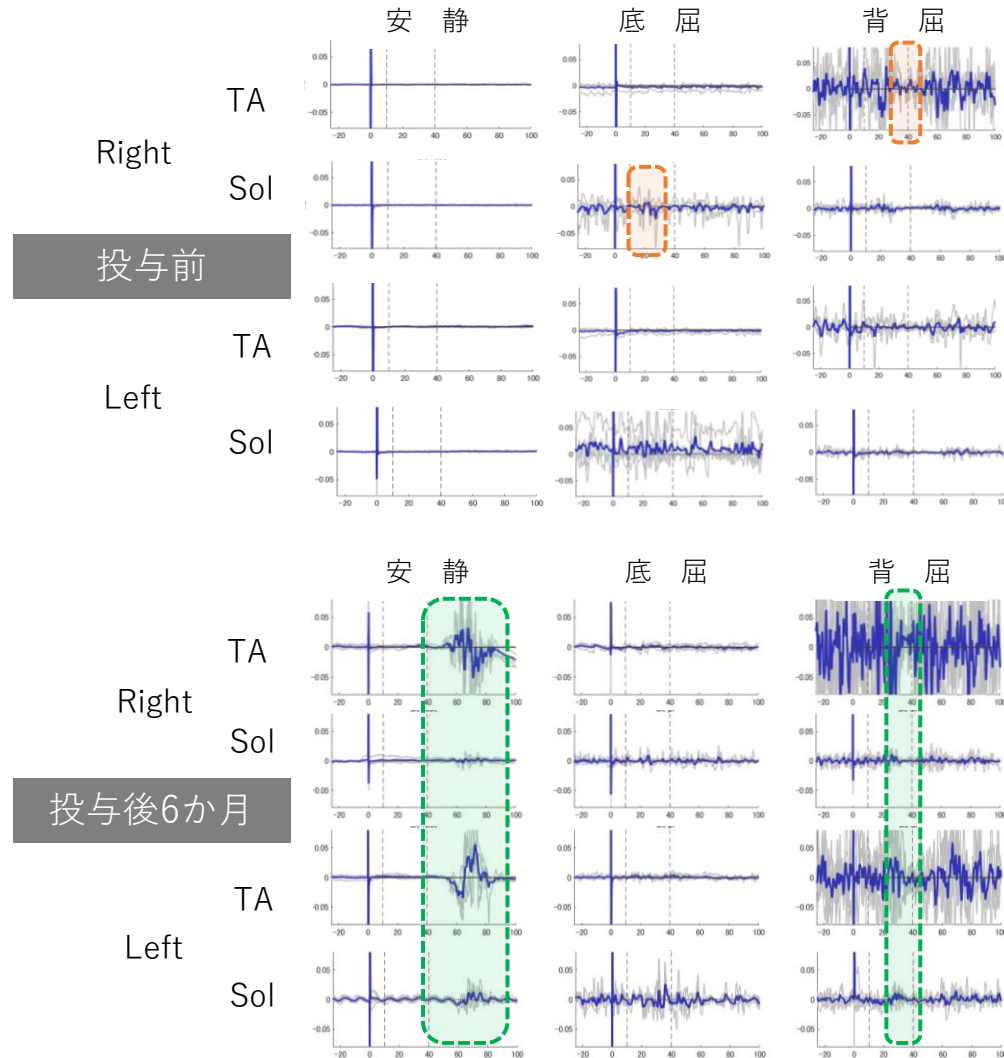
再生リハ終了後



左下肢にも周期的筋活動発現

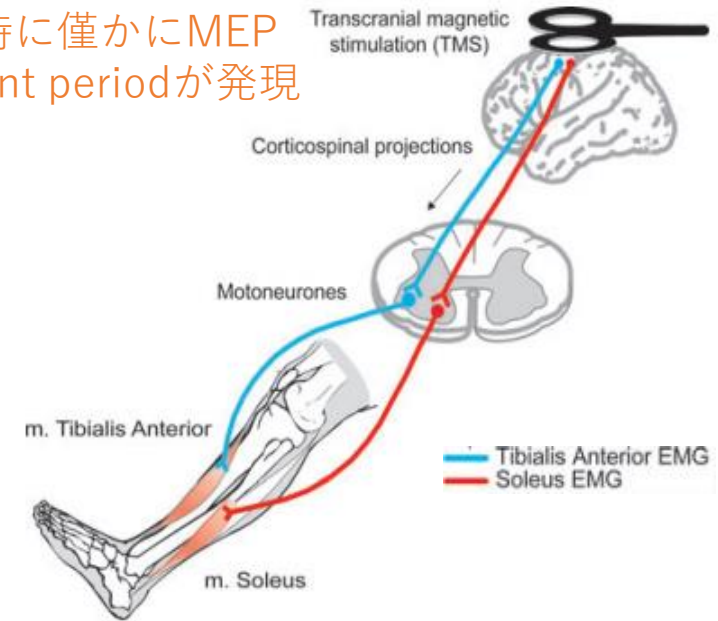
安定したリズムミカルな随意動揺

経頭蓋磁気刺激による下肢運動誘発電位



投与前および投与直後には安静時MEPを認めず

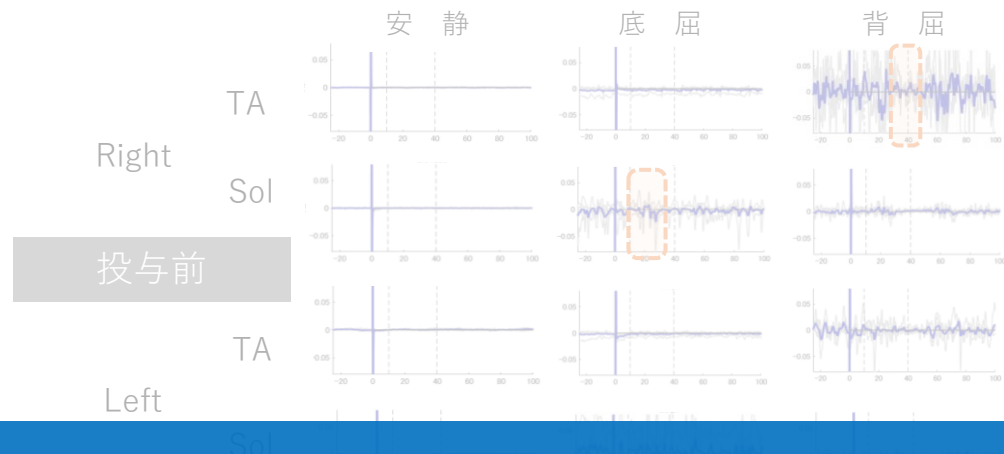
随意収縮時に僅かにMEP
およびsilent periodが発現



投与後6ヵ月時点で明確なMEPが左右両下肢、
底背屈筋共に発現（明瞭なsilent period発現）

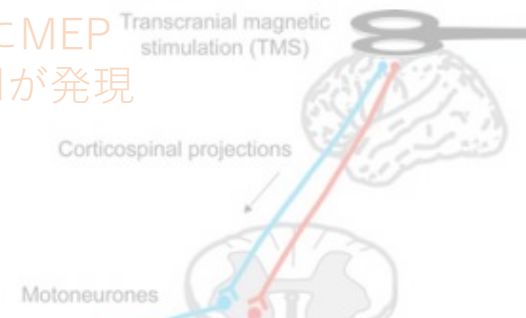
細胞投与およびリハビリテーションによる随意
神経機能改善の根拠となり得るデータ

経頭蓋磁気刺激による下肢運動誘発電位

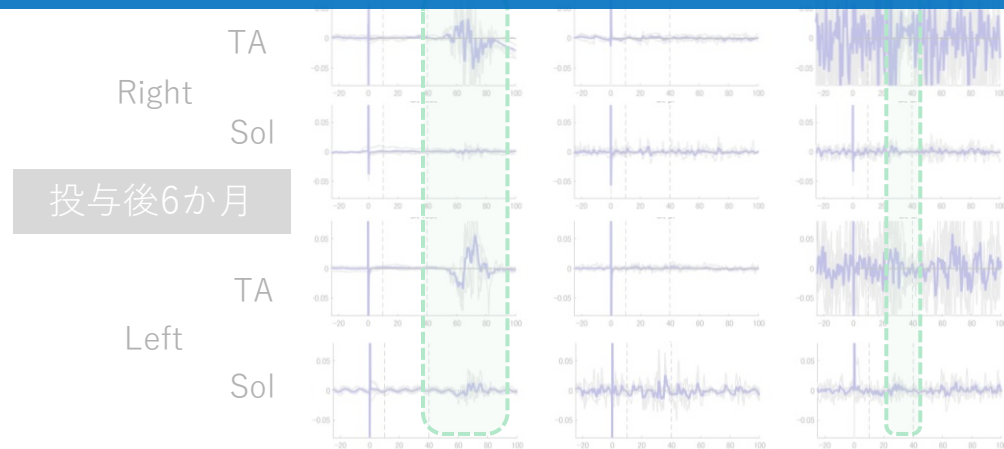


投与前および投与直後には安静時MEPを認めず

随意収縮時に僅かにMEP
およびsilent periodが発現



細胞投与とリハビリテーションにより、損傷を免れていた脊髓神経経路の再組織化が生じ、下行性伝導路の促通により姿勢・歩行機能に著名な改善を認めた



投与後6ヵ月時点で明確なMEPが左右両下肢、
底背屈筋共に発現（明瞭なsilent period発現）

細胞投与およびリハビリテーションによる随意
神経機能改善の根拠となり得るデータ



治験参加後の本人感想

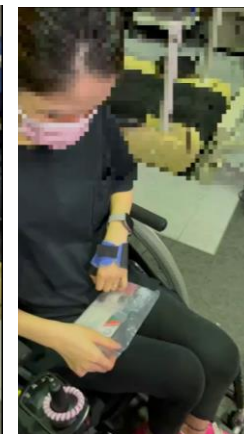
- 胸や脚の筋の硬さが和らいだ（ボトックスの必要性を感じなくなった）
- 車いす座位での脱衣が可能となり一人でお風呂入れるようになった
- 髪が結べるようになって顔洗う前に人に頼まなくてよいのが嬉しい（日常生活上の自立の向上）
- 以前はできなかった玉ねぎ等の丸い野菜を軽く切れるようになった（ヘルパー介助が不要となった）

介助が必要だったところが自分でできるようになったこと

- 上衣の更衣動作（かぶり、ブラジャー）
- ジーパンのウエストフックかけ操作
- 爪きり（やすり操作）
- 丸い野菜の包丁操作
- 髪を結う

補助手としての左手使用例

右手だけでできるものは右手を使う。
右手のみでは時間がかかったり難しいものは
補助手として左手を使えるようになった。



立位・立ち座り時の左上肢



「肘がこのくらい伸びて
くれていたら、楽だね。」

症例D：20歳男性（頸髄完全損傷）

診断名：脊髄完全損傷

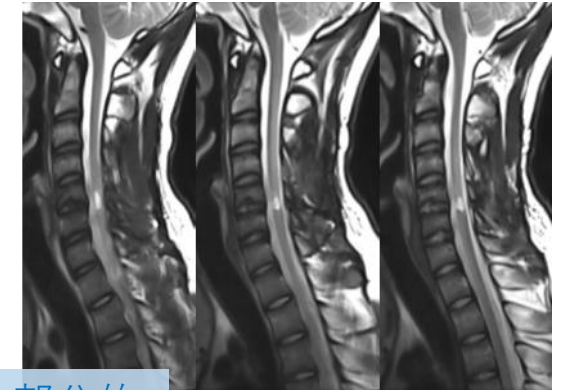
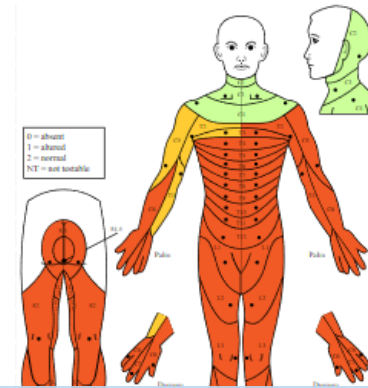
AIS: A NLI: C5

Zancolli分類(右/左)：C5B/C5B

受傷起点：スポーツ競技中の事故
第4/5頸椎脱臼骨折によるC5完全損傷

運動機能 Del 5/5, Biceps 4/5, ECR 1/1, FCU 0/0, Triceps 0/0, 下肢 0/0

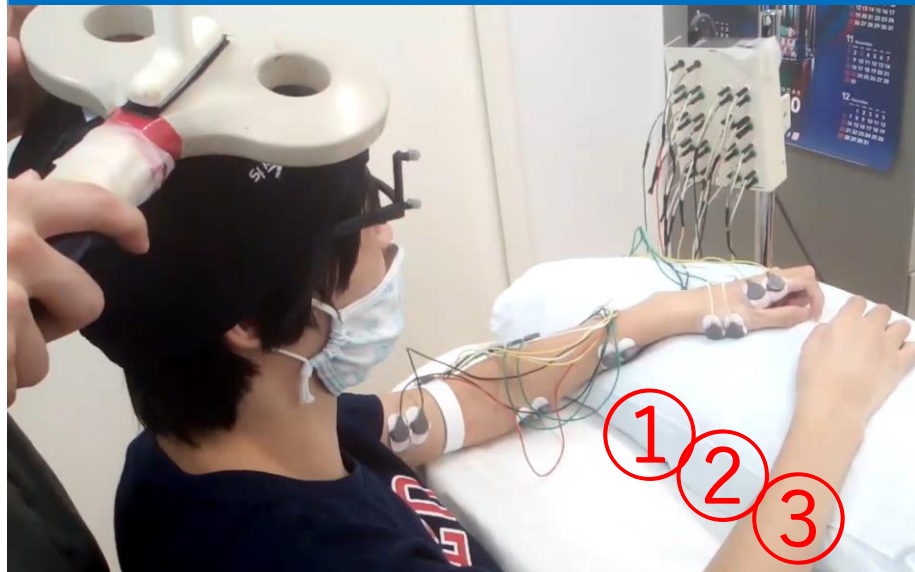
Neurological level	Sensory (ZPP)	R: C5 / L: C5 (R: Th2 / L: C5)
	Motor (ZPP)	R: C5 / L: C5 (R: C7 / L: C7)
Anorectal exam	VAC: no / DAP: no	
NLI→C5 AIS→A		



完全損傷を免れている部分的残存領域ZPPが複数髄節存在

(臨床診断におけるMMTベースの評価)

経頭蓋磁気刺激による
残存運動機能の定量的評価



⇒再生治療による機能改善のターゲット

○C5完全損傷（機能的完全残存の再尾側髄節がC5）であるが、C6～C7髄節に機能残存が想定されることを確認

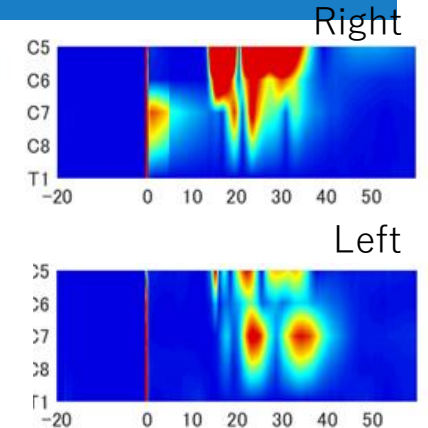
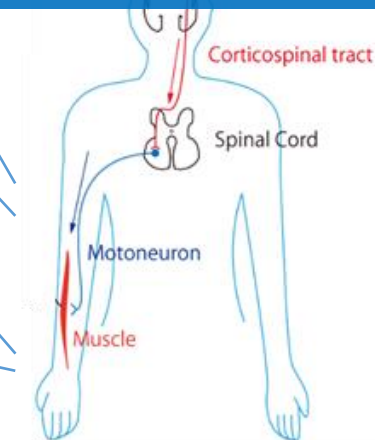
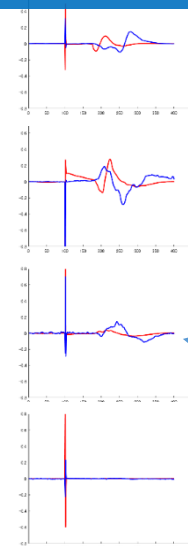
上腕二頭筋 (C7,8)

上腕三頭筋 (C7,8)

橈側手根伸筋 (C6,7)

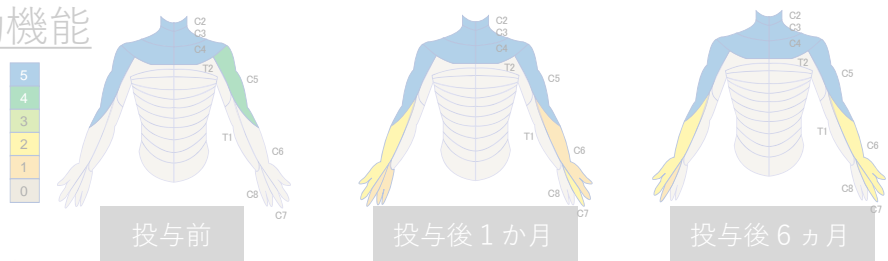
橈側手根屈筋 (C6,7)

第一背側骨間筋 (C8)

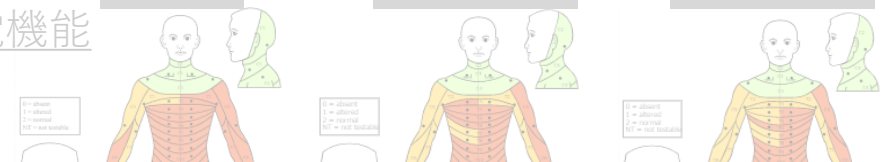


骨髄間葉系幹細胞投与とリハビリテーションによる上肢機能の変化

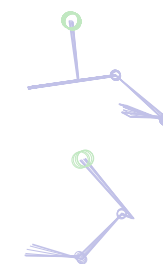
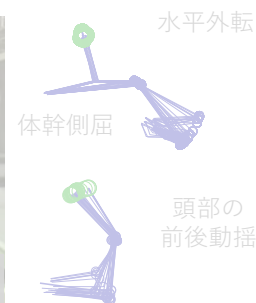
運動機能



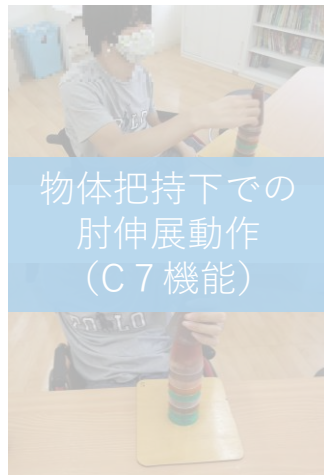
感覚機能



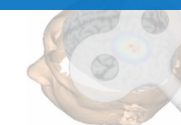
上肢簡易機能テストSTEF



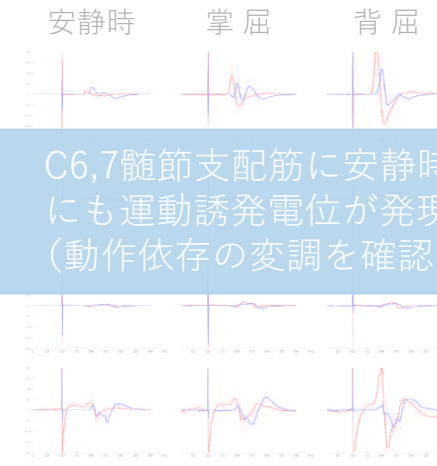
細胞投与とリハビリテーションにより、完全損傷を免れていた境界領域の機能が底上げされ、C6-7髄節支配領域の機能改善によりADL改善が生じた



上肢運動誘発電位



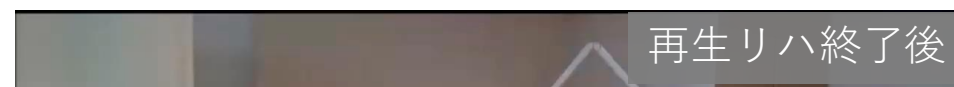
- 上腕二頭筋 (C5)
- 橈側手根屈筋 (C6,7)
- 上腕三頭筋 (C7,8)
- 橈側手根伸筋 (C7,8)



C6,7髄節支配筋に安静時にも運動誘発電位が発現 (動作依存の変調を確認)

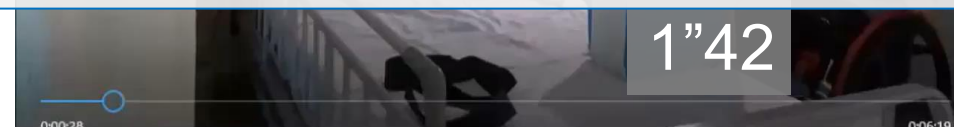
C5完全症例の目指すべきターゲット

ー トランスファー／食事動作／自己導尿 ー



ご本人の感想 (再生リハを受けて感じたこと)

- 左手が使えるようになった。モノを掴めるようになった
 - 感覚が良くなったからトライできるようになった
 - 導尿にトライし、手ごたえが掴めたことが嬉しい
- C5だから無理といわれてきた動作や機能を獲得できた



再生医療リハビリテーションの効果

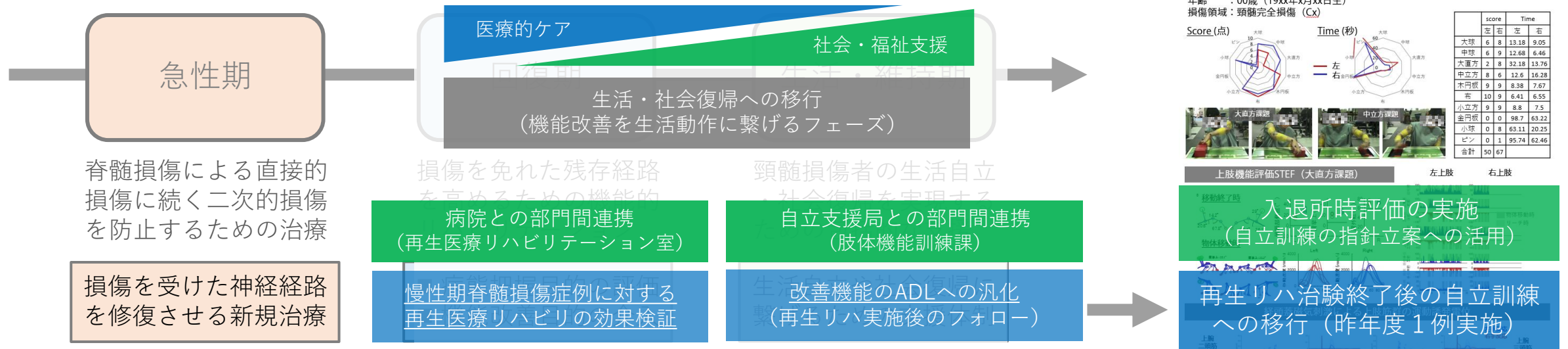
- 3症例個々に異なる形で残存機能に応じた機能改善を示した
 - ✓ 不全損傷例：損傷領域の代行経路生成の可能性
 - ✓ 完全損傷例：損傷境界領域の尾側への機能拡張の可能性
- 全症例とも生活動作の改善に繋がる成果が得られた
 - ✓ 身体機能の改善を生活動作の獲得に汎化させる視点が重要
 - ✓ 再生医療が、どのような対象に、どのような効果を生じるのか把握する上での重要な情報となる可能性

再生医療の効果についての正しい認識を持ち、医療従事者と患者本人が目標（獲得可能性のある機能や動作）を明確に共有することが重要である

慢性期脊髄損傷に対する再生医療とリハビリテーションの意義

- 研究的意義：急性期・亜急性期の機能改善効果の傍証・裏付け（再生治療による効果と自然回復の影響を切り分けて検証）
- 臨床的意義：慢性期脊髄損傷者の残存機能最大化の可能性検証（慢性状態でもどの程度の機能改善の可能性があるかを検証）
- 社会的意義：慢性期症例の社会参加促進。生活の質の向上（頸髄完全損傷症例の機能改善はADLに直結する重要な課題）

慢性期脊髄損傷者（特に頸損者）にとって、損傷部位より遠位髄節への身体機能の拡張をもたらす意義は極めて大きい



脊髄損傷者の包括的な医療ケア、福祉支援体制の構築を目指す

慢性期頸髓完全損傷者の上肢機能の変化

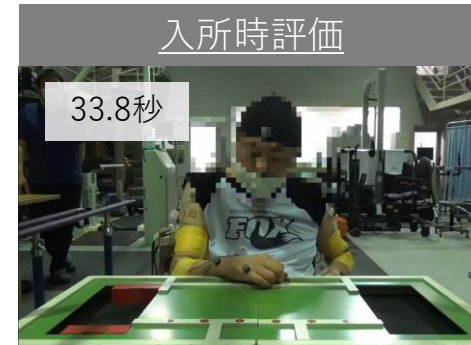
—C6完全症例の自立訓練開始・終了時の変化—

大球課題

中立方課題



	入所時	退所時
大球	1	7
中球	0	5
大直方	0	0
中立方	0	3
木円板	0	0
小立方	0	1
布	0	0
金円板	0	0
小球	0	0
ピン	0	0
合計	1	16

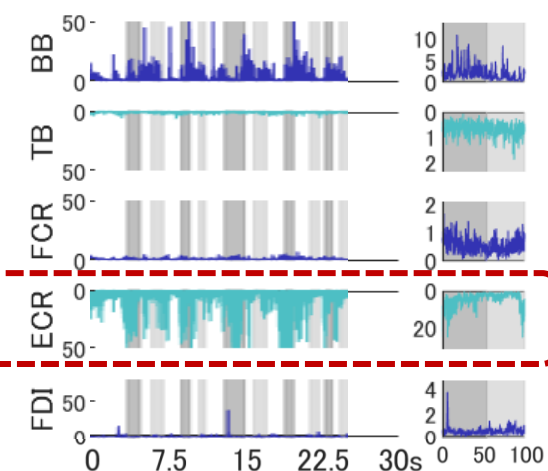
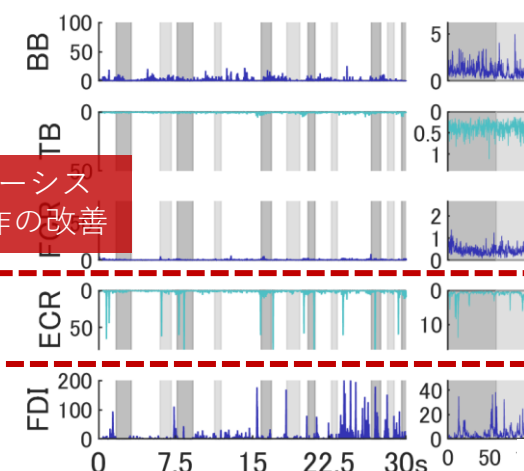
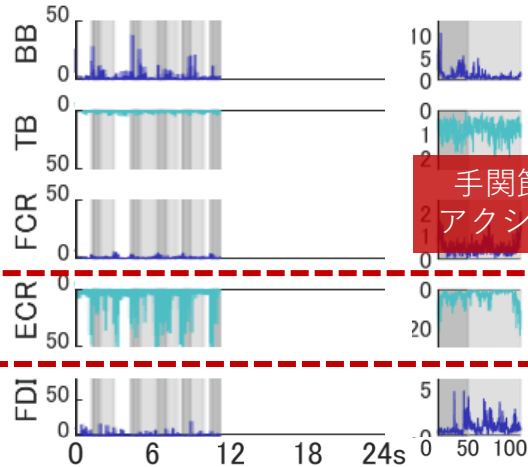
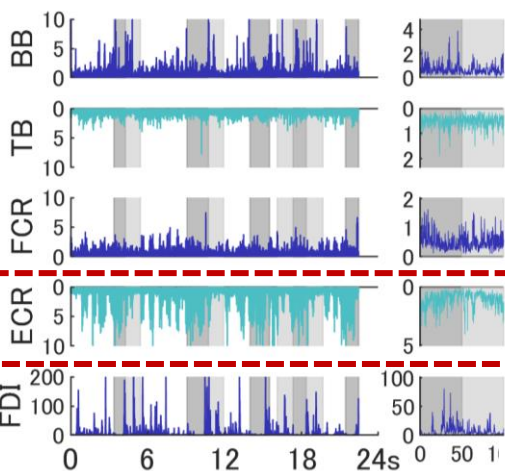
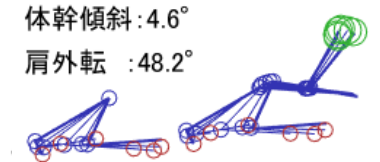
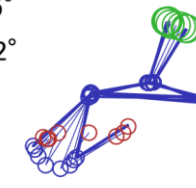
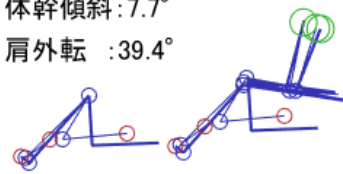
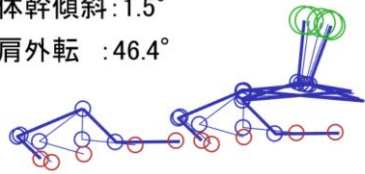


頸部側屈: 12.5°
体幹傾斜: 1.5°
肩外転: 46.4°

頸部側屈: 5.1°
体幹傾斜: 7.7°
肩外転: 39.4°

頸部側屈: 23.1°
体幹傾斜: 5.5°
肩外転: 34.2°

頸部側屈: 27°
体幹傾斜: 4.6°
肩外転: 48.2°



手関節背屈を活用したテノデース
アクションによる物品把持動作の改善

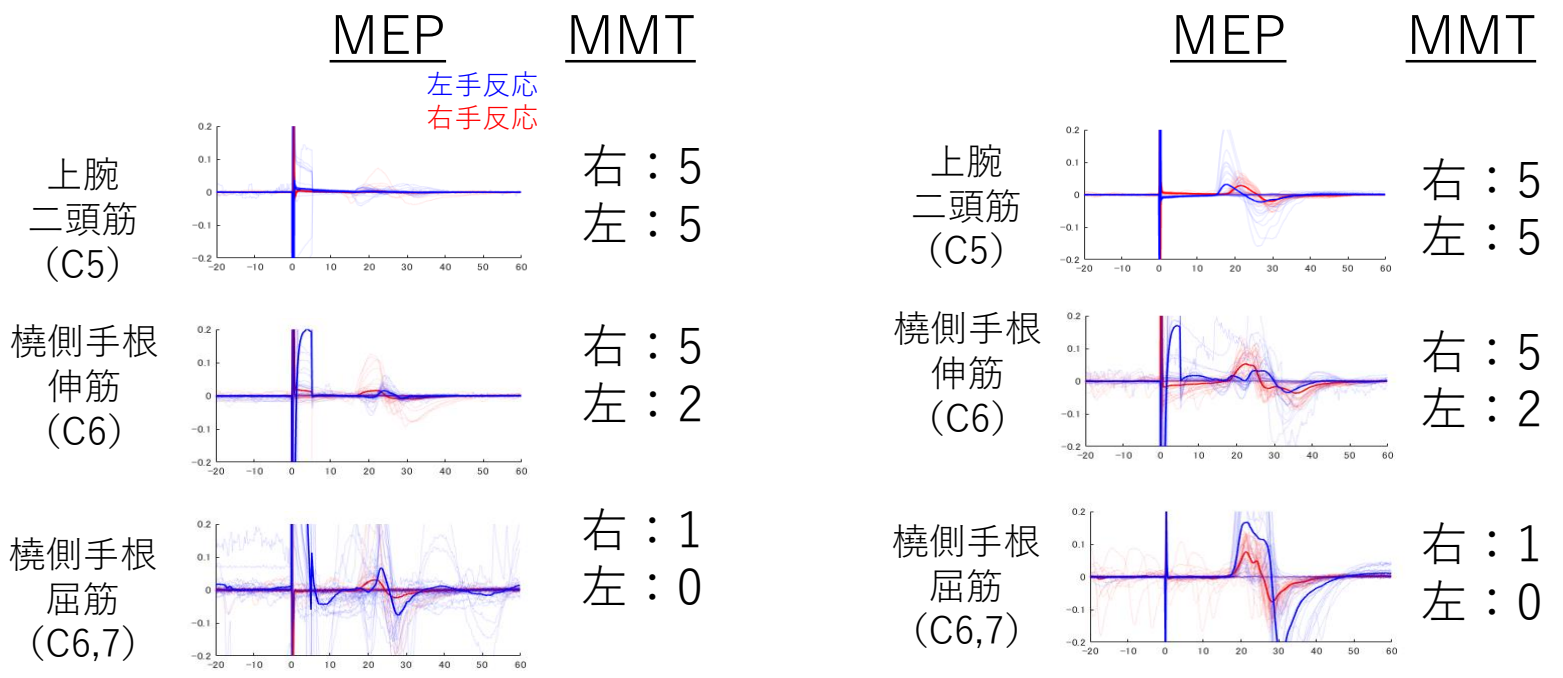
■ 物体移動時
■ リーチ時

慢性期頸髓完全損傷者の上肢機能の変化

—C6完全症例の自立訓練開始・終了時の変化—

入所時評価
(発症後12か月)

退所時評価
(発症後24か月)



自立訓練の経過に伴うMMT自体の改善は認めないものの、残存機能を駆使したADL動作獲得によって動員筋群の神経連絡が高まった可能性を示唆

慢性期頸髓不全損傷者の身体機能の変化

—C4不全症例の再生医療リハビリおよび自立訓練実施によるの変化—

症例：49歳男性（中心性頸髓損傷）

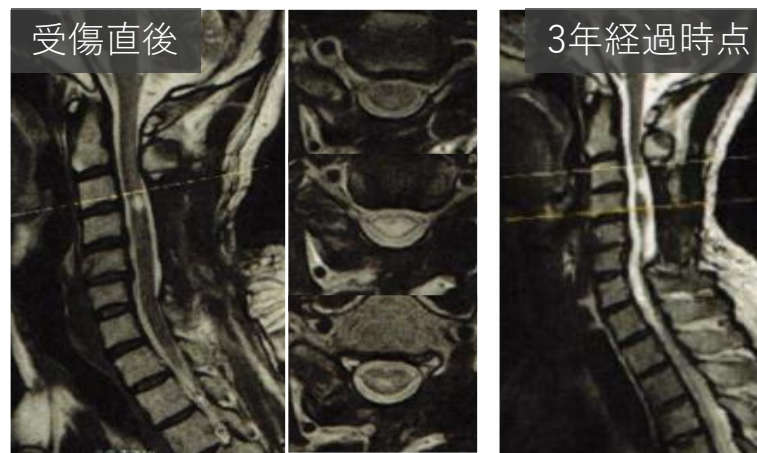
ISNCSCI exam AIS: C NLI:
C4

改良Frankel分類 R/L : C1/C2

受傷起点：交通事故（バイク運転時）

C3/4損傷、重度意識障害発現。椎弓切除・頸椎後方固定術施行。
回復期リハビリテーション終了後、当院転院時に再生治療適合と
判断され、受傷後約3年経過時点で骨髄間葉系幹細胞投与を実施

Neurological level	Sensor y	R: C4 / L: C4
	Motor	R: C4 / L: C4
Anorectal exam	VAC: yes / DAP: yes	
NLI→C4 AIS→C		



再生医療リハ開始前の身体機能・生活動作

運動機能 (UEMS: 27, LEMS: 25)

Del 2/2, Bi 3+/3, ECR 2/3+, FCU 2-3/2-3, FDI 2-/2-

MFS : 右38 / 左34 STEF未実施

(握力 : 右6.0 / 左7.0kg)

感覚機能

表在触覚 : C5以下鈍麻・脱失 (肛門触覚残存)

ピン痛覚 : C5以下鈍麻・脱失

生活動作・自立度

食事 : 右上肢でPSBと手関節装具使用、すくいやすい皿、角度調整スプーンなどを用いての自己摂取が可能。

歯磨き : 右上肢で手関節装具と万能カフ、360度歯ブラシを用いて自分自身で磨くこと可能。

車いす駆動 : 短距離のみゴム手袋使用し可能 (院内移動は電動車いす使用) ※ご自身の自走車いす所有

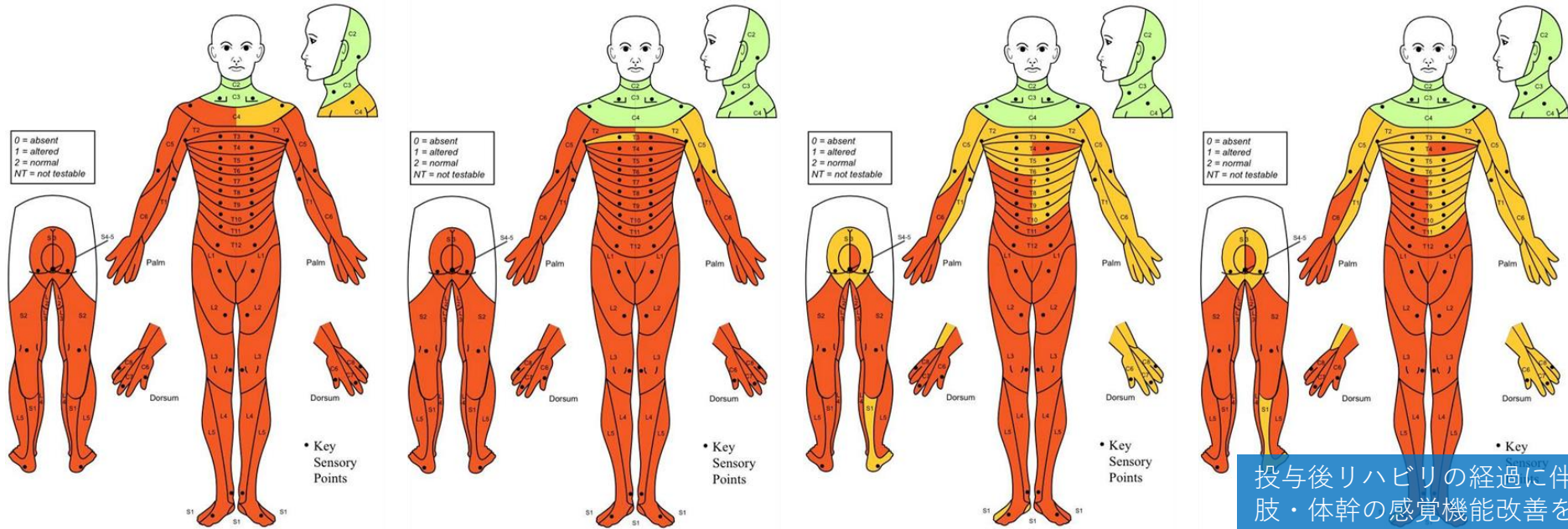
慢性期頸髓不全損傷者の身体機能の変化

—C4不全症例の再生医療リハビリおよび自立訓練実施によるの変化—

	右	左
DEL : 三角筋	2→2→2→2	2→2→2→2
C5: 上腕二頭筋	3→4→4→4	3→4→4→4
C6 : 尺側手根伸筋	4→4→3→3	4→4→4→4
C7 : 上腕三頭筋	3→5→4→4	3→5→4→4
C8 : 深指屈筋	3→4→1→2	3→3→3→3
Th1 : 小指外転筋	3→3→3→2	3→3→3→3

	右	左
L2 : 腸腰筋	3→3→3→3	4→4→4→4
L3 : 大腿四頭筋	5→5→4→5	5→5→5→4
L4 : 前脛骨筋	1→1→3→3	4→4→5→4
L5 : 長母指伸筋	3→4→3→3	4→5→4→3
S1 : 足趾屈曲	5→5→5→5	5→5→5→3

投与直後に上肢複数筋群にMMT増加を認め、投与後リハビリの経過に伴って右前脛骨筋が1→3に変化

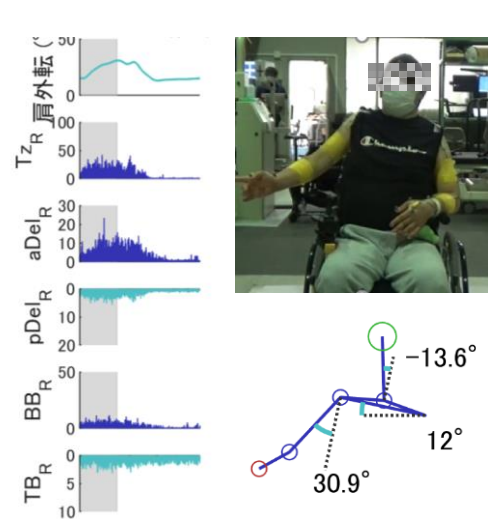


投与後リハビリの経過に伴って上肢・体幹の感覚機能改善を認めた

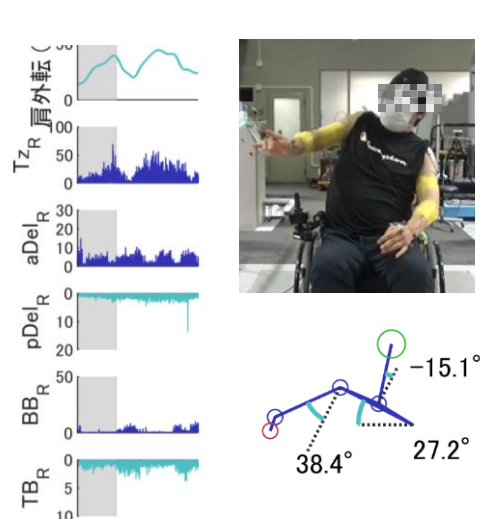
上肢機能評価MFT実施時の動作筋電図計測

上肢側方挙上（肩関節外転）動作

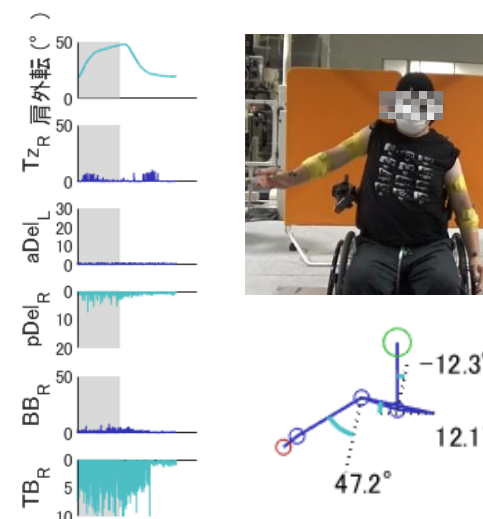
右上肢



再生リハ実施前

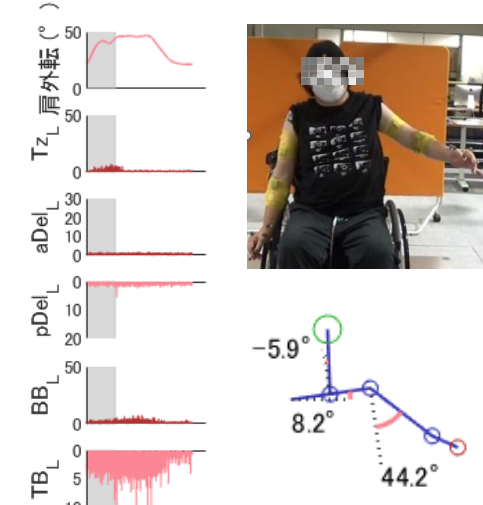
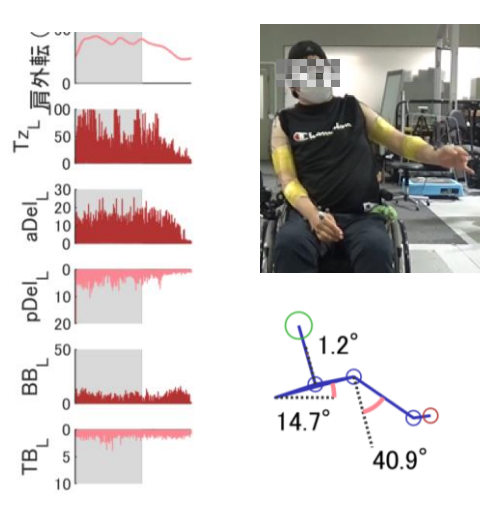
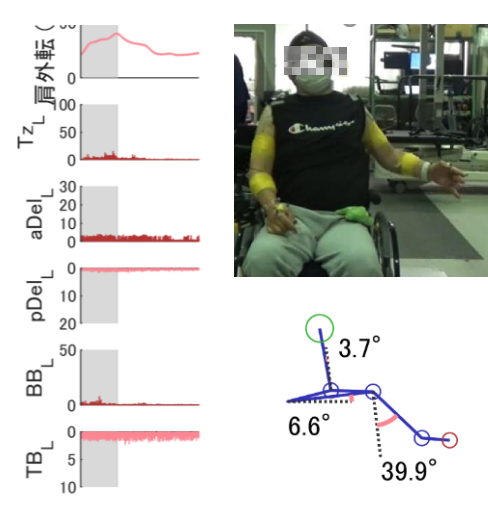


再生リハ最終時



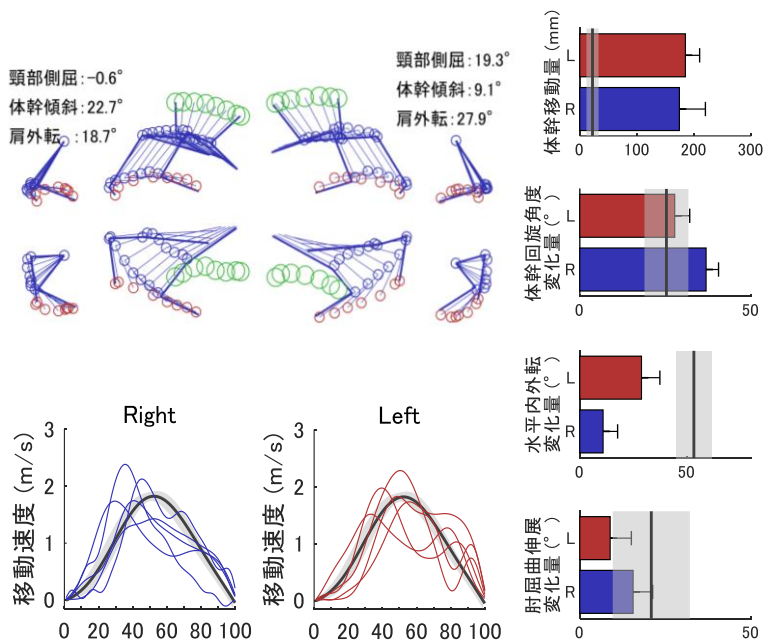
自立訓練終了時

左上肢

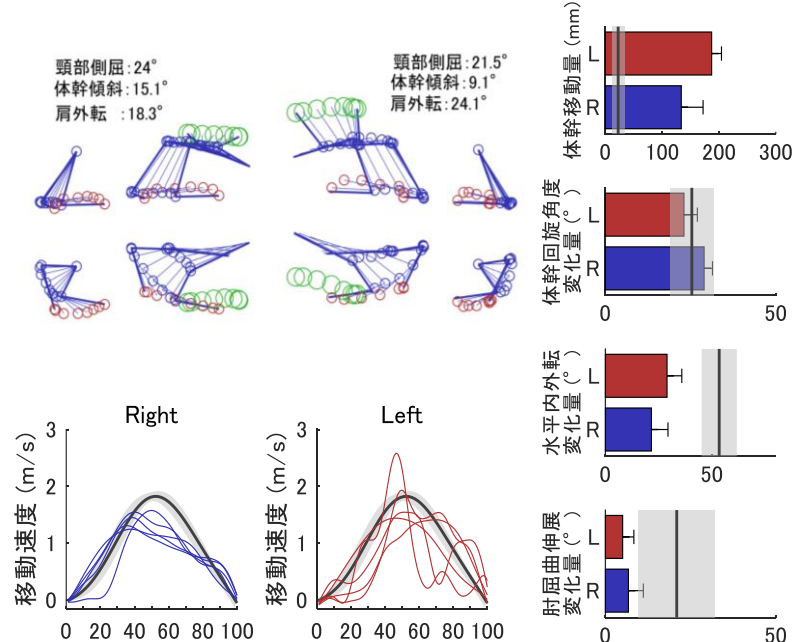
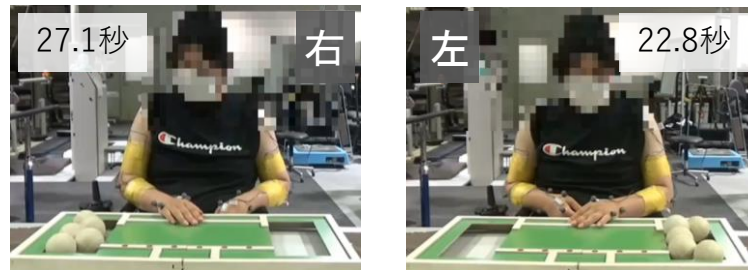


上肢動作・手指機能評価 - STEF・大球課題 -

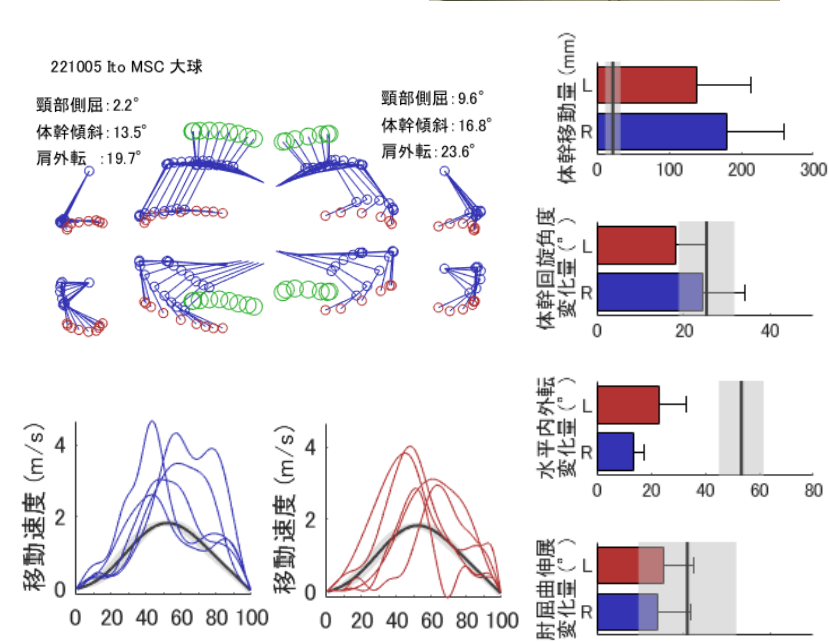
再生リハ実施前



再生リハ最終時



自立訓練終了時



生活動作・自立度

食事：初期はPSBと手関節装具使用。投与前時点で曲げスプーンを用いての自己摂取可。
排尿：常時バルーン留置



上肢・手指機能

手指機能は良好残存しているが、損傷髄節支配領域の機能が停滞

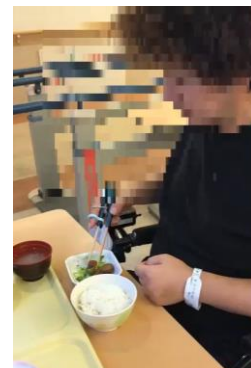
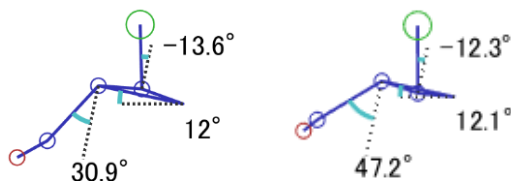
体幹筋群の過緊張により上肢動作時の体幹側屈などの代償が顕著



まとめ

SCIM-IIIの変化

細胞投与実施前	再生リハ終了時	自立訓練終了時
16	19	26



生活動作・自立度

食事：リング付きバネ箸と先割れスプーンでの摂食を併用
排尿：日中は間欠導尿、ナイトバルーン併用

上肢・手指機能

手指機能の残存を活かすための近位関節動作改善・過緊張軽減

過度な代償の軽減を図り、物品保持や食事動作時の手指動員が可能

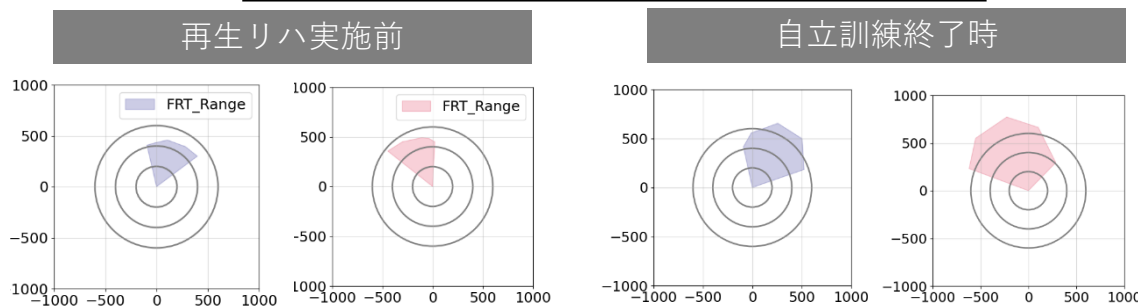


体幹機能・座位姿勢

骨盤後傾斜により長座位姿勢保持が困難。体幹前方移動困難

車いす座位にて床面のモノを拾うことができない

座位姿勢でのfunctional reach test



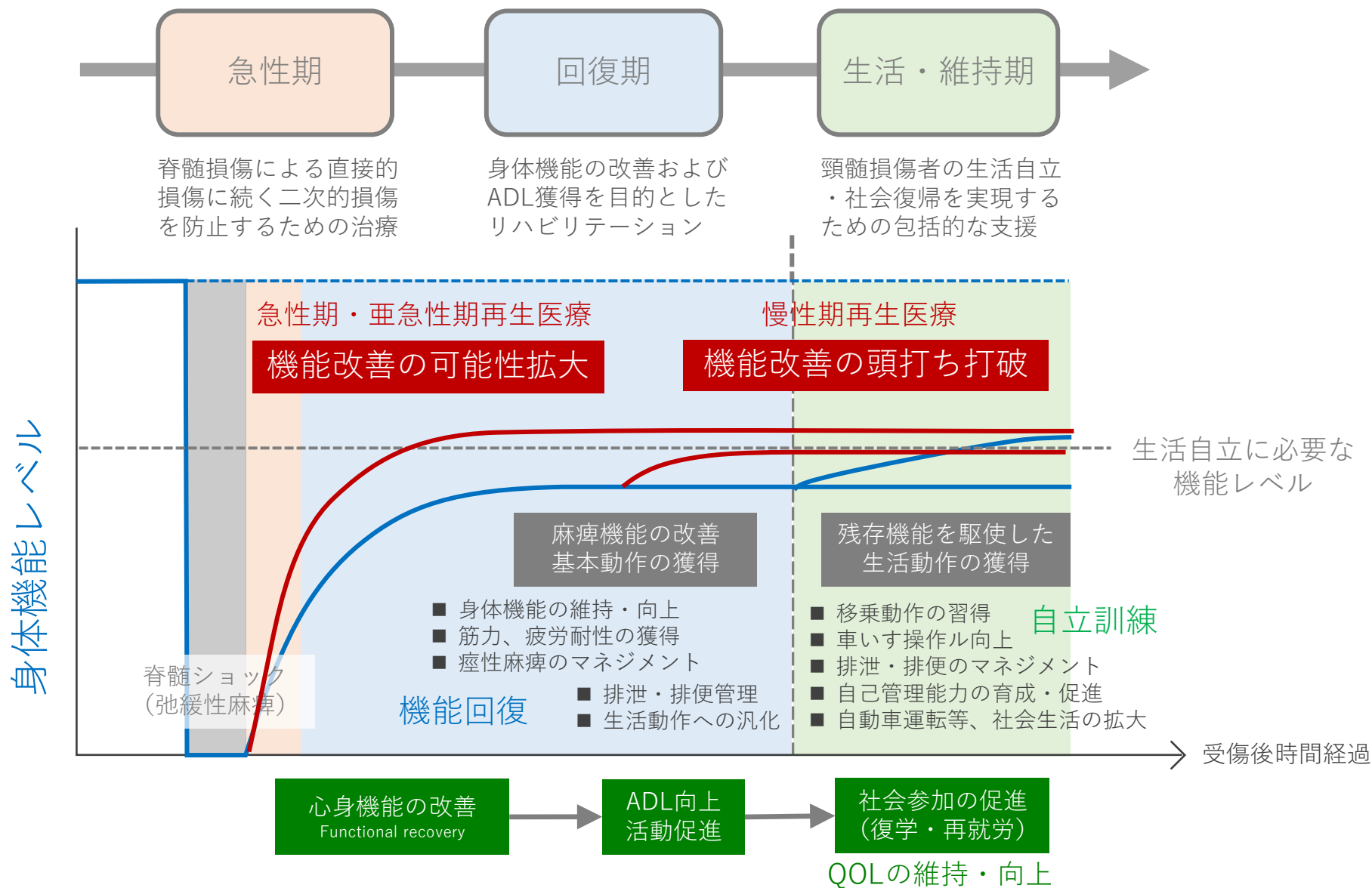
体幹機能・座位姿勢

安定した体幹前後屈が可能となり、車いす自走が一部可能

車いす座位にて床面のモノを拾いあげることが可能に

手指機能の残存を生活上の動作に反映させるべく、再生リハでは肩関節の可動域改善、過度な代償を軽減させるアプローチに重点を置いて介入。自立訓練を通してバネ箸での食事が可能となり、排尿は間欠導尿定着となるなどの変化を示した。
(SCIM-III 16点から26点への加点を示したものの、日常生活の介助を要するレベルから脱却するには至らなかった)

脊髄損傷後の機能改善と生活自立の獲得



まとめ

－再生医療の現状と今後の展望－

- 脊髄損傷に対する再生医療の臨床応用は日々刻々と進んでおり、療法士が再生医療を受けた患者を担当するという場面が、現実的に増えてくる可能性が十分に想定される時期に差し掛かっている
- 現在臨床応用が図られている再生医療は、劇的な身体機能改善をもたらすものではないが、脊髄損傷者のADL獲得水準の底上げを図るに十分な効果が想定される
- 再生医療の効果に対する正しい認識を持ち、医療従事者と患者本人が改善を目指すべき機能とそのプロセスを共有することが重要

再生医療の台頭を契機として、機能予後を明確化するための評価のあり方や生活自立や社会復帰に向けた目標設定のあり方を改めて考え直す必要がある