

Case Report

脊髄梗塞後の重度上肢麻痺患者に対して上肢リハビリテーション支援ロボットと課題指向型訓練の併用が有効であった一例

横井絢香,¹ 宮坂裕之,² 小川浩紀,² 伊藤翔太,³ 岡崎英人,^{2,4} 園田 茂^{2,5}¹木村病院²藤田医科大学七栗記念病院³藤田医科大学病院⁴藤田医科大学医学部連携リハビリテーション医学講座⁵藤田医科大学医学部リハビリテーション医学II講座

要旨

Yokoi A, Miyasaka H, Ogawa H, Itoh S, Okazaki H, Sonoda S. Effect of combining an upper limb rehabilitation support robot with task-oriented training on severe upper limb paralysis after spinal cord infarction: A case report. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2024; 15: 42–48.

【目的】脊髄梗塞による重度上肢麻痺によりセルフケア全介助であったが、上肢リハビリテーション支援ロボットと課題指向型訓練を併用し上肢の機能改善がみられた一例を経験したため報告する。

【症例と経過】60歳代男性。前医で第5-7頸髄領域の分水嶺梗塞と診断され、発症から18日後に当院へ転院した。入院時、両上肢の重度麻痺を認めFIM運動項目合計25点であった。COPMによる評価では、食事をする、トイレに行く、会議で挙手をする、の3つが挙がり、トイレに行くという項目の遂行度のみ3点であり、他の項目は遂行度、満足度ともに1点であった。介入内容はCOPMで選択された項目を中心に1時間/日の課題指向型練習を実施し、追加して上肢リハビリテーション支援ロボットを用いた訓練を1時間/日実施した。上肢リハ支援ロボットは症例の機能レベルと回復状況に合わせて運動範囲、負荷を調整した。入院から約3か月後、上肢機能はADLで空間保持が可能なレベルまで改善し、FIM運動項目81点へ改善した。またCOPMでは入院時に挙げた全項目の満足度、遂行度ともに10点へ改善し、入院から

108日後に当院を退院した。

【考察】運動機能のレベルに合わせた上肢リハビリテーション支援ロボット訓練が運動機能とROMの向上を促進し、課題指向型訓練によりADLに汎化ができたことがADL向上に寄与したと考えられる。また、COPMを用いたことで、患者自身にとって意味のある活動の獲得に対して訓練に主体的に取り組めたことが、COPMの遂行度、満足度の向上に繋がったと考えられる。

キーワード：上肢機能、脊髄梗塞、上肢リハビリテーション支援ロボット


はじめに

脊髄梗塞は、比較的稀な疾患であり、脳卒中の約1-2%の発生頻度と報告されている [1]。また、脊髄梗塞の臨床症候、機能障害の程度は発生部位、虚血の範囲により異なることが報告されている [2, 3]。Naikらは、脊髄梗塞患者147名のメタ分析を行い、53.7%の患者でリハビリテーションが行われていたが、転帰に影響を及ぼすほどの効果がみられなかったと報告している [4]。このように脊髄梗塞は稀な疾患であることと、障害が多彩であることから、予後予測が難しく、効果的なりハビリテーション手法が明らかになっていないことが考えられる。脊髄梗塞の中でも、両上肢の近位筋に限局した運動麻痺が出現するMan in the barrel syndrome (MIB)が報告されている [5, 6]。以前の研究ではMIBを呈した患者は脊髄梗塞患者55名中3名であったと報告されており [7]、発生頻度が少ないことから運動機能の予後やリハビリテーションの効果に関して詳細に述べられた報告はない。

近年、脊髄梗塞後の歩行再建に対するリハビリテーションに歩行リハビリテーション支援ロボットを用いた報告が散見され、いずれも有用性が報告されている [8, 9]。一方、脊髄損傷患者の上肢麻痺に対する上肢リハビリテーション支援ロボットを用いた報告はあるが [10]、われわれが国内外の研究報告を渉猟し得た範囲では、脊髄梗塞患者の上肢麻痺に対する上肢リハビリテーション支援ロボットを用いた報告は見当たらない。今回、脊髄梗塞により重度上肢麻痺を呈した症

著者連絡先：宮坂裕之
藤田医科大学七栗記念病院
〒514-1295 三重県津市大島町424-1
E-mail: hmiyasak@fujita-hu.ac.jp
2024年8月16日受理

利益相反：上記論文について一切の利益相反はありません。

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives International License.

©2024 Kaifukuki Rehabilitation Ward Association

例に対して、課題指向型訓練を中心とした作業療法に上肢リハビリテーション支援ロボット訓練を併用し、上肢機能の改善、Activities of Daily Living（以下、ADL）および作業遂行能力・満足度の向上に至った症例を経験したため報告する。なお、本報告に際し本人へ口頭と書面にて説明を行い、書面にて同意を得た。

症例紹介

症例は60歳代の男性。右利きで、病前のADLは自立していた。職業として公務員の役職を担っていた。X日に急性心筋梗塞を発症し、経皮的冠動脈形成術が施行された。施行後、腕が挙がらないとの訴えを認め、頸髄MRI T2強調画像にて第5-7頸髄領域の分水嶺梗

塞と診断された(図1)。発症から18日後にリハビリテーション目的にて藤田医科大学七栗記念病院へ転院した。

転院時評価

身体所見では American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment scale のグレードはDで、運動機能は右が36点、左が43点で、両側の三角筋、上腕二頭筋をはじめとしC5-7領域の支配神経筋に局限した随意性低下を認めていた。感覚機能の触覚は右が50点、左が53点、ピン刺激は右が51点、左が54点で右上腕から手指に軽度鈍麻を認めた(表1)。能動的関節可動域(Range of Motion: ROM) (度) (右/左)は肩関節屈曲0/15、肩関節外転0/5、肘関節屈曲0/30であった(図2)。

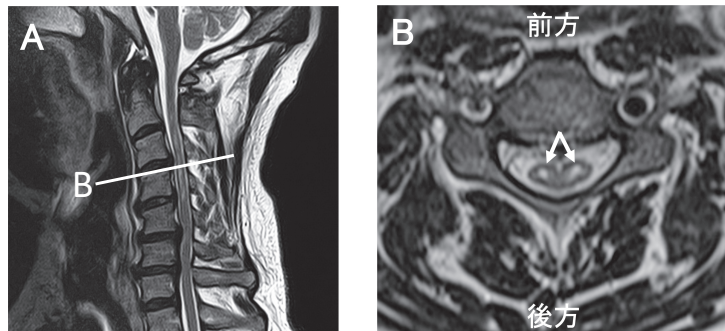


図1. 頸髄MRI T2強調画像(当院入院時)
 A. 矢状断ではC2-5の脊髄内に高信号域を認める。
 B. C4レベルの水平断では分水嶺領域に高信号域を認める(矢印)。

表1. 入院から最終評価までのASIAの経過

		X+18日	X+48日	X+78日	X+108日	
運動機能	C5	1/2	2/3	2/3	2/3	
	C6	3/4	3/4	3/4	3/4	
	上肢 Key muscle (右/左)	C7	1/4	2/4	2/4	3/5
	C8	3/4	3/4	3/4	4/4	
	T1	3/4	3/4	3/4	4/4	
下肢 Key muscle の L2-S1 は入院時から左右5レベル (25点)						
運動機能 total (点)		36/43	38/44	38/44	41/45	
感覚機能	C5	1/1	1/1	1/1	1/1	
	C6	1/1	1/1	1/1	1/1	
	Light touch (右/左)*	C7	1/1	1/1	1/1	1/1
		C8	1/2	1/2	1/2	1/2
		T1	1/2	2/2	2/2	2/2
		S1	1/2	2/2	2/2	2/2
		Light touch total (点)	50/53	52/53	52/53	52/53
Pin prick (右/左)*	C5	1/2	1/2	1/2	1/2	
	C6	1/2	1/2	1/2	1/2	
	C7	1/2	1/2	1/2	1/2	
	S1	1/1	2/2	2/2	2/2	
S2	1/1	2/2	2/2	2/2		
Pin touch total (点)		51/54	53/56	53/56	53/56	

ASIA, American Spinal Injury Association.

*減点の箇所のみ示す

経過 (X: 発症日)	入院時 (X+18日)	10日後 (X+28日)	1ヶ月後 (X+48日)	2ヶ月後 (X+78日)	3ヶ月後 (X+108日)
ニード	拳手がしたい → 自分で食事が食べたい → 福祉用具なしで食事がしたい → できることを増やしたい → 右手を動かしたい				
ゴール設定	食事, トイレ動作などのセルフケア修正自立 (6-8週)				拳手獲得 (退院時)
ASIA 運動機能 (点) (右/左)	36/43		38/44	38/44	41/45
能動的ROM (度) (右/左)	肩関節屈曲 0/15		10/30	30/70	30/85
MMT (右/左) *	肩関節外転 0/5		5/30	15/45	15/80
	肘関節屈曲 0/30		5/90	45/145	80/145
	三角筋前部線維 0/1		1+/2	1+/2	1/2
FIM (点)	三角筋中部線維 0/1		1+/2	1+/2	1/2
	運動項目 25		56	69	81
COPM (遂行度/満足度)	認知項目 25		35	35	35
	食事をする 1/1				10/10
	トイレに行く 3/1				10/10
	拳手をする 1/1				10/10
ADLの経過	食事	全介助	前腕全体支持での食事動作自立 (自助具あり)		on elbowでの食事動作自立
	更衣	全介助	テーブル上でかぶり服の動作自立		テーブルなしで更衣動作自立
	洗体	全介助	下肢の一部の洗体可能		頭・背中以外の洗体可能
	移乗 (ベッド・トイレ)	一部介助	自立		頭・背中の洗体動作自立
	社会活動	—	—	—	—
作業療法時間内	ADL 訓練, 課題指向型訓練, 関節可動域訓練				
介入	追加訓練	ReoGo J			入院から約2ヶ月半まで
		SMART			入院から約2ヶ月まで 課題指向型訓練

図 2. 本症例の入院から退院までの各評価, ADL および訓練内容の経過

ASIA, American spinal injury association; ROM, Range of motion; MMT, Manual muscle test; FIM, Functional independence measure; ADL, Activities of daily living; COPM, Canadian occupational performance measure.

*表 1 の ASIA の Key muscle で評価できなかった筋力のみ表記

一方、握力は右が 7 kg、左が 20 kg であり、手すりや物品の把持は可能であった。なお体幹腹筋の徒手筋力検査 (Manual Muscle Test: MMT) は 4、下肢の MMT は 5 であり、入院時より監視歩行が可能であった。ADL は、Functional Independence Measure (FIM) の運動項目が 25 点、認知項目が 25 点、移乗は 5 点、移動 (車椅子使用) は 4 点で、それ以外の整容、食事、更衣などのセルフケアは全介助であった。認知機能は Mini-Mental State Examination が 30 点であった。Canadian Occupational Performance Measure (以下、COPM) は、「食事をする」、「トイレに行く」、「会議で拳手をする」の 3 つが拳がり、トイレに行くという項目の遂行度のみ 3 点であり、他の項目の遂行度、満足度はすべて 1 点であった。なお、現状に対し、「両腕が拳がらない。もう何もかも終わり」と話しており、強い喪失感を持っていた。

介入と経過

本症例の入院から退院までの経過と訓練内容を図 2 と表 1 に示す。左上肢の残存機能が活用でき、ADL で使用頻度が高い動作で、かつ COPM で選択された課題より、短期目標を「左上肢を空間保持した状態での食事動作自立」、「トイレ動作時の両上肢を使用した下衣着

脱、左上肢での後始末の自立」、長期目標を「地域の会議に参加し、左上肢で拳手をする」とした。本症例にとって、会議での拳手は意見陳述、賛成・反対の表明で用いることが多く、復職するためにも重要な目標であった。

作業療法では、1 日 1 時間の作業療法時間内に ADL 訓練、課題指向型訓練や ROM 訓練を実施した。課題指向型訓練では、身体機能の変化に合わせ、難易度調整した作業課題の繰り返しと (Shaping 課題)、作業の目的利用としての模擬的作業課題 (Task Practice 課題) の二種類の課題を設定した。入院より 1 か月間は両側の重度上肢麻痺の影響によりセルフケアにおける上肢使用が困難であったため、Shaping 課題を中心に実施し、発症から 38 日後より、左上肢を利用した食事動作が可能となった段階より Shaping 課題を自主訓練へ移行し、Task Practice 課題を中心に実施した。また、作業療法時間内は機能が残存していた上肢遠位部を利用した課題指向型訓練を中心に実施しており、上肢近位部の改善を目的とした関節運動の繰り返しによる訓練量の確保が困難であった。われわれは、上肢近位機能を改善させることで、セルフケアの介助量軽減に繋がると考え、上肢機能改善に有効とされている上肢リハビリテーション支援ロボットを移乗動作が自立した入院から 10 日後に追加した。上肢リハビリ

テーション支援ロボットは随意的な筋収縮がより残存している左上肢に対し1日1時間実施した。上肢リハビリテーション支援ロボットはReoGo[®]-J（帝人ファーマ株式会社製）とShoulder Movement Assisting RoboT（SMART）[11]（株式会社デイ・エイチ・エス製）を用い、各30分実施した。上肢リハビリテーション支援ロボットの特性により、ReoGo[®]-Jは肩関節の外転と口元へのリーチ動作、SMARTは前方へのリーチ動作（肩関節屈曲）の改善を目的として導入した。SMARTの外観と仕様を図3、図4に示す。

1. 発症から28日後（ロボット訓練初期）

上肢機能評価に基づき、随意筋収縮が残存している左上肢に対し、食事（コップ、スプーンを口に運ぶ）、ズボンの操作、排泄動作の自立を目的に上肢リハビリテーション支援ロボット訓練を実施した。先行研究で報告されているセルフケアに必要な肩関節・肘関節屈

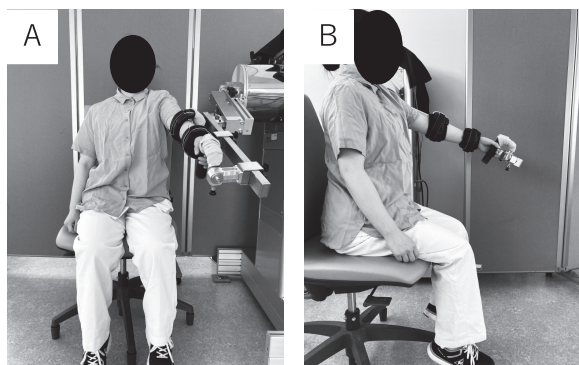


図3. Shoulder Movement Assisting RoboT（SMART）

（A：正面，B：側面）

SMARTは肩関節の鉛直運動を反復するロボットで、肩関節屈曲トルクをトリガーとしてロボットアームが肩関節屈曲をアシストする仕様になっている。麻痺の重症度により、アシストが開始される閾値（トリガー閾値）や到達目標の角度設定の調整が可能である。トリガー閾値は患者の腕の自重を計測し、自重よりトリガー閾値を低く設定した場合、より自動運動が必要で、自重よりトリガー閾値を高く設定すると、自動運動を必要としない訓練ができる。

曲角度を参考に[12]、能動的ROMの目標角度を肩関節屈曲は70度、肘関節屈曲は120度とした。ReoGo[®]-Jはロボットアームの高さを低く設定し、軌道アシストモードにて、水平面上で、肩関節外転、肘関節屈曲-伸展動作を主とする多角軌跡や円軌跡、口元へのリーチ課題を実施した。SMARTは、開始時のSMARTの運動範囲を0度から60度、ロボットのアシストが開始される閾値（トリガー閾値）を自重と同等に設定し1日90回実施した。

2. 発症から48日後（除重力位によるセルフケア自立）

左肩関節屈曲の能動的ROMは30度、外転30度、肘関節屈曲90度まで改善し、前腕全体を机上に置いた状態での食事動作、整容動作、かぶり服の更衣動作が自立した。ReoGo[®]-Jの設定は、軌道アシストモードでの放射リーチ、外転リーチへ訓練メニューを変更した。また、ADLでの上肢プレーシングの獲得を目的に8方向空間保持課題を導入した。SMARTの運動範囲は20度から80度へ変更し、自重よりトリガー閾値を低く設定し、より筋収縮を得られるようにした。

3. 発症から78日後（抗重力位によるセルフケア自立）

左肩関節屈曲の能動的ROMは70度、外転45度、肘関節屈曲145度まで改善した。また、MMTは、左肩関節屈曲、外転、肘関節屈曲はすべて3まで改善した。ADLでは、on elbowによる食事動作が可能で、かぶり服の更衣動作はテーブルなしで自立した。ReoGo[®]-Jでは軌道アシストモードにて代償動作なく外転、放射リーチが可能となったため、訓練メニューを自動運動モードに変更し、口元へのリーチの獲得を目標に模擬リーチを追加し更なる機能向上を図った。ReoGo[®]-Jに関しては、日常生活において上肢の能動的運動にて口元へのリーチが代償動作なく可能となった段階で終了とし、ADLとIADLの実動作を中心に課題指向型訓練を行った。なお、SMARTは当初の目標角度に到達したため終了した。

4. 最終評価（長期目標の獲得）

発症から108日後のASIA運動機能は右が45点、左が46点、左肩関節屈曲の能動的ROMは85度、外転80度、肘関節屈曲145度に改善した。ADLでは上肢の空間保持が可能となり、洗髪や整髪動作、背

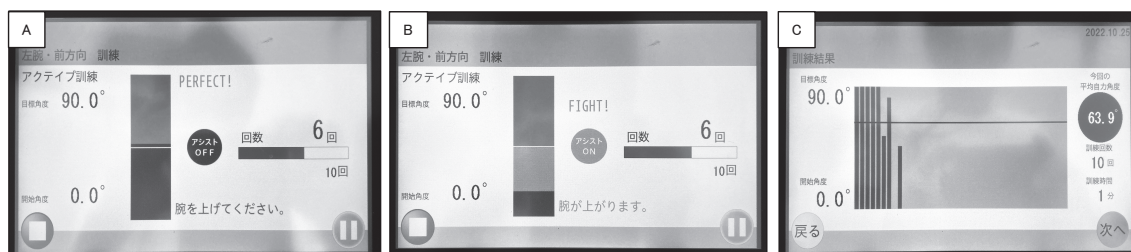


図4. SMARTのディスプレイ

ディスプレイには対象者の運動に合わせて動いた範囲とアシストされた範囲が表示される。

- A. 自己にて目標の可動域まで動かすことができると、「PERFECT!」が表示される。
- B. 自己にて目標の可動域まで動かせないと、「FIGHT!」が表示され、動かせなくなった可動域から最終可動域まで受動的にアームが動き、ディスプレイ上には受動的な可動範囲が別の色に変更される。
- C. 全ての課題が終了すると運動回数ごとの可動範囲および平均角度の成績が表示される。

中の清拭動作が代償動作を伴うものの自立し、FIMの運動項目が81点（トイレ動作、清拭動作のみ監視、その他は自立）、認知項目が35点へ改善を認めた、またCOPMでは、食事をする、トイレに行く、拳手をやる、の全項目は満足度、遂行度ともに10点へ改善を認めた。

考察

本症例は、両上肢の重度運動麻痺により、セルフケア全般に介助が必要であり、COPMで挙げた項目の遂行度、満足度とも低い状態であった。身体機能に合わせた難易度の作業課題の繰り返しと上肢リハビリテーション支援ロボット訓練を併用したことによりADLにて必要とされる能動的ROMの獲得に至り、FIMとCOPMの向上を認めた。

脊髄分水嶺梗塞患者の予後として、希少な疾患であることから大規模な調査はなく、症例報告にとどまっている。それらによると、発症時に三角筋、上腕二頭筋の筋力は正常であったが、上腕三頭筋、手関節と手指伸筋の筋力低下を認め、いずれも経過とともに筋力がわずかに改善したことを報告している[13, 14]。しかし、本症例は両上肢の三角筋、上腕二頭筋にも重度の運動麻痺を認めており、同様の症状の回復過程について述べられている研究報告はなく、機能回復の予後は明らかになっていない。また、臨床では、重度麻痺の影響により、セルフケアは全介助を要しており、上肢を使用する頻度が少なく、相乗的に機能改善が得られにくい状況であったと考えられる。

わが国の診療報酬では、回復期リハビリテーション病棟における1日の疾患別リハビリテーション料の上限は9単位であり、限られた訓練時間内で優先順位をつけて治療を実施する必要がある。本症例の作業療法では、上肢の機能改善とセルフケアにおける上肢の操作性拡大を目指す必要があると考えられた。本症例では機能改善を図る目的で作業療法士が徒手にて動作を反復させることは可能であるが、治療者の疲労により負荷量を正確に保ちながら動作を反復させることが困難であること、また、限られた作業療法時間内で、機能改善と操作性拡大の双方に焦点を当てた訓練量確保が困難であると考えられた。訓練内容の相補性より、上肢リハビリテーション支援ロボットは、正確な負荷量による動作回数の増加、訓練強度の向上が利点として挙げられ[15]、本症例のような重度麻痺に対しては、随意収縮を最大限に発揮させるために残存機能に合わせたパラメータ（運動範囲、トリガー閾値、負荷量、モード選択）で、動作回数を増加できると考えられた。Frulloらは脊髄損傷後の随意収縮の乏しい重度運動麻痺の上肢リハビリテーション支援ロボットの設定として、「assist as needed: 必要に応じたアシスト」による運動の繰り返しが運動の質を高める可能性があることを報告している[10]。さらに、Lynskeyらは、リハビリテーションによる自発的制御を伴う能動的活動が、脊髄神経外傷後の感覚運動回復を促進することを報告している[16]。この効果は完全な脊髄神経損傷では不明であるが、不全損傷の場合は、反復トレーニングにより運動皮質または下行経路の可塑性が促進されるとされ、本症例の機能改善のメカニズムとして

神経の可塑性があったことが考えられる。さらに、本症例には2種類の上肢リハビリテーション支援ロボットを用いた。SMARTは肩関節屈曲運動の強化、ReoGo[®]-Jは肩・肘関節の屈伸を伴うリーチ範囲拡大を目的に使用しており、強化したい運動方向が搭載されている上肢リハビリテーション支援ロボットを適切に選択できたことも機能改善に有効であったことが考えられる。

本症例では、上肢リハビリテーション支援ロボット訓練によりセルフケアに必要な能動的ROMの改善が得られ、その結果として食事動作、更衣動作、排泄動作などのADLが改善した。Gatesらは食事動作時（口にコップを運ぶ）に必要な肩関節屈曲角度は71度、肘関節屈曲角度は121度、排泄動作時の後始末に必要な肩関節屈曲角度は55-63度、肘関節屈曲角度は90-107度であると報告している[12]。本症例では、上肢リハビリテーション支援ロボット訓練により抗重力位での肩関節屈曲角度が85度、肘関節屈曲角度が145度まで改善しており、食事動作や排泄動作での上肢使用が可能になり、さらに、病棟における使用頻度向上に繋がった可能性が考えられる。Conroyらはリハビリテーション支援ロボットにより運動システムをプライミングし、課題指向型訓練を加えることで改善した機能を能動的使用に変更できる可能性があることを報告しており[17]、本症例においても、上肢リハビリテーション支援ロボット訓練が運動機能と能動的ROMの向上を促進し、課題指向型訓練により実践的なADL訓練ができたことがADL向上に寄与したと考えられる。

最後に、近年、脊髄損傷患者にCOPMを用いることの有効性が報告されている[18]。本症例は入院時のADLが全介助であったが、復職を望んでおり、段階的に課題を解決する必要があった。本症例にCOPMを用いた利点として、患者と療法士間の課題の共有、患者固有の治療プログラムの明確化が挙げられ、患者自身にとって意味のある活動の獲得に対して訓練に主体的に取り組めたことが、結果的に課題を解決し、COPMの遂行度、満足度の向上に繋がったと考えられる。

まとめ

第5-7頸髄領域の分水嶺梗塞により両上肢近位筋の重度麻痺とADLが全介助の症例に対しCOPMを用いて目標を共有し、課題解決に向けて上肢リハビリテーション支援ロボットと課題指向型訓練を併用した。上肢リハビリテーション支援ロボットは上肢機能のレベルに合わせた難易度調整により動作回数を増加させることができ機能改善に繋がったと考えられる。また、改善した機能をADLに汎用させるために課題指向型訓練を併用したことがセルフケアの改善に寄与した可能性がある。

しかし、本症例の結果は、シングルケーススタディのため、一般化することはできないが、脊髄梗塞により重度麻痺を呈した症例に対する総合的な介入は作業遂行能力を向上することが可能であることが示唆される。

謝辞

本報告にご快諾いただいた患者様，ご家族の皆様，患者様の臨床に携わった藤田医科大学七栗記念病院のスタッフの皆様には感謝申し上げます。本研究の一部はJSPS 科研費 19K11399 の助成を受けたものです。

文献

1. Sandson TA, Friedman JH. Spinal cord infarction: report of 8 cases and review of the literature. *Medicine* 1989; 68: 282–92.
2. Hsu CY, Cheng CY, Lee JD, Lee M, Huang YC, Wu CY, et al. Clinical features and outcomes of spinal cord infarction following vertebral artery dissection: a systematic review of the literature. *Neurol Res* 2013; 35: 676–83.
3. Novy J, Carruzzo A, Maeder P, Bogousslavsky J. Spinal cord ischemia: clinical and imaging patterns, pathogenesis, and outcomes in 27 patients. *Arch Neurol* 2006; 63: 1113–20.
4. Naik A, Houser SL, Moawad CM, Iyer RK, Arnold PM. Noniatrogenic spinal cord ischemia: a patient level meta-analysis of 125 case reports and series. *Surg Neuro Int* 2022; 13: 228.
5. Yadav N, Pendharkar H, Kulkarni GB. Spinal cord infarction: clinical and radiological features. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2018; 27: 2810–21.
6. Antelo MJ, Facal TL, Sánchez TP, Facal MS, Nazabal ER. Man-in-the-barrel. A case of cervical spinal cord infarction and review of the literature. *Open Neurol J* 2013; 7: 7–10.
7. Weidauer S, Nichtweiß M, Hattingen E, Berkefeld J. Spinal cord ischemia: aetiology, clinical syndromes and imaging features. *Neuroradiology* 2015; 57: 241–57.
8. Watanabe H, Marushima A, Kawamoto H, Kadone H, Ueno T, Shimizu Y, et al. Intensive gait treatment using a robot suit hybrid assistive limb in acute spinal cord infarction: report of two cases. *J Spinal Cord Med* 2019; 42: 395–401.
9. Toriyama T, Asai N, Maruya M, Fujinawa M, Soma K, Murata T, et al. Locomotor training with hybrid assistive limb in spinal cord injury: a case report -an approach to developing physical therapy intervention using robotic device-. *Rehabilitation Engineering* 2018; 33: 24–9.
10. Frullo JM, Elinger J, Pehlivan AU, Fitle K, Nedley K, Francisco GE, et al. Effects of assist-as-needed upper extremity robotic therapy after incomplete spinal cord injury: a parallel-group controlled trial. *Front Neurobot* 2017; 11: 26.
11. Miyasaka H, Takeda K, Onishi H, Okazaki H, Sonoda S. Effects of Shoulder Movement Assisting RoboT therapy on paralyzed upper extremity after stroke: A feasibility study. *J Jpn Assoc Occup Ther (suppl)* 2020; 54: 131.
12. Gates DH, Walters LS, Cowley J, Wilken JM, Resnik L. Range of motion requirements for upper-limb activities of daily living. *Am J Occup Ther* 2016; 70: 7001350010p1–7001350010p10.
13. Fujii T, Santa Y, Akutagawa N, Nagano S, Yoshimura T. Case of cerebellar and spinal cord infarction presenting with acute brachial diplegia due to right vertebral artery occlusion. *Rinsho Shinkeigaku* 2012; 52: 425–8.
14. Pullicino P. Bilateral distal upper limb amyotrophy and watershed infarcts from vertebral dissection. *Stroke* 1994; 25: 1870–2.
15. Veerbeek JM, Langbroek-Amersfoort AC, van Wegen EE, Meskers CG, Kwakkel G. Effects of robot-assisted therapy for the upper limb after stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2017; 31: 107–21.
16. Lynskey JV, Belanger A, Jung R. Activity-dependent plasticity in spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev* 2008; 45: 229–40.
17. Conroy SS, Wittenberg GF, Krebs HI, Zhan M, Bever CT, Whittall J. Robot-assisted arm training in chronic stroke: addition of transition-to-task practice. *Neurorehabil Neural Repair* 2019; 33: 751–61.
18. Berardi A, Galeoto G, Guarino D, Marquez MA, De Santis R, Valente D, et al. Construct validity, test-retest reliability, and the ability to detect change of the Canadian Occupational Performance Measure in a spinal cord injury population. *Spinal Cord Ser Cases* 2019; 5: 52.