

ロボットスーツ HAL を用いた歩行トレーニングの効果に関する諸報告（～2024.7.25）

対象：慢性期脊髄損傷（CSCI, Chronic Spinal Cord Injury）、青文字は自験データを示す。

著者	対象*	介入方法	結果	論文情報（タイトル・掲載雑誌）
Jansen et al.	CSCI 21 名 ● 45±14 歳 ● 男-15, 女-6 ● 頸-3, 胸-11, 腰-7 ● A-10, B-1, C-7, D-3	個別適正量免荷+HAL を使用したトレッドミル歩行+課題指向運動（坂道・段差昇降など）を 30 分×60 回	歩行速度・歩行耐久性・歩行バランス・下肢筋力の向上	Hybrid Assistive Limb Exoskeleton HAL in the Rehabilitation of Chronic Spinal Cord Injury: Proof of Concept; the Results in 21 Patients. <i>World Neurosurg</i> 2018; 110: e73–e78.
Okawara and Sawada et al.	CSCI 20 名 ● 43±17 歳 ● 男-15, 女-5 ● 頸-10, 胸-9, 腰-1 ● A-2, B-4, C-8, D-6	体重の 50%を免荷し、HAL 装着下でのトレッドミル上での歩行トレーニングを 60 分×20 回	歩行速度・バランス機能の向上	Gait ability required to achieve therapeutic effect in gait and balance function with the voluntary driven exoskeleton in patients with chronic spinal cord injury: a clinical study. <i>Spinal Cord</i> 2020; 58: 520–527.
Okawara et al.	CSCI 9 名 ● 38±16 歳 ● 男-6, 女-1 ● 頸-6, 胸-3 ● A-2, B-3, C-2, D-2	同上	体幹筋力の向上	Neurorehabilitation using a voluntary driven exoskeletal robot improves trunk function in patients with chronic spinal cord injury: a single-arm study. <i>Neural Regeneration Res</i> 2022; 17: 427–432.
Sawada and Okawara et al.	CSCI 20 名 ● 43±17 歳 ● 男-15, 女-5 ● 頸-10, 胸-9, 腰-1 ● A-2, B-4, C-8, D-6	同上	日常生活動作能力・QOL（生活の質）には変化なし	Influence of body weight-supported treadmill training with voluntary-driven exoskeleton on the quality of life of persons with chronic spinal cord injury: a pilot study. <i>Int J Rehabil Res</i> 2021; 44: 343–349.

\*対象者情報は上から、年齢（平均±SD）・性別内訳・損傷脊髄レベル・ISNCSCI AIS-grade<sup>a)</sup>の順に示す。

a) ISNCSCI (International Standard Neurological Classification Spinal Cord Injury)：世界的に広く用いられる脊髄損傷者の神経学的分類の国際基準である。上肢・下肢・肛門部の運動・感覚機能を詳細に評価することで、AIS と呼ばれる機能障害尺度を判定する。AIS は A（完全損傷）、B（不全損傷：感覚不全）、C（不全損傷：運動不全）、D（不全損傷：軽度運動不全）、E（正常）に分類される。

対象：希少性神経難病

著者	対象*	介入方法	結果	論文情報（タイトル・掲載雑誌）
Nakajima et al.	神経難病患者 24 名 <sup>b)</sup> ● 56±11 歳 ● 79±18 点	HAL を用いた歩行を 40 分間×9 回	従来治療（40 分間の免荷歩行）と比較して、歩行耐久性、歩行効率、下肢筋力が向上した。	Cybernetic treatment with wearable cyborg Hybrid Assistive Limb (HAL) improves ambulatory function in patients with slowly progressive rare neuromuscular diseases: a multicentre, randomised, controlled crossover trial for efficacy and safety (NCY-3001). <i>Orphanet J Rare Dis</i> 2021; 16: 304.

\*対象者情報は上から、年齢（平均±SD）・BI<sup>c)</sup>（平均±SD）の順に示す。

b) 詳細な疾患内訳は、脊髄性筋萎縮症-5 名、球脊髄性萎縮症-2 名、筋萎縮性側索硬化症-1 名、シャルコ・マリー・トゥース病-3 名、筋強直性時ストロフィー-2 名、遠位型ミオパチー-5 名、顔面肩甲上腕型筋ジストロフィー-3 名、その他の四肢帯型筋ジストロフィー-2 名、散発性封入体筋炎-1 名

c) Barthel Index：日常生活動作能力のスコア。高い点数ほど自身でできる動作が多いと解釈する。

対象：慢性期脳卒中

著者	対象*	介入方法	結果	論文情報（タイトル・掲載雑誌）
Nankaku et al.	慢性期脳卒中者 15 名 ● 59±16 歳 ● 男-9, 女-6 ● CI-8, ICH-7 <sup>d)</sup> ● 3-2, 4-10, 5-2 (判定なし-1)	HAL を用いて地面またはトレッドミル上での歩行トレーニングを 60 分×8 回	歩行速度、歩行効率、歩幅、歩行耐久性が向上	Effects of walking distance over robot-assisted training on walking ability in chronic stroke patients. <i>J Clin Neurosci</i> 2020; 81: 279–283.

\*対象者情報は上から、年齢（平均±SD）・性別内訳・原因疾患・機能評価（FAC<sup>e)</sup>）の順に示す。

d) CI（脳梗塞）、ICH（脳出血）<sup>e)</sup> FAC は歩行能力の臨床評価指標で、0（歩行不能）、1（介助歩行：しっかり介助）、2（介助歩行：軽い介助）、3（監視歩行：横にいてだけで歩行可能）、4（歩行自立：平地）、5（歩行自立：不整地・階段・斜面を含む）と 6 段階で判定される。

経頭蓋磁気刺激（TMS）と歩行・下肢トレーニングを併用した介入効果に関する報告（～2024.7.25）

対象：脊髄損傷（SCI, Spinal Cord Injury）

著者	対象*	介入方法	結果	論文情報（タイトル・掲載雑誌）
Feng et al.	亜急性期 SCI-19 名 <ul style="list-style-type: none"> <li>46±15 歳</li> <li>男-15, 女-4</li> <li>頸-8, 胸-7</li> <li>C or D</li> </ul>	TMS（間欠的刺激）+歩行トレーニングを含むリハビリテーション 1.5 時間 × 45 回	対照群と比較して、下肢筋力、歩行機能、日常生活動作能力が改善	Cerebral Theta-Burst Stimulation Combined with Physiotherapy in Patients with Incomplete Spinal Cord Injury: A Pilot Randomized Controlled Trial. <i>J Rehabil Med</i> 2023; 55: jrm00375.
Deng et al.	亜急性期 SCI-15 名 <ul style="list-style-type: none"> <li>47±17 歳</li> <li>男-8, 女-7</li> <li>頸-8, 胸-7</li> <li>C-9, D-6</li> </ul>	TMS（間欠的刺激）+歩行トレーニングを含むリハビリテーション 3 時間 × 21 回	対照群と比較して、下肢筋力、日常生活動作能力が改善	Effect of iTBS dual-target stimulation on lower limb function in patients with incomplete spinal cord injury: a randomized, single-blind, sham-controlled study. <i>World Neurosurg</i> 2024; S1878-8750(24)01101-X.
Krongh et al.	慢性期 SCI-10 名 <ul style="list-style-type: none"> <li>57±8 歳</li> <li>男-8, 女-2</li> <li>頸-6, 胸-1, 腰-2</li> <li>C-2, D-2</li> </ul>	反復 TMS+下肢筋力トレーニングを含むリハビリテーション 22 分 × 20 回	対照群と比較して、下肢筋力が改善	Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on recovery in lower limb muscle strength and gait function following spinal cord injury: a randomized controlled trial. <i>Spinal Cord</i> 2022; 60: 135–141.
Kumru et al.	亜急性期 SCI-15 名 <ul style="list-style-type: none"> <li>46±16 歳</li> <li>男-10, 女-5</li> <li>頸-8, 胸-7</li> <li>C-12, D-3</li> </ul>	反復 TMS 実施後にロボット（Lokomat）を用いた歩行トレーニング 30 分 × 20 回	対照群（shamTMS + Lokomat）と比較して、上下肢筋力がより改善	Placebo-controlled study of rTMS combined with Lokomat((R)) gait training for treatment in subjects with motor incomplete spinal cord injury. <i>Exp Brain Res</i> 2016; 234(12): 3447–3455.

\*対象者情報は上から、年齢（平均±SD）・性別内訳・損傷脊髄レベル・ISNCSCI AIS-grade<sup>a)</sup>の順に示す。

<sup>a)</sup> ISNCSCI(International Standard Neurological Classification Spinal Cord Injury)：世界的に広く用いられる脊髄損傷者の神経学的分類の国際基準である。上肢・下肢・肛門部の運動・感覚機能を詳細に評価することで、AIS と呼ばれる機能障害尺度を判定する。AIS は A（完全損傷）、B（不全損傷：感覚不全）、C（不全損傷：運動不全）、D（不全損傷：軽度運動不全）、E（正常）に分類される。

対象：希少性神経難病

著者	対象	介入方法	結果	論文情報（タイトル・掲載雑誌）
報告なし				

対象：慢性期脳卒中

著者	対象*	介入方法	結果	論文情報（タイトル・掲載雑誌）
Feng et al	慢性期脳卒中-12 名 <ul style="list-style-type: none"> <li>65±12 歳</li> <li>男-7, 女-5-</li> </ul>	反復 TMS10 分+課題指向型トレーニング 30 分 × 45 回	対照群と比較して歩行機能が改善	rTMS combined with task-oriented training to improve symmetry of interhemispheric corticomotor excitability and gait performance after stroke: a randomized trial. <i>Neurorehabil Neural Repair</i> 2012; 26: 222–230.

\*対象者情報は上から、年齢（平均±SD）・性別内訳の順に示す。