

# 第10回 日本脳神経 HAL<sup>®</sup> 研究会 プログラム抄録集



サイバニクス医療・健康イノベーション最前線：  
～ 病院と自宅・職場をつなぐ  
近未来の地域包括医療・ケア～

開催日：**2021年12月4日**（土）9:00-16:00

会場：国立京都国際会館およびWEBのハイブリッド開催

会長：宮本 享

（京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授、  
京都大学医学部附属病院 病院長）



# 大会概要

## 1. 会長

宮本 享（京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授、  
京都大学医学部附属病院 病院長）

## 2. 会 期

2021年12月4日（土）

## 3. 会 場

国立京都国際会館（〒606-0001 京都市左京区岩倉大鷲町 422 番地）  
および、WEB とのハイブリッド開催

## 4. 研究会テーマ

サイバニクス医療・健康イノベーション最前線：  
～ 病院と自宅・職場をつなぐ近未来の地域包括医療・ケア ～

## 5. 事務局

CYBERDYNE 株式会社

〒305-0818 茨城県つくば市学園南二丁目 2 番地 1

TEL：029-869-8448 / FAX：029-855-3181 / E-mail：halsympo@cyberdyne.jp

## 6. 過去の開催地一覧

回	会場	歴代会長
第1回	福岡大学メディカルホール	井上 亨（福岡大学 医学部 脳神経外科 教授）
第2回	福岡大学メディカルホール	井上 亨（福岡大学 医学部 脳神経外科 教授）
第3回	福岡大学メディカルホール	井上 亨（福岡大学 医学部 脳神経外科 教授）
第4回	京都国際会館	宮本 享（京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授）
第5回	京都大学 百周年時計台記念館	宮本 享（京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授）
第6回	筑波大学 大学会館 ホール	松村 明（筑波大学医学医療系 脳神経外科 教授） 山崎 正志（筑波大学医学医療系 整形外科 教授）
第7回	つくば国際会議場	松村 明（筑波大学医学医療系 脳神経外科 教授）
第8回	福岡大学メディカルホール	井上 亨（福岡大学 医学部 脳神経外科 教授）
第9回	WEB 開催	宮本 享（京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授）

## 7. 代表世話人

筑波大学 サイバニクス研究センター 研究統括／教授  
筑波大学 未来社会工学開発研究センター (F-MIRAI) センター長 山海 嘉之  
CYBERDYNE株式会社 代表取締役社長／CEO

京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授  
京都大学医学部附属病院 病院長 宮本 享 (幹事)

福岡大学 医学部 脳神経外科 教授  
福岡大学病院脳神経外科 診療部長 井上 亨

## 8. 世話人

茨城県立医療大学 学長 松村 明  
筑波大学医学医療系 整形外科 教授 山崎 正志  
琉球大学病院 脳神経外科 教授 石内 勝吾  
独立行政法人国立病院機構 新潟病院 病院長 中島 孝  
医療法人博仁会 福岡リハビリテーション病院 副院長・  
脳神経外科部長 入江 暢幸  
社会医療法人春回会 長崎北病院 院長 佐藤 聡  
社会医療法人医仁会 中村記念病院 理事長・院長 中村 博彦  
徳島大学大学院医歯薬学研究部 教授 高木 康志  
脳神経外科学分野

(順不同)

## プログラム

9:00 - 9:10 開会の挨拶

京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授・  
京都大学医学部附属病院 病院長

宮本 享

9:10 - 12:00 特別講演

座長：琉球大学病院 脳神経外科 科長・教授

石内 勝吾

筑波大学 サイバニクス研究センター 研究統括／教授  
筑波大学 未来社会工学開発研究センター(F-MIRAI) センター長  
CYBERDYNE 株式会社 代表取締役社長／CEO

山海 嘉之

演題：病院と生活をつなぐサイバニクス医療・健康イノベーション  
～ 医療用／非医療用 HAL、バイタルセンサ Cyvis、サイバニクス・クラウド 始動 ～

座長：茨城県立医療大学 学長

松村 明

国立病院機構 新潟病院 院長

演題：神経筋疾患における装着型サイボーグ HAL を使ったサイバニクス治療による  
歩行機能の改善について：有効性・安全性に関する多施設共同無作為化対照  
クロスオーバー試験(NCY-3001)結果の紹介及びその後の展開

中島 孝

座長：京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授・  
京都大学医学部附属病院 病院長

宮本 享

福岡大学 医学部 脳神経外科 教授

井上 亨

演題：装着型サイボーグ HAL (Hybrid Assistive Limb) が拓く  
ニューロリハビリテーション

12:20 - 15:50 一般演題 (7分+質疑3分)

下肢タイプ

医療用、自立支援用

座長：京都大学大学院医学研究科 脳神経外科 講師

菊池 隆幸

1 HAL 下肢タイプ(2S サイズ)を用いてトレーニングを行った脳性麻痺の  
1症例

茨城県立医療大学附属病院 リハビリテーション部 理学療法科

高橋 一史

2 左片麻痺および右膝関節腫瘍用人工膝関節再置換術後自宅退院が  
困難となった事例に対し HAL®を用いた一症例

独立行政法人国立病院機構 まつもと医療センター  
リハビリテーション科

牛山 聖也

3 胸髄髄膜腫腫瘍摘出術後にロボットスーツ HAL®を使用し屋外歩行自立に  
至った一例

社会医療法人 誠光会 淡海医療センター リハビリテーション部

中村 正仁

- 4 沖縄型神経原性筋萎縮症 7 例における HAL 医療用下肢タイプの  
繰り返し使用効果の検討  
独立行政法人国立病院機構 沖縄病院 脳・神経・筋疾患研究センター 諏訪園 秀吾
- 5 学童期脳性麻痺児における HAL の臨床経験  
筑波大学附属病院 リハビリテーション科 渡慶次 香代
- 6 重度脊髄障害に対する術後急性期及び慢性期にロボットスーツ HAL を  
用いた機能改善治療効果の解析—ダブルニーアクションの改善  
筑波大学 グローバル教育院ヒューマニクス学位プログラム 江崎 聖桜
- 7 ロボットスーツ HAL®を使用した先天性ミオパチー患者の一例  
社会医療法人財団 白十字会 白十字病院 山下 泰貴
- 8 脳卒中急性期におけるロボットスーツ HAL による即時効果の検討  
徳島大学病院 脳神経外科、リハビリテーション部 松田 拓
- 9 利用者分析から見える鈴鹿ロボケアセンター運営の課題  
鈴鹿ロボケアセンター株式会社 竹腰 仁志
- 10 永寿ケアセンターにおける HAL 下肢タイプの長期使用における効果について  
社会福祉法人永寿福社会 介護老人保健施設 永寿ケアセンター 村上 新之助
- 11 失語症により指示理解困難な片麻痺患者に対して HAL®を実施し、  
歩行能力向上を得た一例  
京都民医連中央病院 リハビリテーション部 西濱 嘉輝

単関節タイプ

医療用、自立支援用  
および、腰タイプ

座長：医療法人博仁会 福岡リハビリテーション病院  
副院長 兼 脳神経外科部長

入江 暢幸

- 12 Hybrid Assistive Limb 単関節タイプを用いた介入が脳卒中片麻痺患者の  
膝伸展機能に与える影響 ～三次元動作解析装置を用いた運動学的分析～  
医療法人田中会 武蔵ヶ丘病院 リハビリテーション部 大仁田 彩
- 13 当院における医療用 HAL®単関節タイプ運用の実際と課題  
福山市民病院 リハビリテーション科 俵 紘志
- 14 脳卒中患者の肩関節に対して HAL®医療用単関節タイプを使用した事例  
医療法人 雄心会 函館新都市病院 西村 大地
- 15 足関節 HAL を用いた下肢神経麻痺の短期治療経験と電気生理学的検討  
亀田第一病院・新潟股関節センター 徳永 邦彦
- 16 HAL-SJ による肘関節屈伸運動前後の感覚運動領野の脳活動変化  
—健常者における脳波を用いた予備的研究—  
京都大学医学部附属病院 リハビリテーション部 草野 佑介
- 17 人工膝関節置換術後の膝伸展制限および extension lag の改善における  
HAL 医療用単関節タイプ(膝関節)の介入効果について  
社会医療法人 孝仁会 北海道大野記念病院 石引 秀樹
- 18 TKA 後の HAL-SJ 使用は関節因性筋抑制の改善につながる  
医療法人オアシス 福岡志恩病院 リハビリテーション部 野崎 壮

- 19 頸椎疾患由来の上肢挙上障害に対して単関節 HAL を用いた  
肩関節運動治療における回復過程の運動学的解析  
筑波大学医学医療系・サイバニクス研究センター 門根 秀樹
- 20 パーキンソン病関連疾患に対する HAL®腰タイプ自立支援用を用いた  
リハビリの効果と効果に影響を与える患者特性の検討  
社会医療法人 杏嶺会 一宮西病院 リハビリテーション科 岩田 祥
- 21 人工膝関節全置換術後に対する超早期リハビリに HAL®医療用単関節タイプを  
用いた 2 症例 -安全性の検討-  
金沢大学附属病院 リハビリテーション部 渡部 貴也

15:50 - 16:00 閉会の挨拶

京都大学大学院医学研究科・医学部 脳神経外科 教授・  
京都大学医学部附属病院 病院長

宮本 享



# 一般演題：口演発表

## 1 HAL 下肢タイプ (2S サイズ) を用いてトレーニングを行った脳性麻痺の1症例

### Robot-assisted gait training using a small-sized Hybrid Assistive Limb for a child with cerebral palsy: A single case study

高橋一史、水上昌文<sup>1)</sup>、六崎裕高<sup>2)</sup>、岩崎信明<sup>2) 3)</sup>、中山智博<sup>2) 3)</sup>、黒田真由美<sup>1)</sup>、吉川憲一<sup>4)</sup>、古関一則<sup>4)</sup>、榎本景子<sup>4)</sup>、佐野久美子<sup>4)</sup>、松田智行<sup>1)4)</sup>、浅川育世<sup>1)5)</sup>、渡邊大貴<sup>6)</sup>、松村明<sup>7)</sup>、丸島愛樹<sup>6)</sup>

茨城県立医療大学付属病院 リハビリテーション部 理学療法科、  
<sup>1)</sup>茨城県立医療大学 保健医療学部 理学療法学科、<sup>2)</sup>茨城県立医療大学 保健医療学部 医科学センター、<sup>3)</sup>茨城県立医療大学付属病院 小児科、<sup>4)</sup>茨城県立医療大学付属病院 リハビリテーション部 理学療法科、<sup>5)</sup>茨城県立医療大学付属病院 リハビリテーション部、<sup>6)</sup>筑波大学 医学医療系 脳神経外科、<sup>7)</sup>茨城県立医療大学

#### 【目的】

特定臨床研究「脳性麻痺等の発達期非進行性運動機能障害児に対するHAL下肢タイプ (2Sサイズ) を用いた探索的研究」が、筑波大学附属病院、茨城県立医療大学付属病院、国立病院機構 新潟病院で実施されている。今回は第1報として研究プロトコルを完遂した1症例の報告を行う。

#### 【方法】

症例は脳性麻痺痙直型四肢麻痺の9歳女児、Gross Motor Function Classification System(GMFCS) Level IV。訓練時、歩行は座面付き歩行器Pacer Gait Trainerを用いた。HALによる介入として、1回20分間で計11回のHAL装着下座位膝伸展、立位・歩行訓練等を実施し、介入前後でGross Motor Function Measure-88 (GMFM-88)、10m歩行テスト、2分間及び6分間歩行距離、Canadian Occupational Performance Measure (COPM)、三次元歩行解析、患者・家族へのアンケート、疾病等の発生状況、試験機器の不具合について評価した。

#### 【結果】

安全性について大きな有害事象はなかった。臨床評価はGMFM-88【45.6 - 46.5(%)】、2分間歩行距離【24.0 - 32.6(m)】、6分間歩行距離【73.5 - 87.0(m)】、COPMの遂行度【2.2 - 3.8(点)】、満足度【2.0 - 3.0(点)】で向上した。三次元歩行解析は立脚相の膝関節伸展最小角が左側で減少し【43.0- 26.9(°)】、遊脚相の股関節屈曲最大角が右側【76.3 - 82.6(°)】、左側【76.8 - 89.0(°)】で増大した。アンケートでは「立つ力が全然違う。足の動きが速くなった。」と家族が記載した。

#### 【考察】

Hanna(2008)によると、GMFCS Level IVの脳性麻痺児は7歳頃に粗大運動機能のピークを迎え、その後は右肩下がりの経過をとるため、9歳で身体運動機能の向上を得る事は難しい。研究開始前、本児も年々身体が動かしにくくなっているとの訴えが本人家族よりあったが、HALトレーニングにより粗大運動能力、歩行能力が向上した。また、COPM、アンケート結果が示す通り、HAL後の身体運動機能の向上を本人・家族が実感できた事は大変意義深い結果であった。

本特定臨床研究は今後も様々な病態の障害児を対象にHAL下肢タイプ (2Sサイズ) による介入効果、および効果が検出できる評価指標について検討する予定である。

2 左片麻痺および右膝関節腫瘍用人工膝関節再置換術後自宅退院が困難となった事例に対し HAL®を用いた一症例

牛山聖也、植木裕伍<sup>1)</sup>、松岡大悟<sup>1)</sup>

独立行政法人国立病院機構まつもと医療センター リハビリテーション科、<sup>1)</sup>独立行政法人国立病院機構まつもと医療センター リハビリテーション科

【目的】左片麻痺のある対象者の右膝関節腫瘍用人工膝関節再置換術後のリハビリを経験した。移動能力の向上目的でHybrid Assistive Limb®（以下：HAL®）を用い自宅退院が現実的な状態に至ったので報告する。【方法】事例は50代男性。X-34年右脛骨骨肉腫により腫瘍用置換術施行。X-20年脳出血による左片麻痺。X-1年8月から人工関節の感染により他院入院。腫瘍用人工膝関節再置換術施行。X年4月リハビリ目的で当院へ転院となった。転院時には感染から人工関節除去、再置換に至るまで半年近く経過し患側非荷重安静により身体機能やADL低下が著明であった。病前は独居。移動は主に車椅子利用。サービスを利用し自宅で生活。車の運転も行っており自宅から駐車場までの10m程度を杖にて歩行していたが、現状の活動能力では自宅生活の継続が難しい状態であった。家屋改造等環境調整により自宅生活の継続は可能と考えたが、趣味の車の運転の継続が行えない状態では自宅退院は希望されず、家屋改造も希望されなかった。当院では、本人の希望から病前の生活レベルを目標に運動療法、ADL練習を行ったが、易疲労性や転倒恐怖心が強く動作の改善に難渋していた。そのため主観的評価を考慮し、運動のアシストにより疲労が少なく転倒予防機能を用いて運動を行うHAL®を治療計画に立案した。HAL®を用いて筋力トレーニングおよび立位バランス練習、歩行練習を実施した。また、個別の運動療法およびADL練習も並行して行った。効果判定として、歩行テスト、MMT、BRS、ADL動作、姿勢、主観的評価の変化について介入前後で評価を行った。【結果】主観的評価初期では移乗や立位、歩行動作への恐怖心や、自宅退院へのあきらめのような発言が聞かれた。後期では恐怖心軽減し自宅退院できそうといった発言に変化した。歩行に関しては、杖での連続歩行が30m可能となった。ADLは概ね病前レベルとなった。【考察】今回通常の運動療法では機能改善が難しかった症例であったが、主観的評価を考慮し治療計画を見直したことにより、意欲的に運動に取り組むことができた。これにより環境調整せず自宅退院が可能になり、本人の希望とされる状態となった。HAL®はアシストにより疲労の少ない運動が可能であり今後も同様の症例に対し機能改善効果に期待が持てると考えられ積極的な使用を検討していきたいと考える。

3 胸髄髄膜腫瘍摘出術後にロボットスーツ HAL®を使用し屋外歩行自立に至った一例

中村正仁、中村正仁<sup>1)</sup>、里内佑弥<sup>1)</sup>、菊川幸慈<sup>1)</sup>、伊庭大輝<sup>1)</sup>、田村公利<sup>1)</sup>、佐々木禎治<sup>2)</sup>

社会医療法人誠光会 淡海医療センター リハビリテーション部、<sup>1)</sup>社会医療法人 誠光会 淡海医療センター リハビリテーション部、<sup>2)</sup>社会医療法人 誠光会 淡海医療センター リハビリテーション科

【はじめに】

歩行能力の向上を目的とし、HAL®を用いた歩行訓練を実施した結果、屋外歩行が自立となった胸髄髄膜腫瘍摘出術後の症例を経験した。HAL®を用いた歩行訓練の実施により、歩行速度、バランス能力に向上を認めたものの、歩容の改善に難渋したため原因について考察し報告する。

【症例紹介】

症例は、50歳代男性。既往にうつ病あり。2021年1月に下肢の違和感と筋力低下を自覚。他院を受診し、硬膜内髄内腫瘍による脊髄圧迫を指摘。歩行困難増悪し、転倒を繰り返すようになったため入院となる。4月に脊椎腫瘍摘出術、頸胸椎後方固定術(C7/Th1/Th2)を施行。5月に当院回復期リハビリテーション病棟へ転院となった。入院時の状態としては、歩行器での病棟内歩行自立。歩容は、左股関節外旋位でのワイドベース、両脚支持期の延長を認めた。6月より、個別での運動療法に加え、3カ月間週2回の頻度で合計27回HAL®を用いた歩行訓練を実施した。また、1ヶ月ごとに10m歩行テスト(最大歩行)、Berg Balance Scale(以降：BBS)を用いて評価を行った。開始時と終了時には、MMTと感覚についても評価を行った。

【結果】

評価結果は、開始時→9回目終了時→18回目終了時→27回目終了時で記載する。10m歩行テストでは、歩行速度(m/sec)0.87→0.93→1.08→1.15、歩行率(step/min)は115.8→122.2→118.8→120へと改善。BBS(点)は45→51→52→52と改善。MMT、表在感覚、深部感覚(右/左)については、股関節屈曲3/2→4/4、膝関節伸展4/2→4/4、足関節背屈4/4→4/4、底屈2+/2→3/2+へと改善。表在感覚、深部感覚はともに中等度鈍麻/中等度鈍麻→軽度鈍麻/中等度鈍麻へと改善した。

【考察】

先行研究と同様に、HALの導入効果として、本症例においても歩行速度、歩行率、バランス能力の向上を認めた。しかし、ワイドベースや両脚支持期の延長といった問題が残存した。歩容の改善に至らなかった要因として、立脚後期に筋活動を必要とする足関節底屈筋群の低下が残存してしまったことが考えられる。今回、オールインワンの手すりを使用せずに歩行訓練を行ったことから、より歩行速度や歩幅を増加させての歩行動作を学習する必要があったと考えられる。本症例より、胸髄髄膜腫瘍摘出術後に対してHAL®を用いた歩行訓練の実施による効果が示された。しかし、歩容の改善にはHAL®使用下での訓練実施方法についても十分な検討が必要であることが示唆された。

4 沖縄型神経原性筋萎縮症 7 例における HAL 医療用下肢タイプの繰り返し使用効果の検討

諏訪園秀吾、城戸美和子<sup>1)</sup>、藤崎なつみ<sup>1)</sup>、藤原善寿<sup>1)</sup>

独立行政法人 国立病院機構 沖縄病院 脳・神経・筋疾患研究センター、<sup>1)</sup>独立行政法人 国立病院機構 沖縄病院 脳神経内科

【背景】沖縄型神経原性筋萎縮症 (hereditary motor and sensory neuropathy with proximal dominant, HMSN-P, OMIM#604484, HMSN-O) は3q12.2に遺伝子座を有する TFG遺伝子異常によるとされ、筋萎縮性側索硬化症や脊髄性筋萎縮症にも似た臨床症状を呈し常染色体優性遺伝形式をとる緩徐進行性の希少疾患であるが、根本治療は確立されていない (文献1, 2, 3)。

【目的】HMSN-PにおけるHAL<sup>®</sup>医療用下肢タイプ (以下「下肢型HAL」と略) を繰り返した際の効果を検討する。

【方法】対象は遺伝子診断のなされた7例で53～69歳、男性1名女性6名で全て同意書にサインがなされた。1例は全期間26か月の中で3回繰り返した。

【結果】1例の初回を除き、どの施行でも開始前後で2分間歩行の速度に改善が見られた。

【考察】当科では比較的積極的に本疾患において下肢型HALを用いてきており、12例中7例においてご本人が繰り返して行うことに同意されている。本疾患においても下肢型HALは効果を検討し検証していく価値がある可能性がある。

【文献】

1) Takashima H et al. A new type of hereditary motor and sensory neuropathy linked to chromosome 3. *Ann Neurol.* 1997;41:771-80.

2) Ishiura H et al. The TRK-fused gene is mutated in hereditary motor and sensory neuropathy with proximal dominant involvement. *Am J Hum Genet.* 2012;91:320-9.

3) Fujisaki N et al. The natural history of hereditary motor and sensory neuropathy with proximal dominant involvement (HMSN-P) in 97 Japanese patients. *Intractable Rare Dis Res.* 2018;7:7-12.

Clinical application of Hybrid Assistive Limb to a school-aged child with cerebral palsy

渡慶次香代、清水如代<sup>1)</sup>、清水朋枝<sup>2)</sup>、渡邊大貴<sup>3)</sup>、門根秀樹<sup>4)</sup>、久保田茂希<sup>5)</sup>、石川公久<sup>2)</sup>、鎌田浩史<sup>5)</sup>、丸島愛樹<sup>3)</sup>、山崎正志<sup>5)</sup>、羽田康司<sup>1)</sup>

筑波大学附属病院 リハビリテーション科、<sup>1)</sup>筑波大学医学医療系 リハビリテーション科、<sup>2)</sup>筑波大学附属病院 リハビリテーション部、<sup>3)</sup>筑波大学医学医療系 脳神経外科、<sup>4)</sup>筑波大学医学医療系 サイバニクス研究センター、<sup>5)</sup>筑波大学医学医療系 整形外科

【目的】 学童期脳性麻痺児に装着型サイボーグHybrid Assistive Limb (HAL、CYBERDYNE社)を用いた歩行訓練を行い、粗大運動能力および歩行能力の変化を評価したため報告する。

【症例】 8歳男児。在胎29週3日、1184gで出生。脳室周囲白質軟化症と診断され、修正8か月時からリハビリテーションが開始された。5歳時には股関節内転筋切離術、ハムストリングス腱延長術、アキレス腱延長術を施行された。

歩行には金属支柱付き短下肢装具と歩行器を用いており、Gross Motor Function Classification System (GMFCS) はレベルIII。痙直型両麻痺を呈し、歩容はかがみ歩行だった。知能検査では知能指数50であり、指示に従い訓練を実施することが可能だった。

【方法】 歩行訓練には小児用として開発されたHAL下肢タイプ2Sサイズを用いた。実施回数は計10回で、およそ週2回の頻度で実施した。訓練開始前と終了後には、Gross Motor Function Measure (GMFM) -88、6分間歩行距離、6m歩行テストを評価し、家族に対してCanadian occupational performance measure (COPM) を行いニーズとその遂行度・満足度を評価し、それぞれ変化を比較した。

【結果】 訓練後評価ではGMFCSはレベルIIIで変化はみられなかったが、両側ロフトランド杖を用いて安定した歩行が可能となった。GMFM-88では78.3%から81.3%へ変化した。とくにD領域(立位)において56.4%から71.8%へと大幅な向上を認めた。6分間歩行距離は141.4mから270.4mと129m延長した。6m歩行テストでは歩行速度0.73m/sec(歩行率124.8steps/min)から0.96m/sec(135steps/min)と変化した。COPMでは遂行度平均スコアの変化量は0.2、満足度平均スコアの変化量は1.4と改善した。

【考察】 学童期脳性麻痺児に対して、HALを用いた歩行訓練を実施することで、粗大運動能力および歩行能力の向上を図ることができた。また、訓練後のニーズに対する満足度向上を認めることから、成長発達段階にある脳性麻痺児への精神面に対しても好影響を与える可能性が示唆された。

6 重度脊髄障害に対する術後急性期及び慢性期にロボットスーツ HAL を用いた機能改善治療効果の解析—ダブルニーアクションの改善

Analysis of gait motion change by intervention using robot suit Hybrid Assisted Limb ® in acute and chronic stage myelopathy patients after decompression surgery. - Improvement of double knee action.

江崎聖桜、江崎聖桜<sup>1)</sup>、門根秀樹<sup>2)</sup>、久保田茂希<sup>1)</sup>、清水如代<sup>3)</sup>、安部哲哉<sup>2)</sup>、Chun Kwang Tan<sup>4)</sup>、三浦紘世<sup>1)</sup>、羽田康司<sup>3)</sup>、山海嘉之<sup>4)</sup>、国府田正雄<sup>1)</sup>、鈴木健嗣<sup>4)</sup>、山崎正志<sup>2)</sup>

筑波大学 グローバル教育院ヒューマニクス学位プログラム、<sup>1)</sup>筑波大学 医学医療系整形外科、<sup>2)</sup>筑波大学附属病院未来医工融合研究センター、<sup>3)</sup>筑波大学附属病院リハビリテーション科、<sup>4)</sup>筑波大学システム情報系

【目的】ロボットスーツHAL(Hybrid Assistive Limb)は生体電位信号に基づく運動支援により訓練後の歩行能力改善が報告されている。我々は訓練後の歩容変化を解析することで効果の機序や効果のある疾患の解明に寄与できると考えた。今回、後縦靭帯骨化症(OPLL)に伴う重度脊髄障害の術後急性期及び慢性期にHAL訓練を施行した例を対象に歩行解析を行った。

【方法】除圧術施行後の歩行障害に対してHALを急性期に適用した群(男3女3,平均57.8歳,HAL開始術後25日)と慢性期に適用した群(男9,68.3歳,術後1023.2日)を対象とし,介入前後の歩行を計測し(VICON MX,Plug-in Gait),歩行速度,股・膝・足関節の最大伸展(背屈)・屈曲(底屈)・可動域角度,骨盤前後傾,つま先持ち上げ高さ(TC),立脚期ダブルニーアクション(DKA)(立脚初期の膝関節角変位)を介入期間前後で比較した。さらに4回目と7回目のセッション前後のMMTとEMGを比較した。

【結果】HAL介入期間の前/後で急性期群の歩行速度は25/54m/分( $p < 0.01$ ),股関節可動域34/43度( $p < 0.05$ ),膝関節可動域42/57度( $p < 0.05$ ),DKAは3.2/5.5度( $p < 0.05$ ),膝関節の立脚初期の変位量は3.2/5.5度( $p < 0.05$ )を認めた。慢性期の歩行速度は47/54m/分( $p < 0.01$ ),股関節可動域36/40度( $p < 0.05$ ),TCは11/13cm( $p < 0.01$ ),膝関節の立脚初期の変位量は4.8/7.2度( $p < 0.05$ )の変化を認めた。その他は有意差を認めなかった。MMTとEMGではセッション毎による即効性が考察された。

【考察】HAL介入後に歩行速度,股関節可動域,TCの改善がみられたことから,大きく速い歩容の獲得による歩行能力改善が考えられた。下肢関節では,膝関節においてDKAが出現し,膝を柔らかく使う事で負担が軽減され,経年後の膝関節症予防に効果がある可能性が考察された。

7 ロボットスーツ HAL®を使用した先天性ミオパチー患者の一例

山下泰貴、古賀研人<sup>1)</sup>

社会医療法人財団 白十字会 白十字病院、<sup>1)</sup>社会医療法人財団 白十字会 白十字病院

【目的】

今回、先天性ミオパチーを担当した。

ロボットスーツHAL® (Hybrid Assistive Limb 以下HAL) は先天性ミオパチーも該当疾患の一つであり、先天性ミオパチーに対してHALが使用されている。しかし、詳細な負荷量の設定は不明確である。また、神経筋疾患に対しての運動負荷について、過用性筋力低下が生じることが懸念されているが、適切な負荷量の設定について報告はない。

今回、先天性ミオパチー患者のHAL実施を経験したため報告する。

【方法】

先天性ミオパチーと診断された50代女性。元々、ADL、IADL自立していた。歩行は2本杖を使用していた。両側性の筋力低下、腱反射の消失を認めた。体重57.5kg、下腿周径(単位: cm) 左25.5右25、MMT(左右) 股関節屈曲2伸展3、膝関節屈曲2伸展3、足関節背屈2、10m歩行テスト: 実施不可であった。

HALを用いて起立、歩行練習を週4~5回を8週、計38回を3クール(第1クール: 1~14回、第2クール: 15~25回、第3クール: 26~38回)に分けて行った。それぞれの目的を第1クールは遊脚期の改善、第2クールは免荷での立脚期の改善、第3クールは立脚期の改善とした。1回の所要時間は準備15~20分、実施を55~60分とした。

HAL練習に加え、関節可動域運動、神経筋再教育、筋力増強運動、起立練習、歩行練習、ADL練習を週4~5回、8週行った。

効果判定として経時的に10m歩行テスト(時間、歩数)、下腿周径、体重を記録した。

【結果】

第1クールは、股関節BALANCE(以下BL) 屈曲5、TORQUE(以下TR) 15、膝関節BL伸展10、TR15で60~750m実施。第2クールは股関節BL伸展4、TR4、膝関節BL屈曲5、TR4で600~1380m実施。第3クールは股関節BL伸展1、TR4、膝関節BL伸展5、TR6で1380~1950m実施。最終評価として、下腿周径は、左27、右27の改善を認めた。10m歩行テストは、1分32秒、38歩へ改善を認めた。体重、MMTは変化がなかった。

【考察】

先天性ミオパチー患者に対してHALを実施し、回数や歩行量等に関して良好な結果となった。椿原はミオパチーに対して筋持久力運動の有効性を示しており、本症例においてもHALを使用した連続歩行が歩行改善に寄与したと考える。

今回、先天性ミオパチー患者において、HALは運動量の調整、確保に適している。

## 8 脳卒中急性期におけるロボットスーツ HAL による即時効果の検討

松田拓、近藤心<sup>2)</sup>、川村由佳<sup>2)</sup>、佐藤紀<sup>2)3)</sup>、梅村公子<sup>2)</sup>、西良浩一<sup>2)3)</sup>、兼松康久<sup>1)</sup>、高木康志<sup>1)</sup>

徳島大学病院 脳神経外科、リハビリテーション部、<sup>1)</sup>徳島大学病院 脳神経外科、<sup>2)</sup>徳島大学病院 リハビリテーション部、<sup>3)</sup>徳島大学病院 整形外科

### 【はじめに】

脳卒中の片麻痺に対するHALの有効性についての報告は散見されるが、いまだ確立はされていない。しかし、HALを装着するにあたって、HAL訓練を行った患者が訓練直後から「足の軽さ、歩行のしやすさ」を自覚する事例をよく経験する。今回、当院でHALを行った患者4名に対してHAL訓練の即時効果について検討したために報告する。

### 【方法】

当院SCUに脳梗塞・脳出血で搬送され、発症1週間以内にHALを装着してリハビリテーションを行った4名を検討した。当院では週3回、3週間の計9回のHAL訓練を行い、回復期病院へ転院した。HAL訓練以外の日従来理学療法を行った。当院でのリハビリテーションにおいて、歩行可能な状態になってから、訓練前後に10m歩行時間と歩数を計測し、訓練前後での計測値に変化を認めるか検討した。さらに、5mの地点での健側と患側の重複歩距離をHAL装着前後で計測し、距離の増大を認めるかどうか検討した。

### 【結果】

HAL使用時に10m歩行時間の短縮、歩数の減少を有意に認めたのは4症例のうち1症例ずつであった。1名においてはHALを使用しない理学療法を行った際にも前後で歩行時間の短縮と歩数の減少を認めた。また、全症例で健側の重複歩距離の有意な増大を認めた。

### 【考察】

脳卒中に対するHALの即時効果についての報告例は乏しく、その効果について証明はされていないものの、臨床的に非常によく経験する現象である。慢性期の脳卒中において、HAL訓練直後に10m歩行時間の短縮、健側歩幅増加、麻痺側および健側の立脚最大足底圧の増大を認めた報告があり、その要因として通常の歩行練習よりHALによりアシストされた能動性と随意性によるものなどがあげられている。今回の4症例では、全症例で健側の重複歩距離の上昇を認め、HALによる歩行様式の矯正などの効果が考えられる。しかし、その効果を証明するには多症例での検討が必要であり、今後の課題である。

## 9 利用者分析から見える鈴鹿ロボケアセンター運営の課題

竹腰仁志、藤田志保<sup>1)</sup>

鈴鹿ロボケアセンター株式会社、<sup>1)</sup>鈴鹿ロボケアセンター株式会社

【目的】開設から8年間に登録された利用者の傾向を調査し、ロボケアセンターグループの運営と回復期終了後の公的医療・介護保険外でのサービス提供の課題を提起する。

【方法】2013年7月から2021年9月30日までに当施設に登録をされた338名を対象とし、初回面談時に行うカウンセリングシートを後方視的に参照し、項目別に集計した。

【結果】平均年齢は54.4歳、男女比は6:4。疾患別では脳血管48%、脊髄損傷15%、脳性麻痺8%。2015年の登録者数が全体の23%と最も多く、東海三県270件、近畿2府4県63件であった。歩行能力は、歩行不可・一部介助51%、杖歩行36%、独歩10%であった。

【考察】新規利用者の多くはマスメディアやイベント展示、情報誌広告などが媒体となり問い合わせ・来所となるが、近年ではWebメディアやソーシャルメディアで施設を知る利用者が増加傾向であり来所につながる情報源が多様化する一方、同グループが全国各地に開設され、利用希望者は自宅近くの施設へ来訪するようになった。また利用者の約9割に歩行障害がある事から、移動手段が限定され来所が容易ではないことが推察される。さらに施設利用料が保険適応外のため金銭的な負担もあり、継続的な来所が難しいケースがあると考えられる。鈴鹿市では市民に対して利用料の一部を助成する制度があり、近隣であれば家族などの協力を得られやすいことが影響し市内在住者が全体の36%を占めたといえる。今後は、他の地域でも自治体によるバックアップや、協力いただける民間企業とのタイアップの更なる普及、また近隣の医療機関との密な連携と体制づくりにより、退院後リハビリテーションを十分に受けることができない「リハビリ難民」問題が解消し、来所される利用者のQOLがさらに向上できるよう、今後も企業努力を続けていきたい。

10 永寿ケアセンターにおける HAL 下肢タイプの長期使用における効果について

村上新之助、

社会福祉法人永寿福祉会 介護老人保健施設 永寿ケアセンター

【目的】介護老人保健施設の主な役割は在宅復帰・在宅生活支援及び社会参加に対する支援である。そのため当施設利用者には、身体機能・動作能力を維持しながら在宅生活を継続していくなどの目的により長期にわたるHAL使用実績のある利用者が複数いる。そのような維持期・生活期と言われる期間においてHALを長期間使用することでの効果を実感することが出来た2名の事例を報告する。

【事例1】Aさま（80才）脳梗塞による左片麻痺・平成27年7月より6年以上にわたりHAL左単脚を使用しての立位・歩行訓練を実施。利用開始当初は独歩可能であるも歩行の安全性・持久力低下により外出出来ない状況であった。HAL使用1年程度で歩行の安全性・持久力が改善し、当初の目標を達成した後も現在に至るまで週1回のHALトレーニングを継続されている。左片麻痺であり加齢による衰えが確実にあると考えられる状況において3mTUGについては平成29年以降12秒台を維持している。また、外出・買い物も不自由なく継続できている。

【事例2】Bさま（52才）脳出血による左片麻痺・平成28年1月より5年9ヶ月にわたりHAL左単脚を使用しての立位・歩行訓練を実施。利用当初は歩行困難であったが、HALトレーニングによりT字杖歩行能力とトイレ動作能力を獲得され平成29年6月より職場復帰を果たした。当初の目標を達成した後も現在に至るまでHALトレーニングを継続したことにより屋外歩行が可能となるまでに回復した。平成27年3月に脳出血を発症されたが、発症後6年以上が経過しても動作能力は回復し続けている。

【考察】今回報告した2事例においてはいずれもHAL使用開始当初の回復段階だけではなく、在宅生活の継続や社会参加においても長期的にHALトレーニングが大きく関与したと考える。このことは介護老人保健施設の役割に対して重要な取り組みになっている。

11 失語症により指示理解困難な片麻痺患者に対して HAL®を実施し、歩行能力向上を得た一例

西濱嘉輝、中川裕大<sup>1)</sup>、金本雅俊<sup>1)</sup>、加藤優佑<sup>1)</sup>、石中暢<sup>1)</sup>、四方裕子<sup>2)</sup>、横溝大<sup>2)</sup>

京都民医連中央病院 リハビリテーション部、<sup>1)</sup>京都民医連中央病院 リハビリテーション部、<sup>2)</sup>京都民医連中央病院 リハビリテーション科

【目的】

一般的に高次脳機能障害を有する患者のリハビリテーションは難渋することが多い。また、高次脳機能障害により指示理解が得にくい患者に対するHAL®の効果を検証された研究は少ない。今回、失語症により指示理解困難な症例に対し、HAL®自立支援用下肢タイプPro(以下、HAL®)を実施したため報告する。

【症例】

40歳代男性。左被殻出血を発症し第4病日に定位的脳内出血除去術施行。第59病日に当院回復期リハビリテーション病棟(以下、回りハ病棟)に入院。入院前ADLは自立。就労あり。

【経過】

入院時SIAS-M右下肢2-2-0、BRS右上肢II-手指II-下肢III。感覚性失語とジャーゴンにより言語的な意思疎通は困難であった。平行棒内歩行は中等度介助。第64病日より長下肢装具による介助歩行を開始。その後Side cane+金属支柱付き短下肢装具にて3動作前型歩行が軽介助となったが、麻痺側下肢のクリアランス不足と支持不良は残存し、さらに失語症により聴覚的な指示は入りづらく歩行能力の向上に難渋した。そこで、第150病日よりHAL®での歩行練習を開始。HAL®開始時はFAC1、歩行速度0.13m/s。HAL®は全16回(週2回)、約300m/回歩行した。モード:CVC。Sense Level:A2~5。歩行時はジェスチャーや動画の提示、運動方向の目印を用いるなど非言語的な指示を基本として、HAL®のアシスト量および股関節屈曲傾斜を調整することで遊脚期のクリアランスを確保した。徐々にリズムカルに振り出しが可能となると立脚中期~後期の歩容改善を図るようにアシスト量を調整した。

【結果】

第203病日にHAL®終了。Q-cane+金属支柱付き短下肢装具にて2動作前型歩行がごく軽介助となり、麻痺側遊脚期のクリアランス拡大と立脚期の延長を得た。FAC2、歩行速度0.46m/s。HAL®終了後も歩行練習を継続し、第235病日に回りハ病棟退棟。退棟時はSIAS-M下肢4-4-1、BRSIII-III-IV。T-cane+金属支柱付き短下肢装具にて見守り歩行、FAC2。歩行速度は0.82m/sと向上した。

【考察】

渡邊らは生体電位信号の検出が困難で、高次脳機能障害により指示理解が困難な症例はHAL®装着の適応とはなりにくい可能性があると述べている。本症例は失語症により聴覚的な指示理解が困難であったが視覚的な教示およびHAL®の能動アシストにより歩行能力の向上を得た。HAL®による歩行練習は複雑な運動指示を要求せずに随意運動に対して適切な歩行パターンのアシストが可能であり、運動イメージと筋出力が一致しやすくなったと考える。歩行感覚が得られたことでHAL®終了後もさらに歩行能力が向上したと考える。

12 Hybrid Assistive Limb 単関節タイプを用いた介入が脳卒中片麻痺患者の膝伸展機能に与える影響 ～三次元動作解析装置を用いた運動学的分析～

Effect of Intervention Using Hybrid Assistive Limb Single Joint Type on Knee Extension Function in Stroke Hemiplegic Patients; Kinematic analysis using three-dimensional motion capture system

大仁田彩、池田晃輔<sup>1)</sup>、田宮史章<sup>1)</sup>、藤井廉<sup>1)</sup>、野中裕樹<sup>1)</sup>、田中慎一郎<sup>2)</sup>

医療法人田中会 武蔵ヶ丘病院 リハビリテーション部、<sup>1)</sup>医療法人田中会 武蔵ヶ丘病院 リハビリテーション部、<sup>2)</sup>医療法人 田中会武蔵ヶ丘病院 リハビリテーション科

【目的】

我々は、Hybrid Assistive Limb（以下、HAL<sup>®</sup>）の中でも、上肢・下肢特化型のアタッチメントである単関節タイプ（Single joint type；以下、HAL-SJ）を臨床導入し、一般的な理学療法との併用によるハイブリッドリハビリテーションに取り組んでいる。今回、膝関節機能障害に対してHAL-SJの介入を実施した脳卒中片麻痺症例の経過を、定量的な運動学的分析結果に基づき観察したため、以下に報告する。

【方法】

症例は右皮質下梗塞による左片麻痺を呈した60歳代女性であった。理学所見（発症から第35病日目）について、Stroke Impairment Assessment Set（以下、SIAS）下肢運動機能項目は3-4-2で、膝伸展筋力は158.8/82.3N、Functional Independence Measure（以下、FIM）は90点（運動項目：55点、認知項目：35点）であった。介入は、端座位にて麻痺側膝関節にHAL-SJを装着（電極パッドの貼付部位：大腿四頭筋、ハムストリングス）し、膝関節伸展運動を30回×10セット実施した。なお、HAL-SJによる介入は連続で3週間実施した。評価は、三次元動作解析装置（KISSEICOMTEC社製）を用いて、膝関節伸展運動時の最大運動範囲（運動範囲）と最大運動速度（運動速度）を算出した。なお、評価は介入前と介入後1週間毎に、計4回実施した。

【結果】

3週間の介入後、SIAS下肢運動機能項目は4-4-4、膝伸展筋力は197.1/141.2N、FIMは103点（運動項目：68点、認知項目：35点）へ改善した。また、膝関節伸展運動の評価結果について、運動範囲（介入前：52.2cm、介入1週間後：52.28cm、2週間後：58.21cm、3週間後：57.18cm）は不変であったが、運動速度（介入前：142.19cm/s、介入1週間後：192.42cm/s、2週間後：224.61cm/s、3週間後：230.90cm/s）は顕著な改善を認めた。

【考察】

HAL-SJの介入効果を示した先行研究では、運動麻痺の重症度が高い症例を対象とした報告が多い。本研究の結果より、運動麻痺の重症度が比較的軽度な症例に対しても、運動学的な改善が得られることが示唆された。一方で、本報告は、一症例の経過を後方視的に観察したに過ぎないため、今後詳細な研究デザインに基づいた継続研究を実施することによって、HAL-SJの効果をより明確にする必要がある。

Actual operation of HAL-SJ in our hospital and challenges.

俵紘志、奥田咲穂<sup>1)</sup>、奥田卓矢<sup>1)</sup>、三浦泰裕<sup>1)</sup>、坂本暁良<sup>1)</sup>、藤井俊宏<sup>1)</sup>

福山市民病院 リハビリテーション科、<sup>1)</sup>福山市民病院 リハビリテーション科

### 【目的】

当院は、2017年10月より HAL®自立支援用単関節タイプ（以下,HAL-SJ）を導入し、適応症例に対してHAL-SJを使用した運動療法を提供できるチーム体制をとっている。2019年9月からは足関節用アタッチメントを増設、2020年11月からは医療用 HAL®単関節タイプ（以下,HAL-SJ）に変更している。今回は、当院のHAL-SJ運用の実際と今後の課題について報告する。

### 【方法】

当院リハビリ科の疾患別処方の内訳とHAL-SJ稼働件数、運動量増加機器加算算定数を電子カルテ上データから後方視的に調査した。

### 【結果】

2020年、2021年（9月末時点）の疾患別リハビリテーション処方人数（割合）と2019年（1月除く）、2020年、2021年（9月末時点）のHAL-SJ使用者の延べ人数、運動量増加機器加算算定数のデータを抽出することができた。

2020年の疾患別リハビリ処方はがん971人（20%）、運動器1256人（26%）、呼吸器678人（14%）、心大血管603人（13%）、脳血管430人（9%）、廃用866人（18%）、その他3人（1%未満）、2021年（9月末時点）のリハビリ処方はがん765人（22%）、運動器741人（22%）、呼吸器586人（17%）、心大血管403人（12%）、脳血管278人（8%）、廃用658人（19%）、その他1人（1%未満）であった。

2019年のHAL-SJ使用者延べ人数は416人（肘：75、膝：281、足首：6、電位評価：54）、2020年のHAL-SJ使用者延べ人数は497人（肘：73、膝：230、足首：116、電位評価：78）、2021年（9月末時点）のHAL-SJ使用者延べ人数は265人（肘：49、膝：45、足首：158、電位評価：8）、2020年11月以降の運動量増加機器加算算定数は12件であった。

### 【考察】

当院の人員配置の都合上、理学療法士が多いため、肘に比べて膝・足首の件数が多くなった。中でも、足首の件数が多くなった要因としては、適応症例に偏りがみられたことも一因ではあるが、膝アタッチメントと比較して足首アタッチメントの方がフィッティングから運動までが煩雑でないことや、より遠位の分離運動を早期に獲得したいという療法士考えも一因である印象を受ける。また、運動量増加機器加算に関しては、当院のリハビリテーション疾患別処方の割合において算定可能な脳血管リハビリテーション処方自体が、全体の8~9%と少ない状況であるが、HAL適応であってもチームに依頼が出ないケースも見受けられる。その際には、HALチームから担当療法士へ働きかけて介入を開始するが、すべてを補いきれてはいない現状である。

今後は、より充実したHAL-SJの稼働を継続すると同時に、院内・科内に対してもHAL-SJの認知を広め、それを風化させないような取り組みが必要と考える。

14 脳卒中患者の肩関節に対して HAL®医療用単関節タイプを使用した事例

A case study of using HAL-SJ for shoulder joint of stroke patient.

西村大地、波田耕祐<sup>1)</sup>

医療法人 雄心会 函館新都市病院、<sup>1)</sup>医療法人 雄心会 函館新都市病院

【目的】

脳卒中による上肢麻痺は機能改善の阻害因子であり、ADLやQOLの低下に大きく関わる。先行研究では、頸髄損傷患者の肩関節に対してHAL®医療用単関節タイプ(以下、HAL-SJ)を使用した報告があり、脳卒中患者の肩関節にHAL-SJを使用することで機能改善がみられないかと考えた。そこで脳卒中患者の肩関節に対してHAL-SJを使用した訓練を実施し、上肢麻痺の改善が得られたため、以下に報告する。

【症例提示】

症例は右橋梗塞を呈した70歳代の男性で、病前のADLは自立していた。構音障害と左上下肢麻痺が出現し、救急要請後に当院に入院した。リハビリテーションは2病日目に開始した。

【方法】

治療評価はBrunnstrom Recovery Stage(以下、BRS)、Fugl-Mayer Assessment(以下、FMA)のA項目にて評価した。

初期評価時(19病日目)のBRSは左上肢Ⅲ、FMAのA項目22/36点であった。20病日目からHAL-SJを使用した訓練を開始し、31病日目まで実施した。訓練では1回の介入で運動回数を200回と設定した。実施時は、HAL-SJの上腕アタッチメントをベストポジションバーに取り付け、前腕アタッチメントをA氏の上腕に装着した。電極は三角筋前部と後部繊維にそれぞれ貼付した。

また、入院中に内視鏡検査にて早期胃がんが発見され、約3週間転院となった。そして再入院後の57病日目からHAL-SJ訓練を再開した。

【結果】

第1期(31病日目)終了時BRS左上肢V、FMAのA項目29/36点であった。

第2期開始時(57病日目)はBRS左上肢V、FMAのA項目33/36点であった。

最終評価時(63病日目)ではBRSは左上肢VI、FMAのA項目36/36点であった。

【考察】

肩関節に対してHAL-SJを使用することで、高頻度の反復運動を低負荷で実施することが可能となり、interactive Bio-Feedbackにより運動性下行路の興奮水準を操作し上肢麻痺が改善した可能性が示唆された。しかし1事例の報告であり、実施環境や安全面への配慮などは検討の余地があると思われる。また肩関節へのHAL-SJの適応は症例数を重ね、上肢麻痺の改善についての詳細な検討を行う必要があると思われる。

【説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、当院倫理審査委員会の審査・承認を得て行われた。(承認番号2021001)

足関節 HAL を用いた下肢神経麻痺の短期治療経験と電気生理学的検討

Short-term clinical results and electrophysiological examinations of the ankle joint HAL rehabilitations for paralyzed lower limbs

徳永邦彦、村岡幹夫<sup>1)2)</sup>、渡辺信<sup>1)</sup>、大矢渉<sup>2)</sup>、坂井路子<sup>3)</sup>、荒川太貴<sup>2)</sup>、鷲尾翔太<sup>3)</sup>

亀田第一病院・新潟股関節センター、<sup>1)</sup>亀田第一病院・整形外科、<sup>2)</sup>亀田第一病院・リハビリテーション科、<sup>3)</sup>亀田第一病院・電気生理検査部

【背景と目的】腰椎疾患の術後や、希ではあるが、人工関節置換術後に発生した下肢神経麻痺の後遺症に苦しむ患者が存在する。足関節HALを用いて下肢神経麻痺を治療した4例の短期治療効果を調査し、3例については電気生理学的検査を施行したので報告する。

【対象と方法】対象は足関節HALによる神経麻痺治療を施行した4例（女性3例、男性1例、年齢58～85歳）。診断は各々腰椎椎間板ヘルニア手術後の左第5腰椎神経麻痺、腰椎変性側弯症と第5腰椎分離迂り症に対する脊椎手術後の両側腰椎坐骨神経麻痺、人工膝関節全置換術後阻血による左腓骨・脛骨神経麻痺、人工股関節全置換術後の右坐骨神経麻痺である。麻痺発生から足関節HAL治療開始までは7ヶ月～20年で、全例2週間の入院で連日午前・午後に足関節HAL治療を施行した。治療前後の徒手筋力テスト(MMT)、time up go(TUG)、10m歩行速度、患者の治療に対する自己評価を調査し、先の3例では術前の神経伝導速度検査と術前後の表面筋電図を解析した。

【結果】前脛骨筋と長母趾伸筋のMMTは3例で改善したが、MMT1～2レベル程度の変化で、最大回復でもMMT3だった。TUGと10m歩行は両側腰椎坐骨神経麻痺の1例でのみ改善した。自己評価で満足は4例中3例で、不満は存在しなかった。術前神経伝導速度検査では2例で短趾伸筋の筋活動電位が計測可能で、1例は波形を導出できなかった。足関節背屈運動時の積分筋電図値は治療前後で変化を認めなかったが、1例で拮抗筋（腓腹筋）の積分値が低下した。

【考察】足関節HAL治療後のMMTや表面筋電図検査では、ごく僅かな改善か、改善なしという結果だった。しかし、これらの客観的評価以上に自覚的満足度が高く、麻痺発生から長時間経過した症例にも、そして80歳以上の高齢者にも自覚的な満足を認めた。足関節HALによる治療では、動作筋運動時の拮抗筋抑制を教育することで麻痺筋の残存筋力を最大限に引き出しており、これが高い患者満足度を認めても客観的検査で差を認めない理由と思われた。一方で、今回用いた客観的検査方法が、患者満足度につながる微細な神経麻痺症状の改善を捉えられなかった可能性もある。特に筋電図検査時の関節運動方法の違いで検査結果が変わる可能性も残されており、本治療後の微細な変化を検出できる筋電図測定方法の工夫も必要と考える。

HAL-SJ による肘関節屈伸運動前後の感覚運動領野の脳活動変化—健常者における脳波を用いた予備的研究—

Effects of brain activities in the sensory-motor cortex before and after elbow flexion-extension exercise using HAL-SJ: A preliminary study using electroencephalography in healthy subjects

草野佑介、小金丸聡子<sup>1)</sup>、島淳<sup>1)</sup>、菊池隆幸<sup>2)</sup>、宮本享<sup>2)</sup>

京都大学医学部附属病院リハビリテーション部、<sup>1)</sup>京都大学大学院医学研究科附属脳機能総合研究センター 神経機能回復・再生医学講座、<sup>2)</sup>京都大学大学院医学研究科脳神経外科学

【目的】我々はこれまで脳卒中や脊髄損傷による上肢麻痺に対しHAL-SJによるトレーニングを行ってきた。その際、「HALを行った後に動かされる感覚が残る」と患者からしばしば伺うことがある。このような患者の主観的経験は、HALの原理であるinteractive biofeedback (iBF) による体性感覚のフィードバックにより、トレーニング後にも運動錯覚が生じている可能性を示唆する。そこで我々は、HAL-SJを用いたトレーニングは、中枢性に運動機能および感覚機能に持続的な影響を及ぼすとの仮説を立て、HAL-SJトレーニング実施前後で運動感覚領野を中心とした脳活動変化について、脳波を用いて検討した

【方法】健常成人3名（男性2名、女性1名、平均年齢29歳）を対象に予備的に計測を行った。下記の3条件において右肘関節屈曲・伸展運動を0.5Hzの音刺激に合わせて100回ずつ実施した。条件1)右肘関節の自動運動（HAL-SJ非装着）、条件2)右肘関節のHAL-SJ補助下での自動運動、条件3)条件2の実施直後に右肘関節の自動運動（HAL-SJ非装着）。HAL-SJの設定は、mode: CVC-gentle, assist gain: 30%, torque limit: 100%, balance: 1:1, Angle: 0-120° とした。3条件での運動実施中の脳波および上肢の運動加速度を同時計測した（脳波：64チャンネル、サンプリング周波数：2kHz、3軸加速度計：右前腕遠位背側に装着）。また、HAL-SJ実施前後で「動かされている感覚」、および「動かしやすさ」について、VASで評価した。解析はMatlabを用いて、各条件実施中の脳波（ $\beta$ 帯域）と加速度計のRMS（Root Mean Square）値のクロススペクトルを計算後、逆フーリエ変換を行い相互相関関数を求めた。運動前30～50ミリ秒の脳活動と右上肢肘関節運動との相関を検討した。

【結果】右上肢肘関節運動と相関を示した脳領域は、HAL-SJ前は、左感覚運動領野および右の後部頭頂野を含め幅広い領域であった。一方、HAL-SJ後に相関を示したのは、左感覚運動領野に局限する傾向があった。VAS評価では、HAL前後で「動かされている感覚」は0で変化はなかった。一方、「動かしやすさ」はHAL前後において、動かしやすくなった1人、変化なし1人、（HAL-SJ中と比較して）動かしにくくなった1人、という結果であった。

【考察】HAL-SJによる右上肢肘関節運動後は、運動と相関する脳領域が減少する傾向があった。HAL-SJ実施後には運動が効率化した可能性が示唆された。一方、健常者では運動錯覚様の感覚変化はなく、患者も含めたさらなる検討が必要であると考えられた。

17 人工膝関節置換術後の膝伸展制限および extension lag の改善における HAL 医療用単関節タイプ（膝関節）の介入効果について

石引秀樹

社会医療法人 孝仁会 北海道大野記念病院

【目的】

Hybrid Assistive Limb（以下、HAL）医療用単関節タイプが医療機器認証され、当院では、脳卒中の急性期リハへHAL医療用単関節タイプを導入し、現在まで多くの症例に使用し、その有用性を実感している。一方で運動器疾患のリハへHAL医療用単関節タイプを運用したいと考えている。

当院において人工膝関節置換術（以下、TKA）が年間50件程度実施されている中で、TKA術後の膝伸展制限およびextension lag（以下、lag）の改善は術後理学療法課題の一つである。膝伸展制限やlagの原因については様々な研究がなされているが、今回、運動器疾患のリハへHAL医療用単関節タイプ（膝関節）の有用性を明らかにする。そこでHALの介入効果を検討するために、HALを用いた介入効果に関する研究についてシステマティックレビュー（以下、SR）の作成を目的とした。

【方法】

対象は健常者を除外した病態を有する患者で医療用単関節タイプ（膝関節）における術後のlag改善の介入効果とした。また、介入はHALを用いた理学療法とし、評価尺度は機能障害とした。研究デザインは無作為化比較試験（randomized controlled trial、以下RCT）および比較臨床試験（controlled clinical trial、以下CCT）とした。査読制度のある学術雑誌の原著論文を対象とした。

データベースは医中誌Webを用いた。検索式は「ロボット and HAL」とした。検索期間は、2017年～2021年の5年間とした。

【結果】

21の論文が同定された。予め設定した研究選択の適格基準に合致した1論文であった。20の論文は、HALを用いた理学療法のうち医療用単関節タイプ（膝関節）と併用した歩行神経筋電気刺激装置またはロボットスーツ（HAL医療用下肢タイプ等）の介入が多かった。また、主な評価指標は歩行速度、筋力（徒手筋力テスト、ハンドヘルドダイナモメーター）バランス、日常生活動作能力であった。研究デザインは症例報告またはCCTが多かった。今回、適格基準に合致した1論文はRCTであった。

【考察】

今回のSRでは、条件に合う報告は1論文であった。内容は人工膝関節全置換術（TKA）術後症例に対するHAL単関節タイプを用いた膝伸展トレーニングの有用性を調査した論文であった。また、HAL介入群は、通常介入群と比較して、痛みの悪化を認めず、早期にExtension Lagの改善を認めたものであった。

介入の有用性が確認されたため、TKA術後の膝伸展制限およびlagの改善が期待できる。また、術後理学療法課題を達成する一助として、運動器疾患のリハへHAL医療用単関節タイプの運用に取り組めるきっかけとなりうる。

野崎壮、渋谷友暉<sup>1)</sup>、森千裕<sup>1)</sup>、有村聖人<sup>1)</sup>

医療法人オアシス 福岡志恩病院 リハビリテーション部、<sup>1)</sup>医療法人オアシス 福岡志恩病院 リハビリテーション部

【目的】人工膝関節全置換術（以下、TKA）後のリハビリテーションの課題に大腿四頭筋筋力低下が挙げられる。それには手術侵襲による炎症、腫脹にて関節内圧の高まりで関節周囲の機械的受容器が反応し、神経系の抑制性反射メカニズムによる関節因性筋抑制（Arthrogenic muscle inhibition：以下AMI）が関与するとされる。HAL-SJはiBF仮説に基づいた神経-筋機能の改善ツールであり、AMIに対して効果を有すると仮説を立て、膝伸展筋力、膝周囲径を調査した。

【方法】対象は初回TKAを施行した124例（72.7歳）。手術日が奇数週をHAL群、偶数週を通常群とし、HAL群では、術後8日目からHAL-SJによる屈伸運動を週3回、術後4週まで実施した。設定は、Standardモードとし、その他は各症例に応じて調整した。調査項目は、体重で除した等尺性膝関節伸展筋力（端座位、膝90°屈曲位、kgf）を術前、術後4週で調査。膝周囲径は膝蓋骨中央・上縁・上縁から5cm近位部を術前、7日、術後4週で調査し、非術側との差を算出した。統計解析は、術前と比較した術後4週での膝伸展筋力変化量（%）、術後7日と比較した術後4週での周囲径変化量（cm）について、HAL群と通常群の比較をt検定にて行った。

【結果】HAL群50/通常群74例、年齢71.7/73.3、BMI26.3/27.1、KL grade3.9/3.9で属性に有意差は認めなかった。伸展筋力は、術前22.6/25.5（ $p=0.058$ ）、4週16.2/16.0

（ $p=0.799$ ）で、変化量は79.0/65.5%（ $p=0.004$ ）であった。周径差は、術前は全ての部位で有意差を認めなかった。7日と4週での変化量は、膝蓋骨中央-1.5/-1.8（ $p=0.183$ ）、上縁-2.3/-1.3（ $p=0.021$ ）、上縁から5cm近位部-2.7/-1.7（ $p=0.031$ ）で、膝蓋骨上縁と上縁から5cm近位部にてHAL群で有意に変化量が大きかった。

【考察】術後8日目から約3週間のHAL-SJ使用により、術前と比較した伸展筋力、術後7日と比較した膝周囲径ともに通常理学療法群よりも大きな変化量が得られた。このことからHAL-SJは単なる筋力増強ツールではなく、腫脹や腫脹により生じるAMIのような機能障害を抑制しうる有効なツールであると考えられる。

頸椎疾患由来の上肢挙上障害に対して単関節 HAL を用いた肩関節運動治療における回復過程の運動学的解析

Kinetic and kinematic analysis of the recovery process during shoulder motion treatment using single-joint HAL in patients with impairment of upper limb elevation due to cervical disorders

門根秀樹、マルゴラフィット<sup>1)</sup>、久保田茂希<sup>2)</sup>、清水如代<sup>3)</sup>、丸島愛樹<sup>4)</sup>、羽田康司<sup>3)</sup>、山崎正志<sup>2)</sup>

筑波大学医学医療系・サイバニクス研究センター、<sup>1)</sup>筑波大学グローバル教育院、<sup>2)</sup>筑波大学医学医療系 整形外科、<sup>3)</sup>筑波大学医学医療系 リハビリテーション科、<sup>4)</sup>筑波大学医学医療系 脳神経外科

【目的】頸椎症に伴う上肢挙上運動障害に対して、筑波大学ではHAL単関節タイプを用いた運動回復治療を行っている。本発表では、その回復過程について運動学的側面から行った解析を報告する。

【方法】解析対象は7例(男5・女2、年齢 $59.3 \pm 6.2$ 歳)である。疾患の内訳は、頸椎術後C5麻痺4例、頸髄損傷1例、頸椎症性筋萎縮症1例、術後脊髄硬膜外腫瘍1例である。単関節HALを用いた肩関節運動治療は安定した自動挙上運動(MMT4)を得るまで入院及び外来にて実施した。表面電極は三角筋前方線維へ貼付した。各訓練セッションにおいて、HALを装着した反復挙上訓練時および非装着での自動挙上時における運動を3次元動作計測装置(VICON)と無線表面電位計測装置(Delsys Trigno)により同期記録した。運動は挙上可動域角度と肩すくめ量(Acromion Elevation、AE)を算出し、筋活動は三角筋と僧帽筋に注目して共活動指標(Co-Activation Index、CAI)とHAL装着時の筋活動調整比(Adjustment Ratio、RA)を算出して回復過程における変化を解析した。RAはHAL装着による三角筋の増加率を僧帽筋の増加率で割ることにより算出した。

【結果】HALセッション回数と期間は平均13回、23週であった。自動可動域と三角筋筋力はPRE→POSTで $40.4^\circ \rightarrow 112.4^\circ$  ( $p < 0.01$ )、1~2→3~4( $p < 0.01$ )と改善した。セッション全体を通してHAL装着によりCAIは減少し( $0.33 \rightarrow 0.15$ 、 $p < 0.01$ )、筋活動は三角筋、僧帽筋ともに減少し(減少率32.5%、52.3%、 $p < 0.01$ )、僧帽筋は三角筋より大きく減少した( $p < 0.05$ )。RA、CAI、AEは開始直後3セッション(A)、可動域90度に至る直前の3セッション(B)、終了直前3セッション(C)で、ともにA→Bで変化を認めず( $p > 0.05$ )、B→Cで減少を認めた( $p < 0.05$ )。

【考察】上肢挙上運動は肩甲上腕リズムとして説明される複数筋の協働活動を伴う複雑な運動である。三角筋麻痺の患者においては僧帽筋の過活動を伴う肩すくめ様の代償運動が発生しやすい。本解析においてHALにより代償運動を抑制した三角筋主動の肩関節運動を訓練できることを示した。HALの運動補助が複数筋の協調制御を司る脳神経系への作用を有する可能性があることが考察された。

20 パーキンソン病関連疾患に対する HAL®腰タイプ自立支援用を用いたリハビリの効果と効果に影響を与える患者特性の検討

岩田祥、山口啓二（医師）<sup>2)</sup>、後藤剛（理学療法士）<sup>1)</sup>

社会医療法人 杏嶺会 一宮西病院 リハビリテーション科、<sup>1)</sup>社会医療法人 杏嶺会 一宮西病院 リハビリテーション科、<sup>2)</sup>社会医療法人 杏嶺会 一宮西病院 神経内科

【はじめに】

当院では、2020年11月よりHAL®腰タイプ自立支援用（以下、腰HAL）を導入し、パーキンソン病関連疾患を中心に腰HALを用いたリハビリを実施した。多くの症例で能力の向上がみられたが、効果を示さない症例も散見した。そのため、本研究の目的は、腰HAL用いたリハビリによる起立・歩行能力の効果を調査することと効果を得られやすい患者特性を調査することとした。

【方法】

当院に2020年11月～2021年9月に腰HALを使用したリハビリ目的に入院し、腰HALを用い、起立訓練などを10セッション実施したパーキンソン病関連疾患患者30名を対象とした。

10セッション実施前後に歩行能力の指標として10m歩行速度、起立能力の指標として30秒立ち上がりテスト（以下、CS-30）を実施し、実施前後を比較した。

患者特性を性別、年齢、疾患名、罹病歴、認知症症状の有無、重症度分類としてmodified Rankin Scale（以下、mRS）、動作能力の指標としてFunctional Ambulation Categories（以下、FAC）を抽出した。

CS-30が2回以上改善した患者を改善群（15名）、2回以上改善しなかった患者を非改善群（15名）とし、患者特性の群間比較を行った。

統計処理としてはstudent-t検定、カイ二乗検定、マンホイットニーU検定を用い、有意水準を5%未満とした。

【結果】

10セッション実施前後で10m歩行速度が0.14m/sec(0.77→0.91m/sec)、CS-30が1.8回(8.13→9.97回)の改善がみられた。

FAC4,5が改善群で11名、非改善群で6名、FAC3,2,1,0が改善群で4、非改善群で9名であり、改善群で非改善群に比べ、FAC4以上の割合が有意に高値であった( $p < 0.05$ )。

また、その他の患者特性では有意な差はみられなかった( $p > 0.05$ )。

【まとめ】

パーキンソン病関連疾患に対し、腰HALを実施することにより起立・歩行能力の向上がみられた。また、本研究の結果より歩行が自立している症例でより腰HALの効果が得られやすい可能性が示唆された。しかし、本研究は患者特性のデータが不十分であることや患者数が少ないため、今後更なる調査などが必要であると思われる。

21 人工膝関節全置換術後に対する超早期リハビリに HAL®医療用単関節タイプを用いた 2 症例 -安全性の検討-

渡部貴也、村松僚太<sup>1)</sup>、仙石拓也<sup>1)</sup>、水野雄伸<sup>1)</sup>、櫻井吾郎<sup>1)</sup>、吉田信也<sup>1)</sup>、五十嵐健太郎<sup>2)</sup>、八幡徹太郎<sup>3)</sup>、土屋弘行<sup>2)</sup>

金沢大学附属病院 リハビリテーション部、<sup>1)</sup>金沢大学附属病院 リハビリテーション部、<sup>2)</sup>金沢大学附属病院 整形外科、<sup>3)</sup>金沢大学附属病院 リハビリテーション科

【目的】人工膝関節全置換術（Total Knee Arthroplasty；TKA）後4時間以内の超早期リハビリテーションは、有害事象なく膝関節可動域や歩行機能の改善に有用との報告がある。今回、TKA後にHAL®医療用単関節タイプ（以下：HAL-SJ）を用いた超早期リハビリテーションを施行した2症例を経験したため、その経過と安全性について報告する。

【方法】症例1：左変形性膝関節症の70歳代男性，BMI 19.9kg/m<sup>2</sup>。術前の膝関節可動域（屈曲/伸展）は95° /-5° であった。症例2：左変形性膝関節症の70歳代女性，BMI 23.8kg/m<sup>2</sup>。術前の膝関節可動域は130° /-5° であった。術後の疼痛管理は一般的なTKA後と同様に手術時にロピバカインを用いた内転筋管ブロックをブラインドにて施行し，術後翌日までオピオイドの静注，術後7日目までセレコキシブを経口投与した。超早期リハビリテーションは，術後4時間以内にHAL-SJを用いて膝関節屈曲伸展運動を仰臥位にて10回×5セット実施した。

【結果】膝関節の疼痛評価は，HAL介入中および術後翌日に行い，症例1は NRS0→0，症例2はNRS1→1であった。大腿周径（術後翌日→術後7日）は，膝蓋骨上縁において症例1：39.0cm→44.0cm，症例2：37.5cm→42.0cmであった。膝関節可動域は，術後3週目に症例1：120° /0° ，症例2：105° /0° であった。また，両症例とも術創部の離開は認めなかった。

【考察】ロピバカインの持続時間は，約5.5時間と報告されており両症例とも超早期リハビリテーションにおけるHAL-SJ介入中の膝関節の疼痛は少なかった。先行研究から平均年齢74.1歳の男女14名の一般的なTKA後7日目の大腿周径は膝蓋骨上縁1cm上で平均43.5cmと報告されている。また，久保田らは超早期リハビリテーションを実施したTKA後3週目の膝関節可動域について，平均で屈曲109° ，伸展-1.7° と報告した。対象症例は先行研究と同等の大腿周径と膝関節可動域の改善を有した。よって，対象症例においてTKA後の超早期HAL-SJ介入は疼痛増悪や可動域制限，腫脹などを助長せず，安全に実施できることが示唆された。今後は症例数を増やし，HAL-SJを用いた超早期リハビリテーションの安全性や有効性を更に検証していく。

# memo

---

第10回 日本脳神経 HAL<sup>®</sup> 研究会  
プログラム抄録集