

ロボットリハビリテーションの 現状と近い未来

筑波大学 医学医療系 脳神経外科

助教 渡邊 大貴

博士(医学) 認定理学療法士(脳卒中)

本日の内容

- ① ロボットリハビリテーションとは？
- ② ロボットリハビリテーションの現状
- ③ ロボットリハビリテーションの近い未来

運動量增加機器加算

【技術の概要】

関節の屈曲・伸展を補助する医療機器

- A) 上肢・歩行訓練支援ロボット または
B) 機能的電気刺激 (FES : functional electrical stimulation)
機器を使用したリハビリテーションを行う。

【対象疾患】

脳卒中、脊髄損傷等による上肢・下肢の運動機能障害
推定対象者数 上肢11,000人・歩行7,000人 FES 90,000人

【有効性】

効率的な機能回復には、最適な難易度での十分量の反復運動が必要である。ロボットおよびFESは、運動の難易度調整、再現性、持続性に優れ、療法士の訓練を補完する。

＜脳卒中治療ガイドライン2015＞

上肢機能障害に対するリハビリテーション

動作反復を伴う訓練

グレードB

歩行障害に対するリハビリテーション

FES、歩行補助ロボットを用いた訓練

グレードB

【既存の治療法との比較】

療法士の徒手補助による訓練
下肢装具を使用した歩行訓練

反復量少ない
難易度調整困難

ロボットによる最適難易度の反復運動
FESによる筋収縮補助

運動量増加
訓練の効率化

期待される効果

- ✓ より高い上肢機能（臨床的に有意な最小変化量 MCID : minimal clinically important difference）達成
および歩行能力獲得によるQOL向上
- ✓ 早期の目標達成による在院日数短縮
- ✓ 下肢装具のサイズダウンによる療養費削減
長下肢装具→短下肢装具、短下肢装具→FESへの移行

【診療報酬上の取扱】

脳血管疾患等または運動器リハビリテーション料 1 単位当たり

A) 50点 B) 20点 加算

1日上限3単位、算定開始から60日まで

A) 上肢訓練支援ロボット

ReoGo-J
帝人ファーマ株式会社



システムティック
レビュー

CoCoroe AR2
株式会社安川電機



上肢機能改善
(Neurorehabil Neural Repair, 2017)

A) 歩行訓練支援ロボット

ウェルウォーク WW-1000
トヨタ自動車株式会社



4080
歩行速度、歩行機能改善
(Biomed Res Int, 2018)

B) 機能的電気刺激機器

ウォークエイド
帝人ファーマ株式会社



L300フットドロップシステム
パシフィックメディカル
ブリッジ株式会社



筋痙縮減弱、立位バランス、歩行速度改善
(J Rehabil Med, 2018)

- ✓ ロボットリハビリテーションとは？
- ✓ ロボットリハビリテーションの現状
- ✓ ロボットリハビリテーションの近い未来

ロボットリハビリテーションとは？

■ ロボットの定義

「センサー」、「知能・制御系」および「駆動系」の

3つの要素技術を有する、智能化した機械システム

(NEDOロボット白書2014の定義)

ロボットリハビリテーション・・・

ロボット(機械システム)を使用したリハビリテーション

ロボットリハビリテーションとは？

■ 医療分野

医療機器として承認されたロボットが多く存在する。

代表的なものに、手術支援ロボット「**ダヴィンチ**」、
装着型サイボーグHALがある。



(大阪市立総合医療
センター HPより引用)

■ 介護分野(自立支援用)

- ①移乗介助支援、②移動支援、③排泄支援
- ④認知症の方など見守り支援、⑤入浴支援

そもそも、なぜ、
ロボットが必要なのか？

超高齢社会

高齢者が増える = 要介護者が増える

少子 = 世話をする人がどんどん減る



少子高齢化に伴って、急増する要介護者、寝たきり
高齢者・患者への対応は、社会や家族による負担を
強いる「重介護問題」として深刻な社会問題である

未来を開く Society 5.0

国の「科学技術基本計画」では、

①狩猟社会, ②農耕社会, ③工業社会, ④情報社会に続く,

“科学技術イノベーションが先導する超スマート社会” 実現への

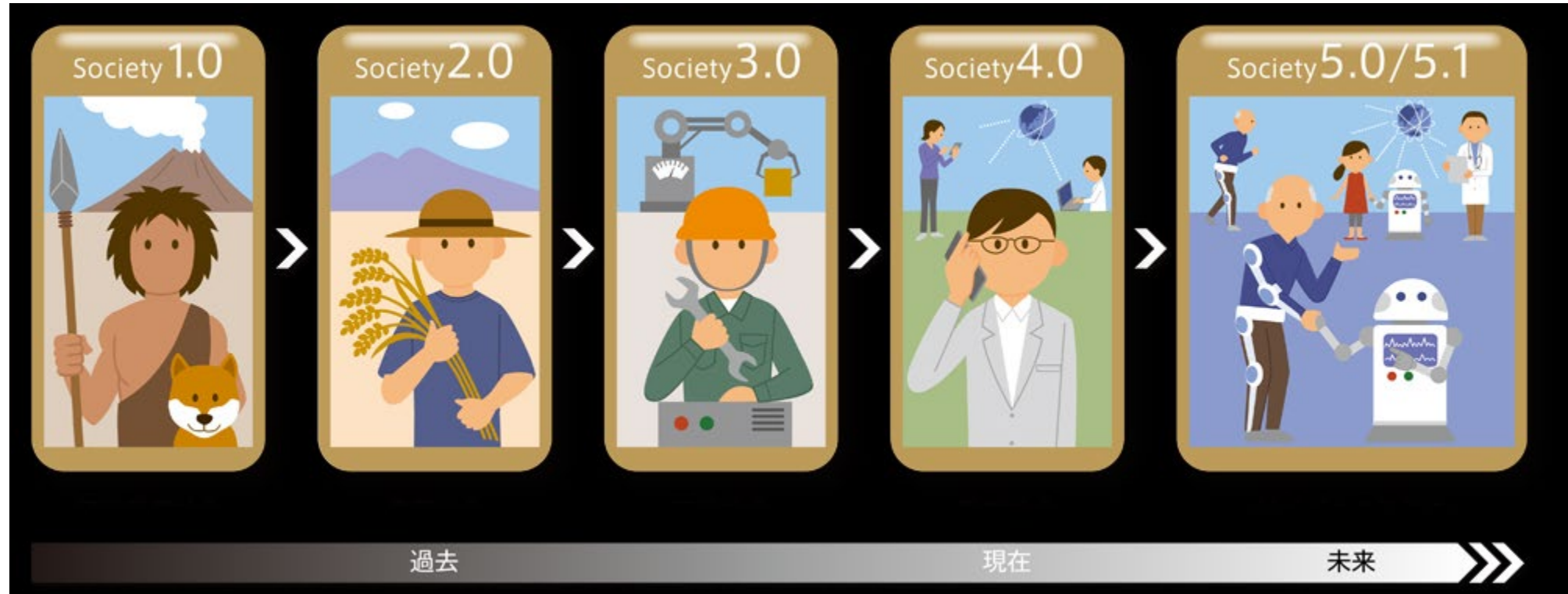
取り組みを「Society 5.0」と名付けた。

情報社会と物理空間が融合した超スマート社会

Society 5.0で実現する社会



社会変革/人類社会のうつりかわり



人、ロボット、情報系を中心として異分野を融合複合した新領域(サイバニクス)による
Society 5.0/5.1の推進 = **人とテクノロジーが共生する未来社会**

- ✓ ロボットリハビリテーションとは？
- ✓ ロボットリハビリテーションの現状
- ✓ ロボットリハビリテーションの近い未来

ロボットリハビリテーションの現状

【3つのテーマ】

1. 様々なロボットの種類
下肢用ロボット、上肢用ロボット
2. ロボットリハの有用性と限界
明らかになっていること、なっていないこと
3. 人の役割について
リハ専門職や保健・医療・福祉の関係者は
ロボットとどう向き合うべきか

現状の前に・・・

ロボットリハの歴史

ORIGINAL ARTICLE

Global, Regional, and Country-Specific Lifetime Risks of Stroke, 1990 and 2016

The GBD 2016 Lifetime Risk of Stroke Collaborators

N Engl J Med. 2018 Dec 20;379(25):2429–2437.

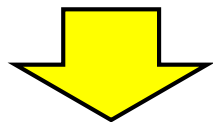
グローバル疾病負担調査：Global Burden of Disease (GBD) Study 2016

25歳以降の脳卒中の世界的な生涯リスクは約25%であった

4人に1人が生涯、脳卒中を発症するリスクがある

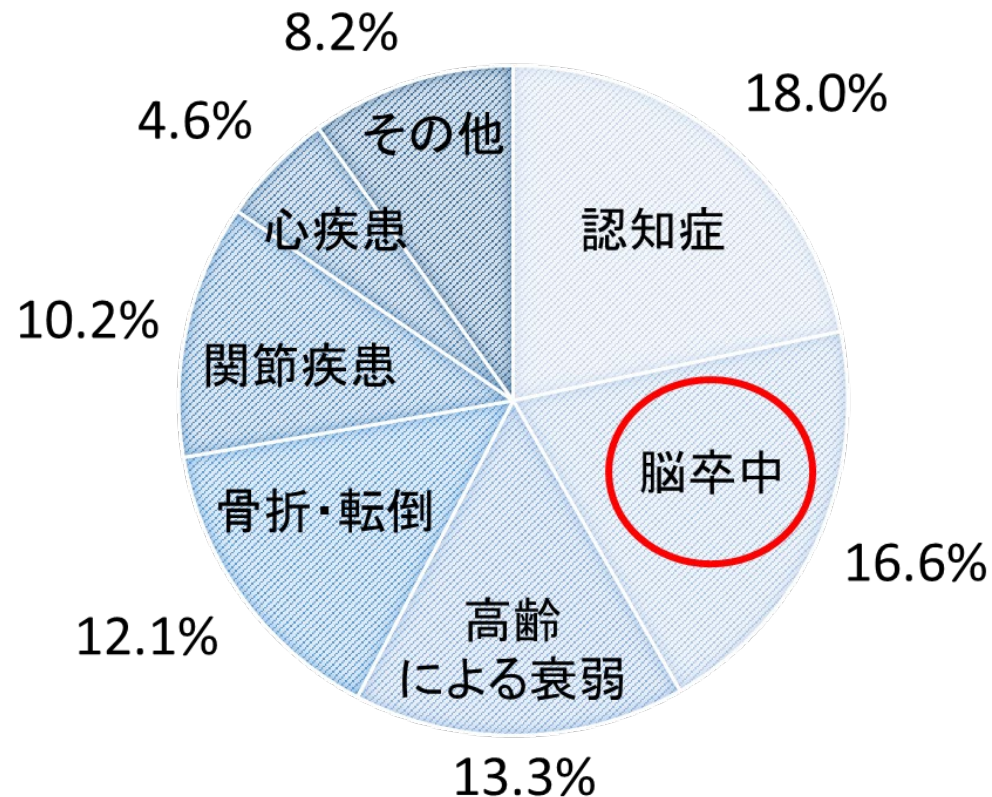
【脳卒中の病態】

- ・運動麻痺
- ・感覚障害
- ・歩行障害
- ・高次脳機能障害



- 脳卒中は後遺症が残る
- 在宅復帰や社会復帰が困難

【介護が必要となった原因】



図：介護が必要となった原因
(平成28年 国民生活基礎調査より引用，一部改変)

脳卒中治療ガイドライン2015

脳卒中患者の歩行障害に対するリハビリテーションにおいて
歩行や歩行に関連する下肢訓練の量を多くすることは
歩行能力の改善のために強く勧められる（グレードA）

トレッドミル訓練は歩行可能な脳卒中患者の歩行速度や
耐久性を改善するので勧められる（グレードB）

歩行補助ロボットを用いた歩行訓練は発症3カ月以内の
歩行不能例に勧められる（グレードB）

体重免荷トレッドミルトレーニング (Finch 1991)

Body Weight Supported Treadmill Training (BWSTT)

自力で下肢を振り出せない場合には、
患者の下肢ステップング動作を理学療法士が
徒手的に繰り返し再現する

脊髄損傷、脳卒中、パーキンソン病、
脳性麻痺などの様々な疾患に応用されている



BWSTTの様子

BWSTTの利点

- ✓ 下肢への免荷は脳卒中患者の**早期歩行練習を可能**にする
- ✓ 体幹ベルトを使用するため、**十分な転倒予防が可能**である
- ✓ 平地歩行練習と比較して**大きな歩幅、歩数が確保**できる

BWSTTの問題点

- ✓ セラピストの負担によりトレーニング時間に限界がある
- ✓ 動作の再現性に乏しい
- ✓ 関節角度やアシスト量などの変数を一定に統制することが困難である

ロボット技術を用いた歩行練習

外骨格型



Lokomat

Hocoma社 (hocomma.com)

エンド
エフェクター型



Gait Trainer

Reha-Stim社 (reha-stim.com)



アシスト量の調整により、反復した歩行練習が可能

ロボット技術を用いた練習：期待される効果

- ✓ モーターの駆動により、**トレーニングセッションの増加と動作の安定性**が見込まれる
- ✓ ロボット技術を用いた歩行では、**下肢の関節角度**などが**良く制御**できる（**再現性**）
- ✓ 装置の安全性により、患者は**早期より歩行練習の実施が可能**である
- ✓ 患者は転倒のリスクを負うことなく、**自然な歩容の獲得に集中**することができる（セラピストも安心できる）

ロボットリハビリテーションの現状

【3つのテーマ】

1. 様々なロボットの種類
下肢用ロボット、上肢用ロボット
2. ロボットリハの有用性と限界
明らかになっていること、なっていないこと
3. 人の役割について
セラピストやトレーナーはロボットとどう向き合うべきか

ちょっとその前に・・・

歩行自立度の評価（FAC）

FAC (Functional Ambulation Category) とは

歩行不能	0 非機能的歩行者 まったく歩けない, あるいは2人の療法士の援助が必要
重度介助	1 歩行者, 身体的介助に依存「レベルⅡ」 体重の支持, バランスの保持, あるいは協調運動の支援に連続した手の接触が必要
軽度介助	2 歩行者, 身体的介助に依存「レベルⅠ」 バランスあるいは運動協調性を支援するために, 間欠的あるいは連続的な軽いタッチが必要
監視歩行	3 歩行者, 監視に依存 他者の手による接触なしに平面を歩けるが, 安全性あるいは言葉による手掛かりのためすぐ近くに1人の監視者が必要
屋内自立	4 歩行者, 自立 (平面のみ) 平面を自立して歩けるが, 階段や斜面を通るときには監視者が必要
屋外自立	5 歩行者, 自立 階段を含めて, どこでも自立して歩くことが可能

(中村ら (2011) より引用, 一部改変)

様々なロボットの種類



RE-Gait® (リゲイト)

株式会社スペース・
バイオ・ラボラトリーズ



Honda歩行アシスト

本田技研工業



WPAL

アスカ株式会社



Ekso GT

Ekso Bionics 27

様々なロボットの種類



装着型サイボーグHAL

サイバーダイ
ン
株式会社



Gait Trainer

Reha-Stim 社



Lokomat

Hocoma 社



Welwalk(ウェルウォーク)

トヨタ自動車
株式会社

脊髓損傷

脊髄損傷者への歩行補助ロボット(WPAL)

✓ 2013年よりリハビリテーション病院向けに販売を開始（研究目的）

WPAL
Wearable power-Assist Locomotor

- ・「内側系機構」の採用により、**車いすに乗ったままの着脱**ができる。
- ・ **専用の歩行器**と組み合わせて使用する。



- ・ カフ位置を簡便に調整することで複数のユーザーが使用できる。
- ・ ユーザーごとの**最適な歩行パターン**が作成できる。

脊髄損傷者への歩行補助ロボット(WPAL)

研究紹介！

【対象】：軽介助で歩行が可能な**対麻痺者12名**（神経学的レベル：**Th 6～10**）

【介入】：装具およびWPALを装着し、快適歩行速度で連続歩行を実施した

【アウトカム】：連続歩行時間・距離、FAC（歩行自立度）

【結果】：連続歩行時間・距離ともに**WPAL歩行の方が有意に長かった**。装具歩行では介助や監視を必要としたが、**WPALを用いた歩行では全例で自立であった**。



WPALを用いた歩行は、装具歩行よりも**長時間、長距離の歩行が可能であり、歩行時の介助量も少なく、実用的である**。

平野 哲・他：対麻痺者の歩行再建における歩行補助ロボット WPAL と股継手付き両長下肢装具の比較.
Jpn J Compr Rehabil Sci; 6: 1-5, 2015.

脊髄損傷者用歩行アシスト装置 (ReWalk)

- ✓ 2015年より販売を開始した。(病院向けはリースも可能)
- ✓ 「個人向け」と「病院向け」の2タイプがある。

重量: 22kg (バッテリー含む)
動作時間: 連続歩行で最大3時間

- ・ 対象は、対麻痺患者
(Th 5～7残存)
- ・ 簡単装着・操作
装着はストラップだけ。
腕時計型端末と補助杖で
自然な歩行を実現できる。



- ・ 体幹の傾きセンサーで動きを制御する
- ・ 個人に合わせてサイズや歩行スピードをカスタマイズできる

導入: 基礎トレーニング(20時間)と応用トレーニング(最低20時間)を受けた後に、生活圏内で利用が可能である

和田 太: 外骨格型ロボット装具による対麻痺の歩行再建. 日本義肢装具学会誌 2015; 31(2): 86-90.

<http://www.e-mechatronics.com/cocoroe/rewalk/>

自立支援用歩行ロボット:まとめ

脊髄損傷対麻痺患者

歩行補助ロボット
WPAL

歩行アシスト装置
ReWalk



長時間、長距離歩行が可能
活動範囲の拡大、QOLの向上

通常リハビリテーションで必要なこと

【脊髄損傷対麻痺患者】

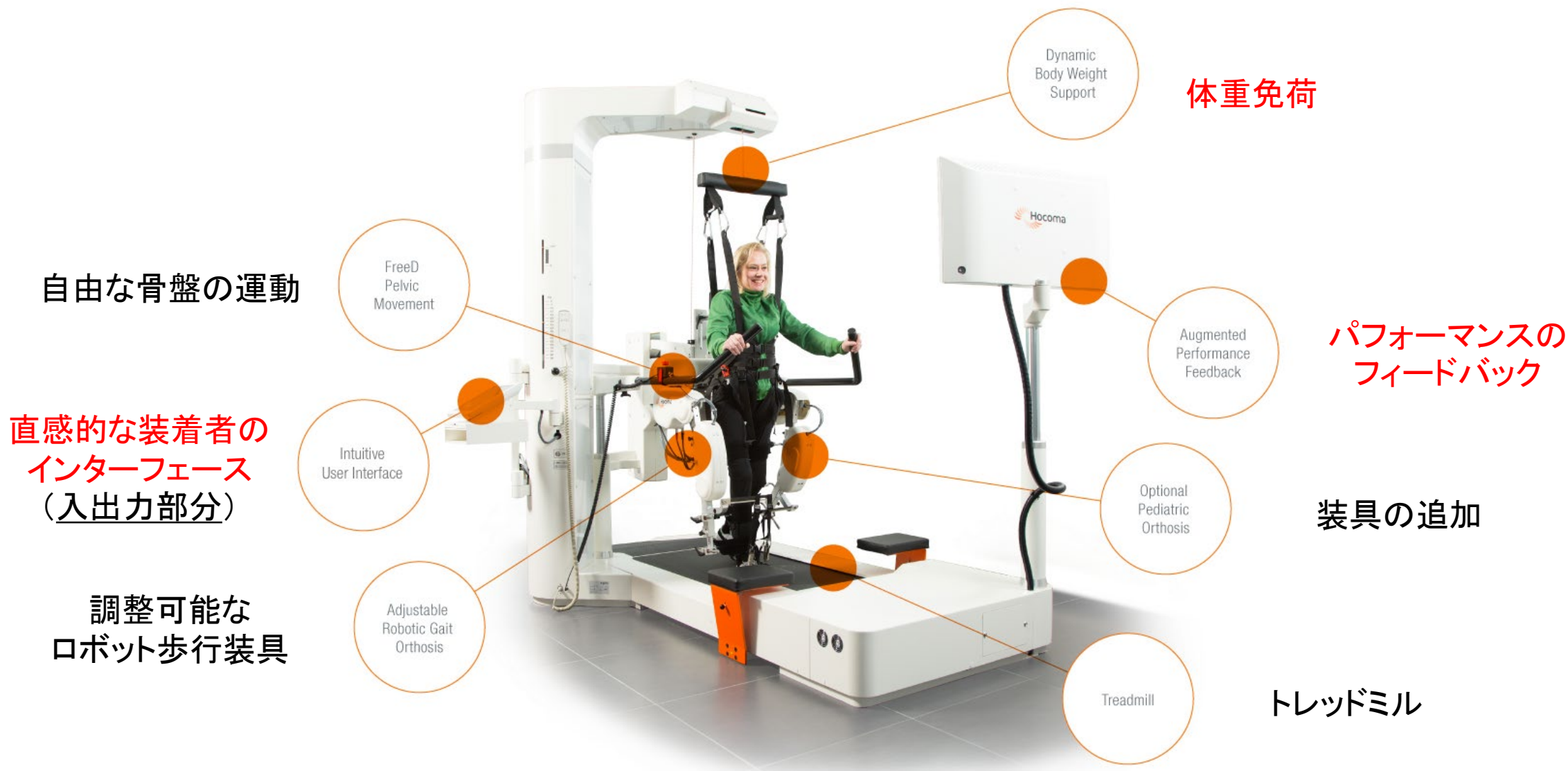
- ✓ 車いす操作、杖や歩行器の操作
- ✓ 床上動作（転倒した際にも必要になる）
- ✓ バランス練習（床から物を拾う動作）
- ✓ 立位、歩行練習（杖や歩行器、下肢装具などを使用した歩行練習）

+ α

杖や歩行器の高さ調整、**皮膚の観察**、疼痛の有無、疲労感、**翌日の筋肉痛の有無**などを特に確認する必要がある

脳卒中、脊髄損傷、脳性麻痺、多発性硬化症、パーキンソン病など

Lokomat (ロコマット)



Lokomat（ロコマット）

【海外での使用状況】

- ✓ 1999年、Hocoma社（スイス）が開発した
- ✓ 主に欧米を中心に全世界で70機以上の販売実績あり（2005年）
- ✓ 現在は、全世界の642の病院や研究機関等で1000機の販売実績あり

【本邦での使用状況】

- ✓ 2005年に国立障害者リハビリテーションセンター研究所に導入された（日本で第1号）

Gait Trainer GT II (ゲイトトレイナー)の特徴

エンド
エフェクター型

- ・ セットアップの時間がかからない
- ・ ステップの長さ、治療時間、速度、
順方向/逆方向、体重免荷を制御する
直感的なタッチスクリーンによる操作



- ・ 生理学的な横方向および垂直方向の体重移動、**股関節の伸展のサポートが可能**
- ・ 比類のない価格性能比
(実際の価格は不明)

Gait Trainer GT II (ゲイトトレイナー)

【海外での使用状況】

- ✓ 具体的な記載なし
- ✓ エンドエフェクターベースのトレーニングは、従来の治療法よりも優れており、特に片麻痺患者のための外骨格ベースのトレーニングよりも優れている
- ✓ 過去20年間の幅広いベースの研究によって、歩行能力、歩行速度、および下肢筋力の改善が報告されている

【本邦での使用状況】

- ✓ なし

Welwalk(ウェルウォーク)

【本邦での使用状況】

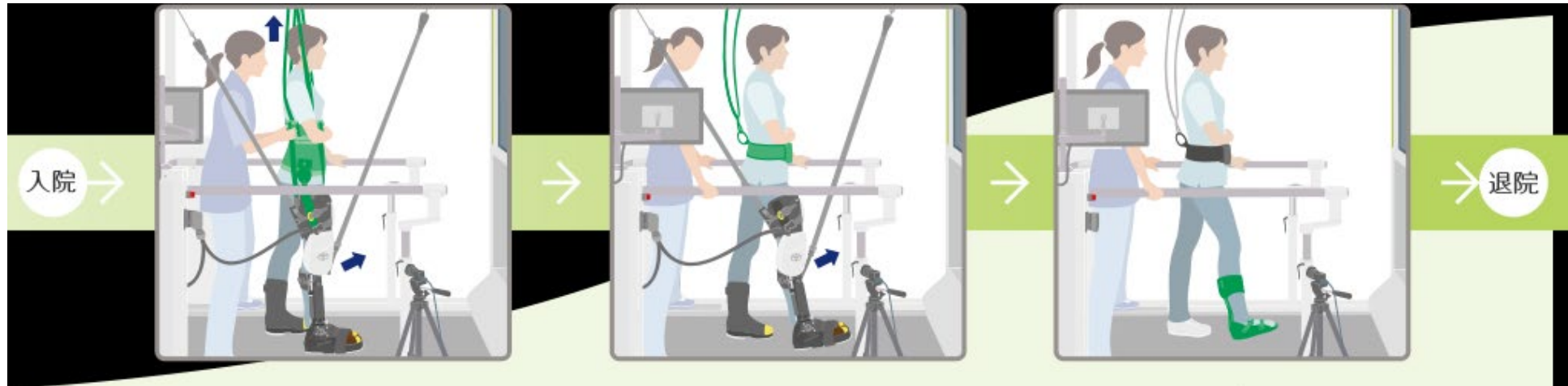
- ✓ 2017年より医療機器(能動型展伸・屈伸回転運動装置)としてレンタルを開始
- ✓ ウェルウォーク WW-1000は、約80施設で利用されている
- ✓ 2020年2月よりウェルウォーク WW-2000の納入を開始(本体:2,350万円)

【海外での使用状況】

- ✓ 不明

Welwalk(ウェルウォーク WW-2000)

患者の状態に応じたリハビリテーションを提供



ウェルウォークによる練習
初期

【重度】

体重を免荷する体幹支持
ハーネス、ヒップジョイント
の使用により、重度麻痺の
患者でも練習が可能。

ウェルウォークによる練習
中期～後期

【重度～中等度】

転倒防止ハーネス着用に
より安全を確保したうえで、
練習課題を提供できる。

装具での練習

【重度～中等度】

ロボット脚を装着せずに
トレッドのみでの練習が可能。
フィードバック機能を活用しな
がら、楽しく、より自然な歩行
を目指す。

Welwalk(ウェルウォーク WW-2000)の特徴

【フィードバック機能】

多様なフィードバック機能で、患者自身による**歩行状態の確認**と、
患者の**モチベーション維持**をサポートできる。



前額面+COP表示



足元+接地目標位置



矢状面+基準線



姿勢フィードバック

歩行状態を正面モニタの表示や音でお知らせ。

治療者だけでなく、患者様ご自身でも歩行状態を確認いただけます。

研究紹介！ GEARは、**脳卒中の異常歩行を改善**させる

Abstract ▼

Top Stroke Rehabil. 2020 Mar;27(2):103-109. doi: 10.1080/10749357.2019.1660080. Epub 2019 Sep 4.

The effect of using Gait Exercise Assist Robot (GEAR) on gait pattern in stroke patients: a cross-sectional pilot study.

Katoh D¹, Tanikawa H², Hirano S³, Mukaino M³, Yamada J¹, Sasaki S¹, Ohtsuka K², Katoh M¹, Saitoh E³.

Full text links



Save items

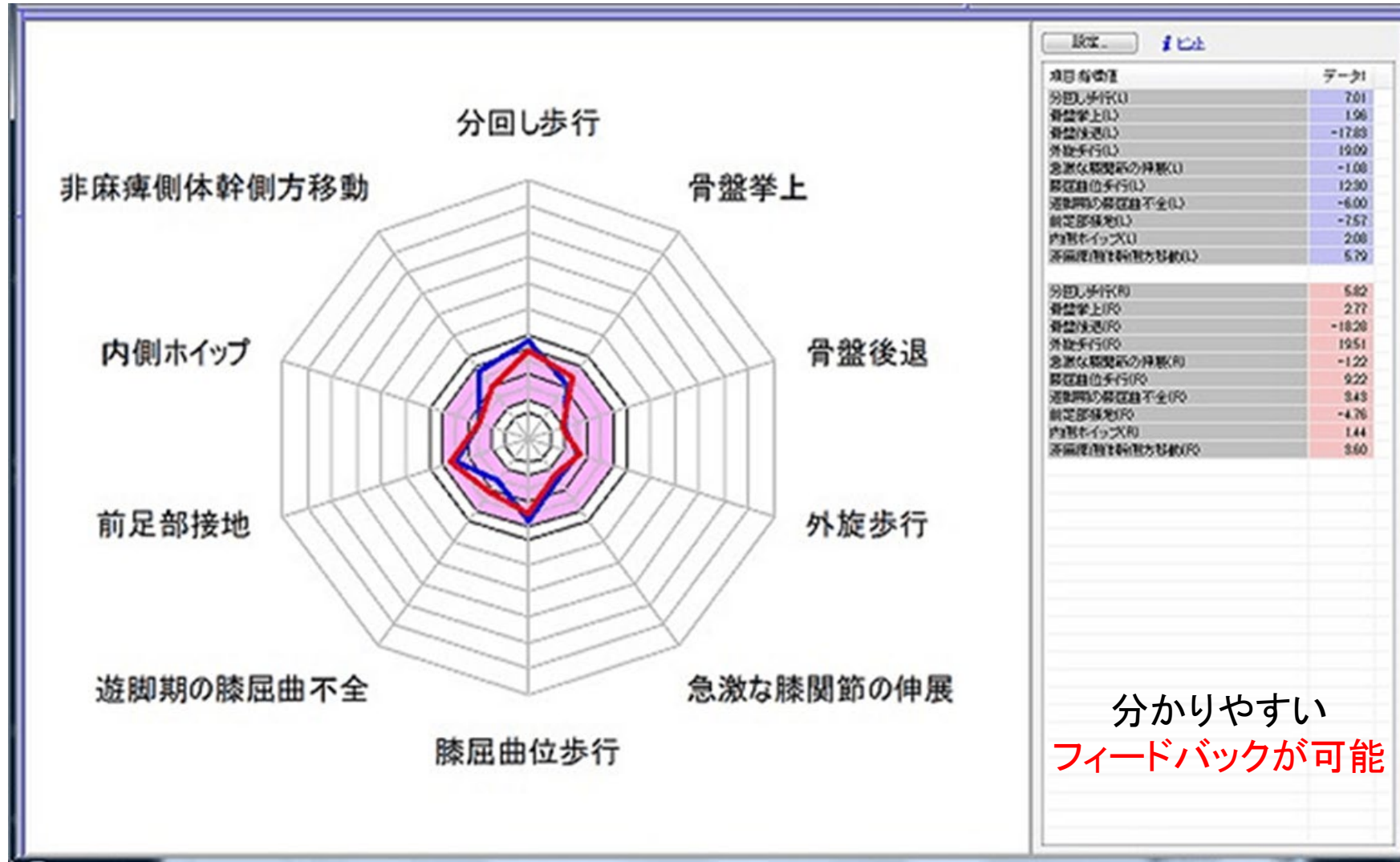
★ Add to Favorites ▼

GEAR群の方が、**遊脚期の膝屈曲不全、骨盤挙上、非麻痺側への体幹側方移動**が有意に少なかった。
加えて、**快適歩行速度、ストライド、非麻痺側の歩幅**が有意に改善した。



脳卒中片麻痺者の**異常歩行を改善させる治療**となる可能性が示唆された。

例) 歩行解析 グラフ化



10種類の異常歩行に分類して重症度を定量化し健常からの乖離をグラフ化します。

運動量増加機器加算(新設)

Welwalk(ウェルウォーク): 保険適用①

令和2年度の診療報酬改定にて、ウェルウォークWW-1000、WW-2000が「**運動量増加機器**」として**保険適用の対象**となった。

【対象患者】

脳卒中又は脊髄障害の**急性発症に伴う**上肢または下肢の**運動機能障害**を有する患者

【算定可能な施設基準】

脳血管疾患等リハビリテーション料(Ⅰ)(Ⅱ)

【算定点数】

150点

Welwalk(ウェルウォーク):保険適用②

【加算条件】「診療報酬の算定方法の一部改正・・・(通知)」一部抜粋

医師、理学療法士又は作業療法士のうち1名以上が、患者の運動機能障害の状態を評価した上で、脳血管疾患等リハビリテーションに運動量増加機器を用いることが適当と判断した場合であって、当該機器を用いたリハビリテーション総合実施計画を作成した場合に、1回に限り算定する。ただし、当該機器の使用に有効性が認められ、継続すべき医学的必要性が認められる場合に限り、発症日から起算して2月を限度として月1回に限り算定できる。なお、この場合においては、医学的な必要性について診療報酬明細書の摘要欄に記載すること。

当該加算を算定する場合には、適応疾患、発症年月日、運動障害に係る所見、使用する運動量増加機器の名称及び実施期間の予定をリハビリテーション総合実施計画書に記載し、その写しを診療録等に添付すること。

運動量増加機器加算(新設)

2020年4月～

● 上肢訓練支援ロボット

- ・ 帝人ファーマ株式会社: ReoGo[®]-J
- ・ 株式会社安川電機: 上肢リハビリ装置 CoCoroe AR²
- ・ 株式会社安川電機: 前腕回内回外リハビリ装置 CoCoroe PR²



● 歩行訓練支援ロボット

- ・ トヨタ自動車株式会社: ウェルウォークWW-2000、WW-1000



● 歩行神経筋電気刺激装置を用いたリハビリテーション

- ・ 帝人ファーマ株式会社: ウォークエイド
- ・ 伊藤超短波株式会社: 歩行神経筋電気刺激「NM-F1」
- ・ フランスベッド: フットドロップ・システム NESS L300



2020年5月～

運動量増加機器加算(新設)

● 上肢訓練支援ロボット

- ・ インターリハ株式会社:タイロモーション アマデオ(手・指のリハビリテーション)
- ・ インターリハ株式会社:タイロモーション ディエゴ(腕・肩のリハビリテーション)



アマデオ



ディエゴ

HAL®医療用「単関節タイプ」

● 上肢訓練支援ロボット

- CYBERDYNE株式会社: HAL®医療用単関節タイプ（能動型展伸・屈伸回転運動装置）
- ✓ 2020年7月8日付で医療機器としての認証を取得し、7月10日付で厚生労働省に保険申請を行った。
- ✓ 海外では、欧州での医療機器認証（2019年10月）を取得済み。



Honda歩行アシスト

【本邦での使用状況】

- ✓ 非医療機器として扱っている
- ✓ 2015年11月より歩行訓練機器として法人向けリース販売を開始した
- ✓ 約250施設で利用されている（2019年1月時点）

【海外での状況】

- ✓ 欧州：2018年1月に医療機器指令「Medical Device Directive / CE Marking」認定済み
- ✓ 米国：2019年1月にFDAから市販前届出「Premarket Notification」認証を取得済み

HONDA歩行アシストを用いた歩行練習は 回復期脳卒中片麻痺者の**快適歩行速度を改善**させる

【対象】：**回復期**脳卒中片麻痺者40名、FACが2以上の方。

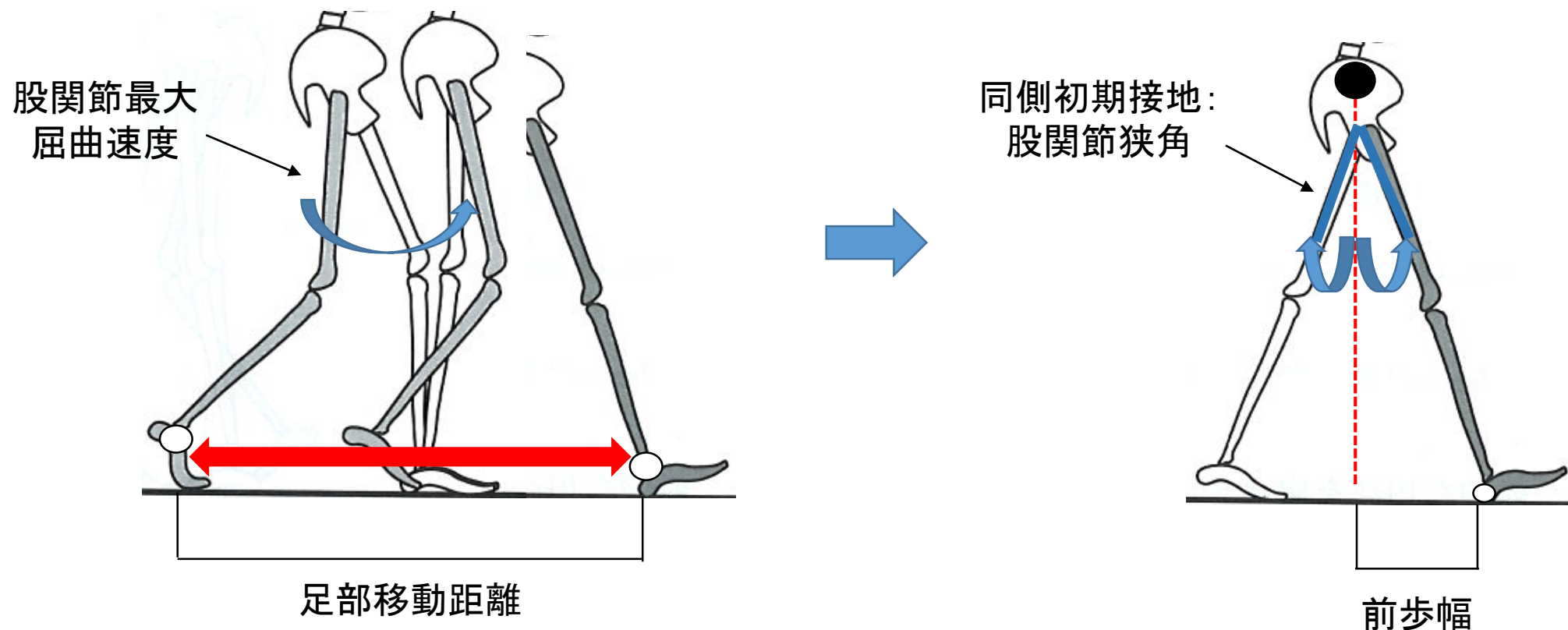
【介入】：介入群は歩行アシストを使用した歩行練習を20分間を週5回（4週間）と通常の理学療法を40分間実施した。

【比較】：対照群は通常の歩行練習を20分間と通常の理学療法を40分間実施していた（ヒストリカルコントロール）。

【アウトカム】：快適歩行速度、TUG、BBS、FIM

【結論】：**介入群の方が**対照群よりも**快適歩行速度が有意に改善**した。

Honda歩行アシスト 股関節運動の誘導



- ✓ 本機器により、麻痺側、非麻痺側ともに**股関節最大屈曲速度が増加した**
- ✓ 足部移動距離を増やすことができた者では、前歩幅も増加した

本機器による**前歩幅の増加の程度がresponderを見分ける基準**となる可能性

生活期脳卒中患者に対するHonda歩行アシストの有効性

RESEARCH

Open Access



Effects of a wearable exoskeleton stride management assist system (SMA®) on spatiotemporal gait characteristics in individuals after stroke: a randomized controlled trial

研究紹介！

【ランダム化比較試験】

Carolyn Buesing^{1†}, Gabriela Fisch^{1†}, Megan O'Donnell¹, Ida Shahidi^{1†}, Lauren Thomas^{1†},

両群で歩行速度、歩幅、歩行率、時間空間的因子の改善を認めた
SMA群の方が麻痺側歩幅の増加、時間的対称性が改善していた

Honda歩行アシスト:まとめ

【分かっている効果】

- ✓ 脳卒中片麻痺者(FAC2以上)の**快適歩行速度を改善**させる（渡邊ら 2016）
- ✓ **歩行パターンを対称化**できる（大畑ら 2011）
 - ➡ **麻痺側の単脚立脚期**（非麻痺側の遊脚期）を延長させることができる

【分かっている適応患者】

- ✓ **非対称性の歩行を呈する**脳卒中片麻痺者
 - ➡ 麻痺側の遊脚時間が非麻痺側の遊脚時間の1.5倍以上ある者（大畑ら 2012）
- ✓ **麻痺側初期接地時の股関節狭角の変化が得られる者**（大畑 2017）

大畑光司：歩行再建 歩行の理解とトレーニング. 2017年、三輪書店、P208-241.

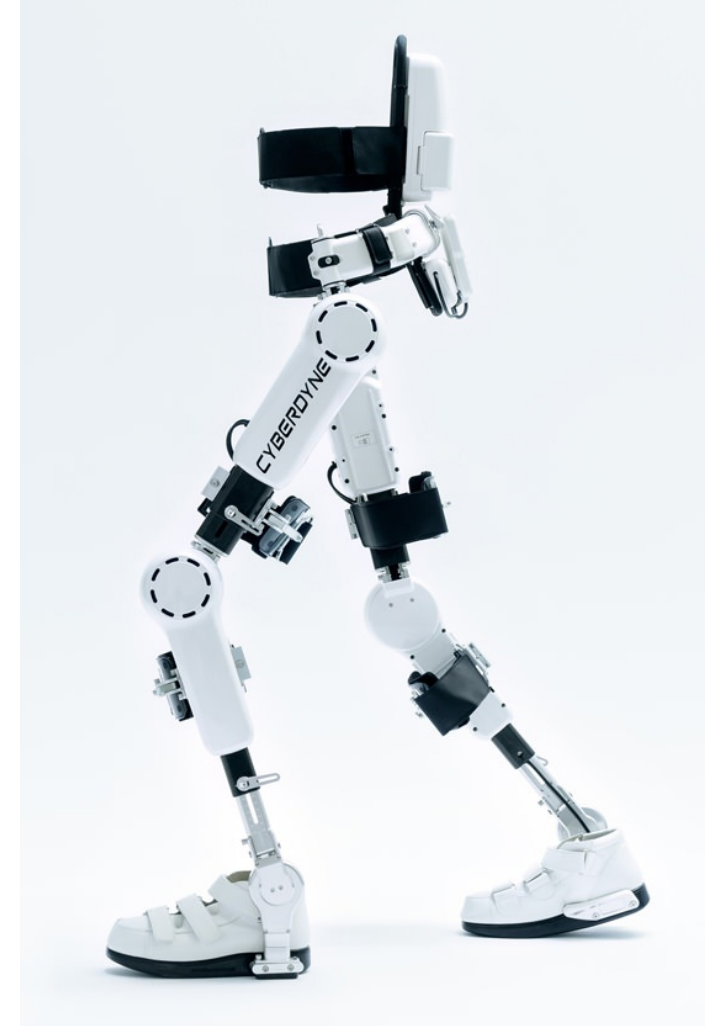
大畑光司・他：ホンダ製歩行アシスト装置による脳卒中後片麻痺患者における歩行時の同時収縮の減少. Jpn J Rehabil Med 49 (Suppl): S216, 2012.

装着型サイボーグHAL®

■ 装着者の運動意図に基づいて制御を行う

サイバニック随意制御 (Cybernic Voluntary Control)

→ 本人の意思に従った随意的な動作が実現できる



HALの変遷

(Lee 2005, Suzuki 2007)

【本邦での使用状況】

1991年頃から筑波大学大学院システム情報工学研究科の山海らによって研究を開始。

1998年にはプロトタイプのHAL 1号機が完成した。

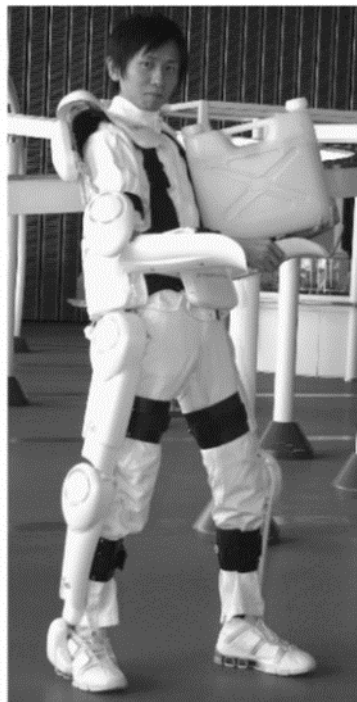
2008年よりロボットスーツHAL福祉用として介護・福祉施設でのリース販売が開始された。



HAL-1 Type-B
(1996-1999)



HAL-3
(1999-2003)



HAL-5 Type-B
(2005 -)



HAL-5 Type-C
(2006 -)



HAL福祉用
(2008 -)



HAL臨床研究用
(2016 -)

インタラクティブバイオフィードバック仮説

① 運動意図
(歩きたい！)

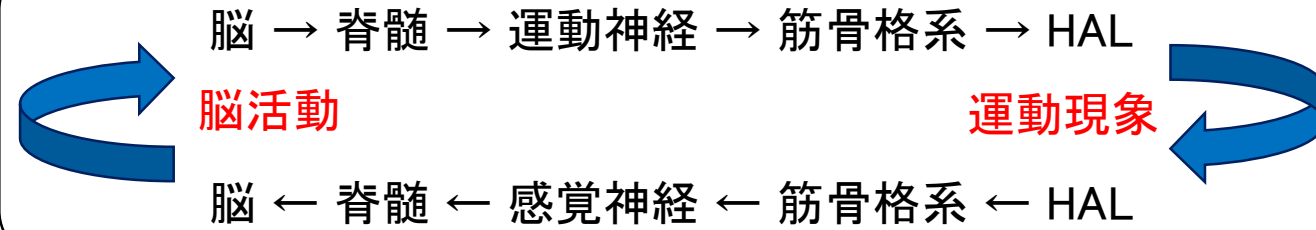
② 信号を受けとる
(神経・筋骨格系)

③ 信号を読み取る
(HALのセンサー)

④ 動く
(運動アシスト)

⑤ フィードバック
(歩けた！！)

インタラクティブバイオフィードバック仮説 (中枢・末梢系の機能改善が促進される仮説)



脳・神経・筋活動を促進し、

運動学習効果が高い可能性



HAL治療の現状(国内)

【神経・筋難病疾患】

2016年より、以下の緩徐進行性の**神経・筋難病疾患(8疾患)**が**保険収載の対象**となった。

- 脊髄性筋萎縮症
- 球脊髄性筋萎縮症
- 筋萎縮性側索硬化症
- シャルコー・マリー・トゥース病
- 遠位型ミオパチー
- 封入体筋炎
- 先天性ミオパチー
- 筋ジストロフィー

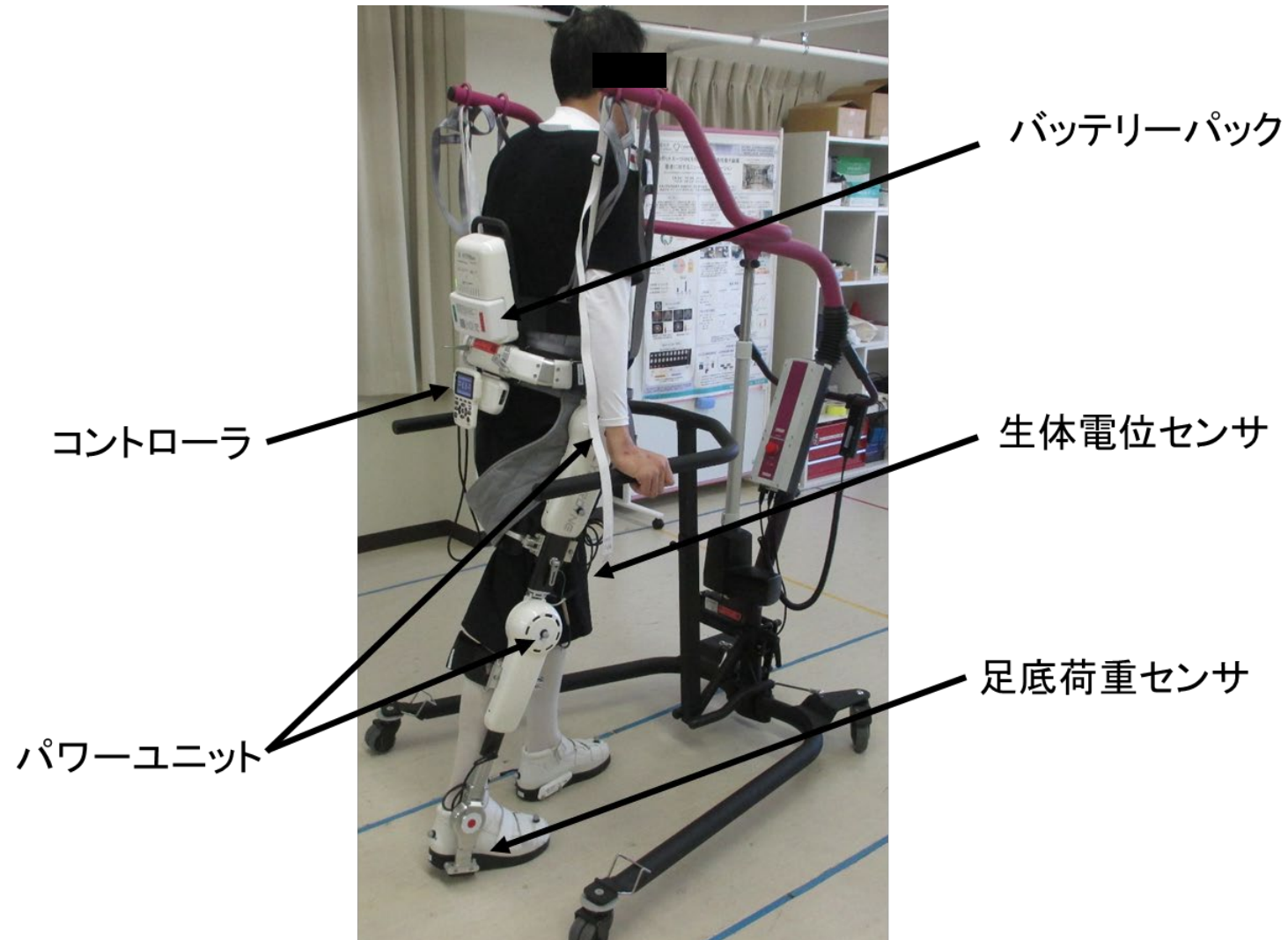
【脳卒中患者】

2016年9月より医療機器承認のための**医師主導治験**(治験調整医師:筑波大学 脳神経外科 鶴嶋 英夫准教授)が開始となっている。

海外でのHALの使用状況

- 【欧州】: 2013年に**医療機器認証**を取得し、ドイツでは医療用HALを利用した治療に**公的労災保険**が適応され、1回当たりのHAL治療の診療報酬である500ユーロ（約6万5000円）× 60回の治療費全額（約400万円）がカバーされている
- 【米国】: 2017年12月、米国食品医薬品局（FDA）による**医療機器承認**を取得
- 【中東】: 2017年にサウジアラビアの**医療機器製造販売の承認**を取得し、2019年3月より**脊髄損傷患者に対するサイバニクス治療が展開**されている
- 【アジア太平洋地域】: 2019年マレーシアで**医療機器の承認**を取得、フィリピン、ブルガリアにおいてもサイバニクス治療が展開されている。
2020年4月、**タイFDAの医療機器承認**を取得している。

ロボットスーツHAL[®]

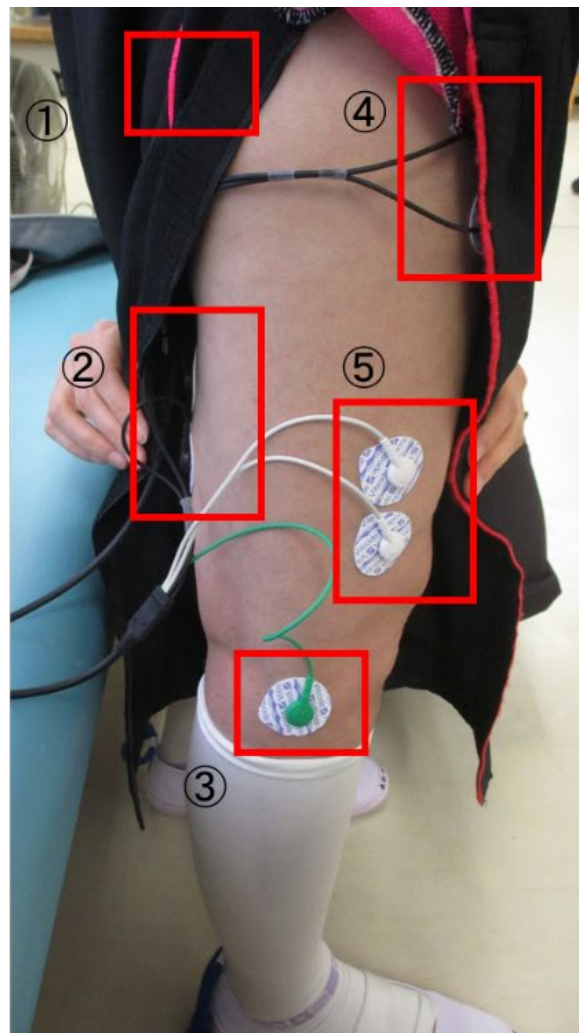


電極貼付

①股関節伸展筋群
(大殿筋)

②膝関節屈曲筋群
(大腿二頭筋)

③基準電極
(腓骨頭)

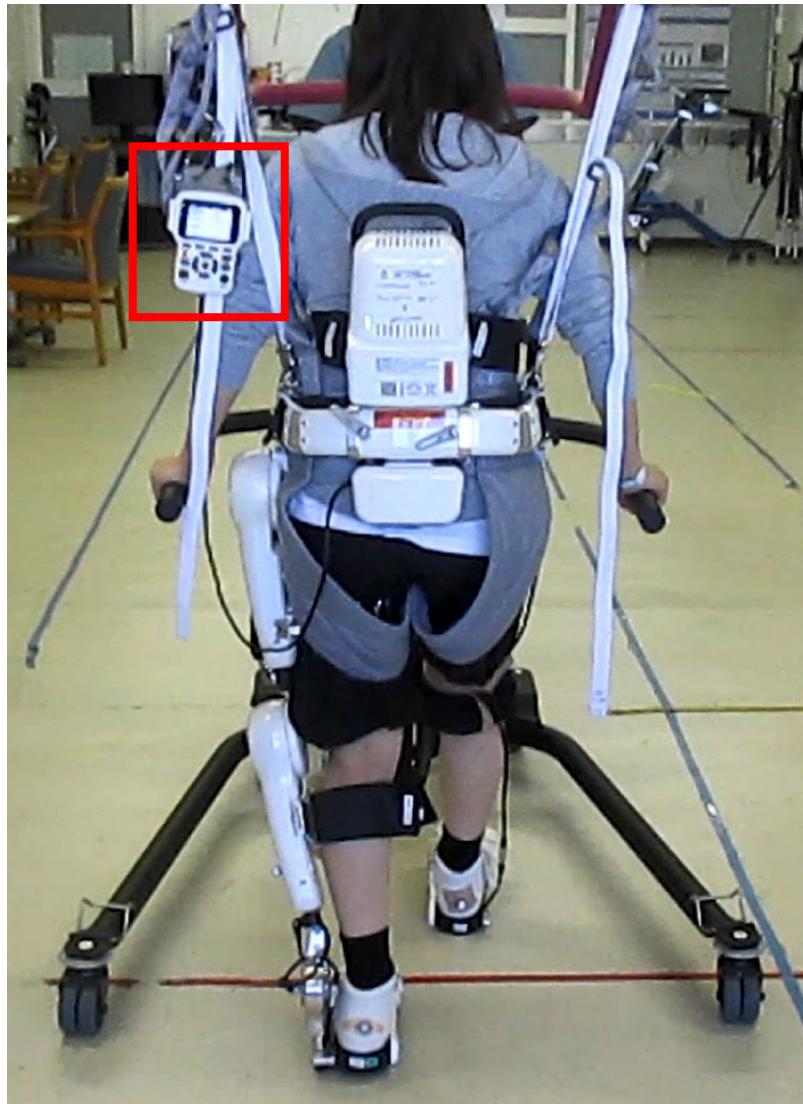


④股関節屈曲筋群
(大腿直筋)

⑤膝関節伸展筋群
(外側広筋)

合計: 9つの電極を使用

生体電位信号



アシストトルク・バランスの調整

足底荷重



麻痺側

非麻痺側



麻痺側

非麻痺側

HAL歩行治療の適応症例およびQOL, 気分や感情に対する効果の検討

【対象】: 回復期脳卒中片麻痺者24名、FACが0～3の方。

【介入】: 介入群: HAL治療を週3回合計12回(4週間)

コントロール群: 通常の平地歩行練習を週3回合計12回(4週間)実施した。
その他は通常のリハを実施した。

【アウトカム】: 歩行評価指標(FAC、最大歩行速度)、FIM、SF-8、POMS など。

【結論】: HAL治療は歩行自立度を改善させる治療法の1つとなるが、重度片麻痺や
複数の高次脳機能障害を呈する症例はHALの適応とはなりにくい可能性がある。

HAL歩行治療の適応症例およびQOL, 気分や感情に対する効果の検討

【効果】

- ✓ HAL歩行治療は歩行自立度を改善できる
- ✓ 健康関連QOLの中でも、特に身体機能に関するQOL、抑うつ-落込みなど気分を改善させる可能性が示唆された



HAL装着前には自信喪失感を伴った抑うつが強く、慣れないロボットを装着すること(新しい治療)に対する精神的な負担が考えられた。
HAL装着者を安心させ、自信をもってもらえるような声かけや十分な説明と同意等が重要である。



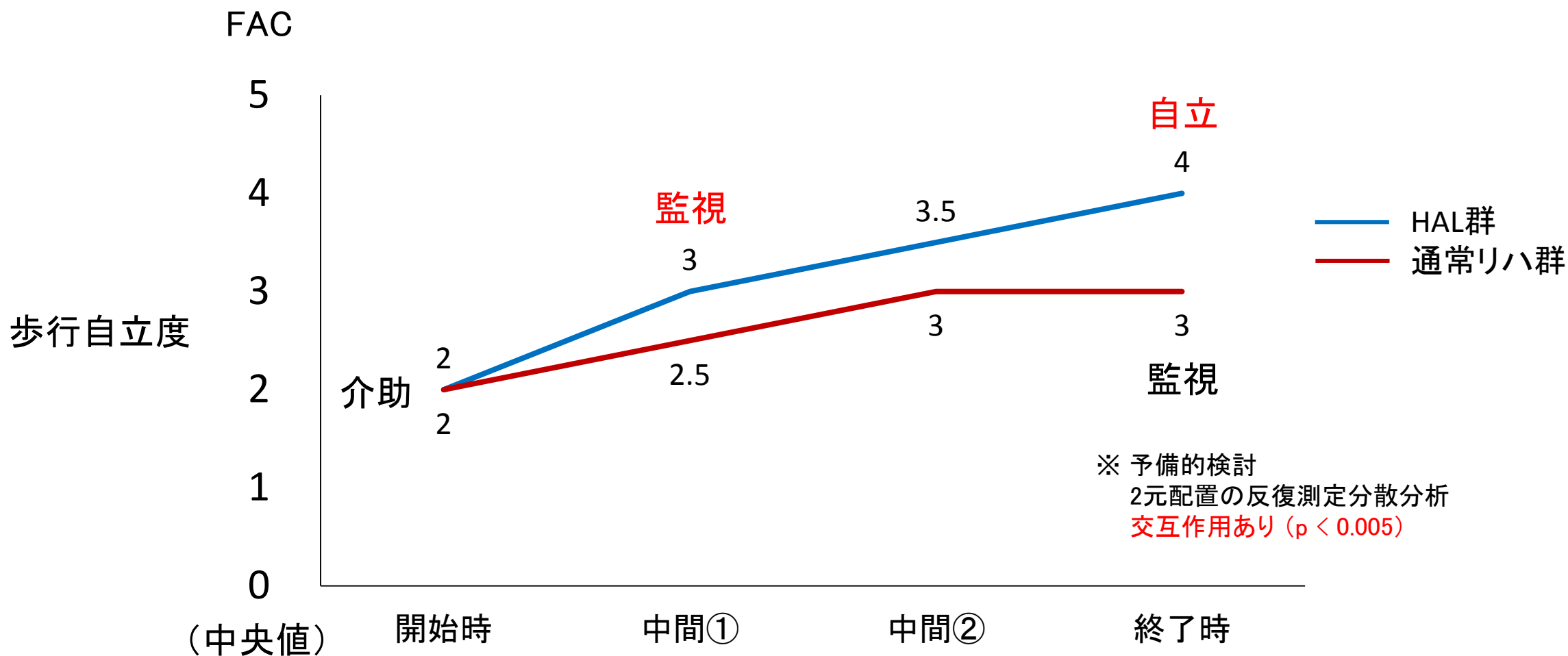
Effects of Gait Treatment With a Single-Leg Hybrid Assistive Limb System After Acute Stroke: A Non-randomized Clinical Trial

Hiroki Watanabe^{1,2}, Aiki Marushima^{3*}, Hideki Kadone¹, Tomoyuki Ueno⁴, Yukiyo Shimizu⁴, Shigeki Kubota⁵, Tenyu Hino³, Masayuki Sato³, Yoshiro Ito³, Mikito Hayakawa³, Hideo Tsurushima³, Tomoya Takada⁶, Atsuro Tsukada⁶, Hiroyuki Fujimori⁷, Naoaki Sato⁷, Kazushi Maruo⁸, Hiroaki Kawamoto¹, Yasushi Hada⁴, Masashi Yamazaki⁵, Yoshiyuki Sankai¹, Eiichi Ishikawa³, Yuji Matsumaru³ and Akira Matsumura³

【非ランダム化比較試験】

HAL歩行治療の効果を多施設のデータと比較した

急性期脳卒中片麻痺者に対するHAL歩治療は、 歩行自立度を改善させる



筋活動や脳活動の変化

筋活動や麻痺側下肢協調性の変化

筋シナジー: 複数の筋の同時活動

HAL治療後に**下肢の筋シナジーパターンの対称性が改善した**

HAL治療後に麻痺側下肢の協調性が改善し、**健常者に類似したパターンに変化した**

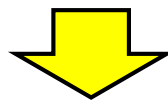
(Tan CK, et al. *Front Neurosci*, 2018)

(Puentes S, et al. *Front Neurosci*, 2018)

脳活動(fNIRS)の変化

HAL単関節を用いた運動直後に**対側半球の1次運動野における皮質活動が増大した**

(Saita K, et al. *PLoS One*, 2018)



HAL治療により、**筋活動や脳活動を変化させる可能性**が考えられる
しかし、HAL治療のメカニズムの検証には、更なる研究が必要である

HAL腰タイプ(介護・作業支援)



<http://recrea.jp/topics/archives/406>

重量
3.0kg



<https://www.traicy.com/20170123-NRTcyberdyne/hal>

HAL腰タイプ(自立支援用)



HAL腰タイプ自立支援用の装着効果

Journal of Clinical Neuroscience 66 (2019) 226–230



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Clinical Neuroscience

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jocn



Clinical study

Effects of a lumbar-type hybrid assistive limb on cardiopulmonary burden during squat exercise in healthy subjects



Hiroki Watanabe^{a,b}, Akira Koike^{c,d,*}, Yo Joon Pak^c, Longmei Wu^c, Hiroshi Kubota^e, Hiroto Konno^f, Akira Sato^c, Hiroaki Kawamoto^a, Akira Matsumura^b, Kazutaka Aonuma^c, Yoshiyuki Sankai^a, Masaki Ieda^c

HAL腰タイプの使用により心肺運動負荷が軽減した

HAL腰タイプ自立支援用の装着効果

【心肺運動負荷の軽減】

Effects of a lumbar-type hybrid assistive limb on cardiopulmonary burden during squat exercise in healthy subjects

【対象】：健常者12名

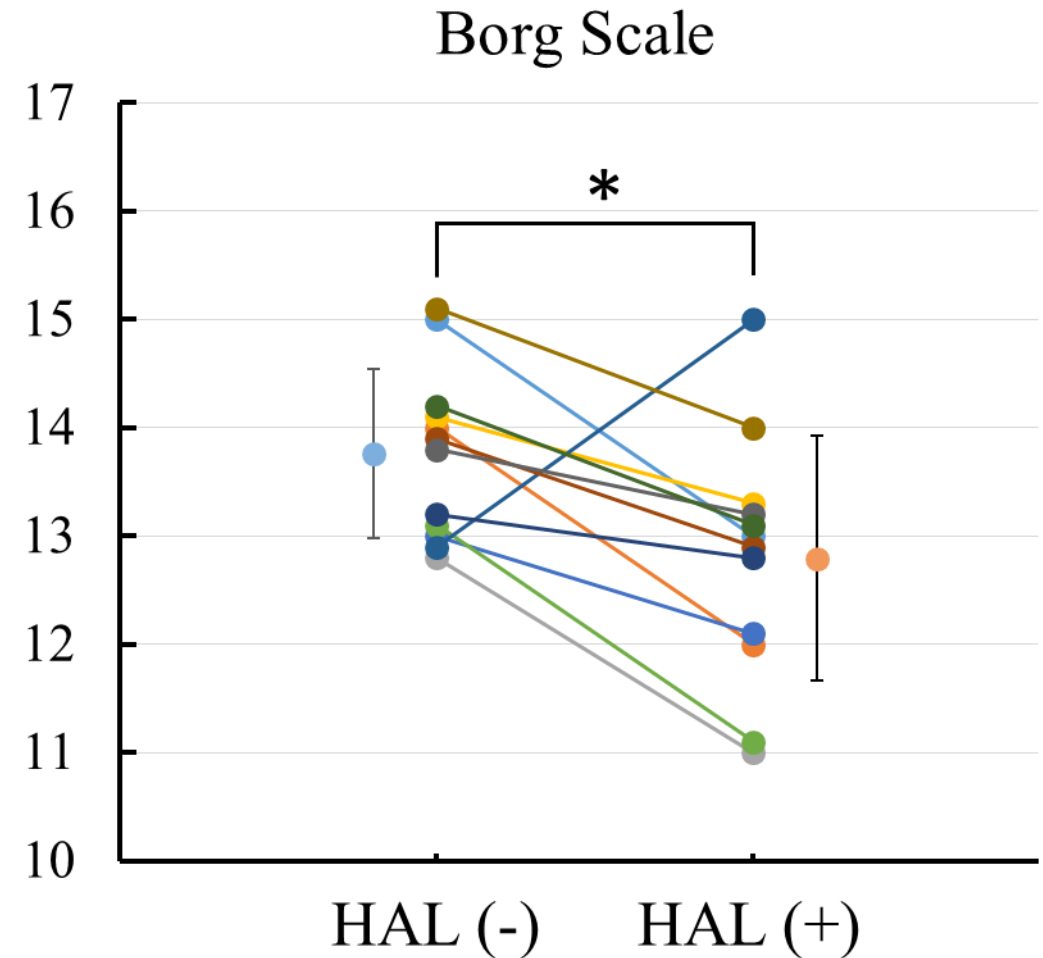
【方法】：HAL腰タイプ自立支援用（以下、腰HAL）を装着した状態（HAL +）と装着しない状態（HAL -）でスクワット運動中の心肺運動負荷を計測した。

【結果】：腰HAL使用で酸素摂取量、ボルグ指数が有意に低下した。低活動な健常者においては、酸素摂取量に加え、二酸化炭素排出量、換気量においても有意に低下した。

【結論】：健常者に対する腰HALを使用したスクワット運動の実施は、通常のスクワットに比べて自覚・他覚的にも低強度な運動になることが明らかとなった。

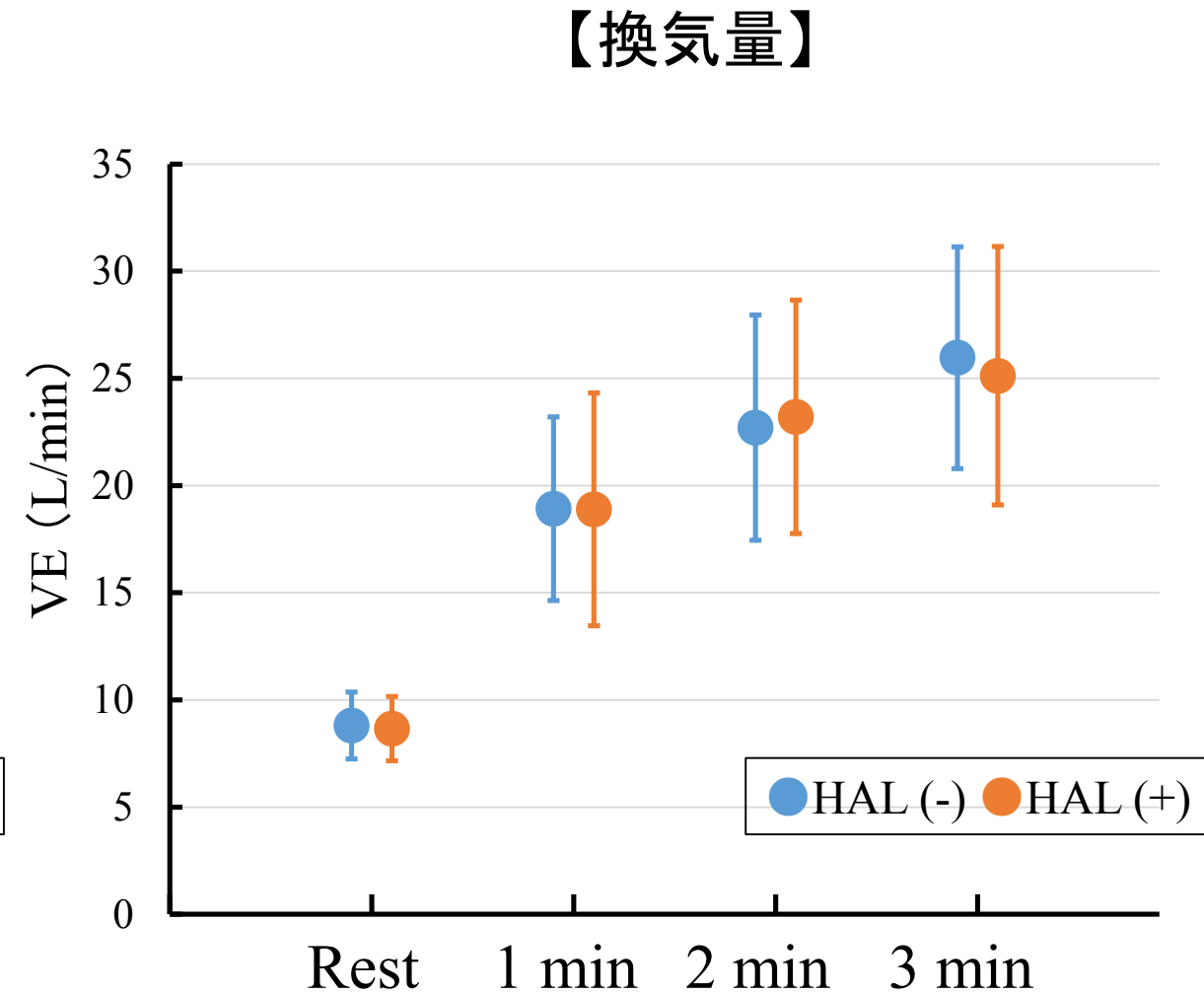
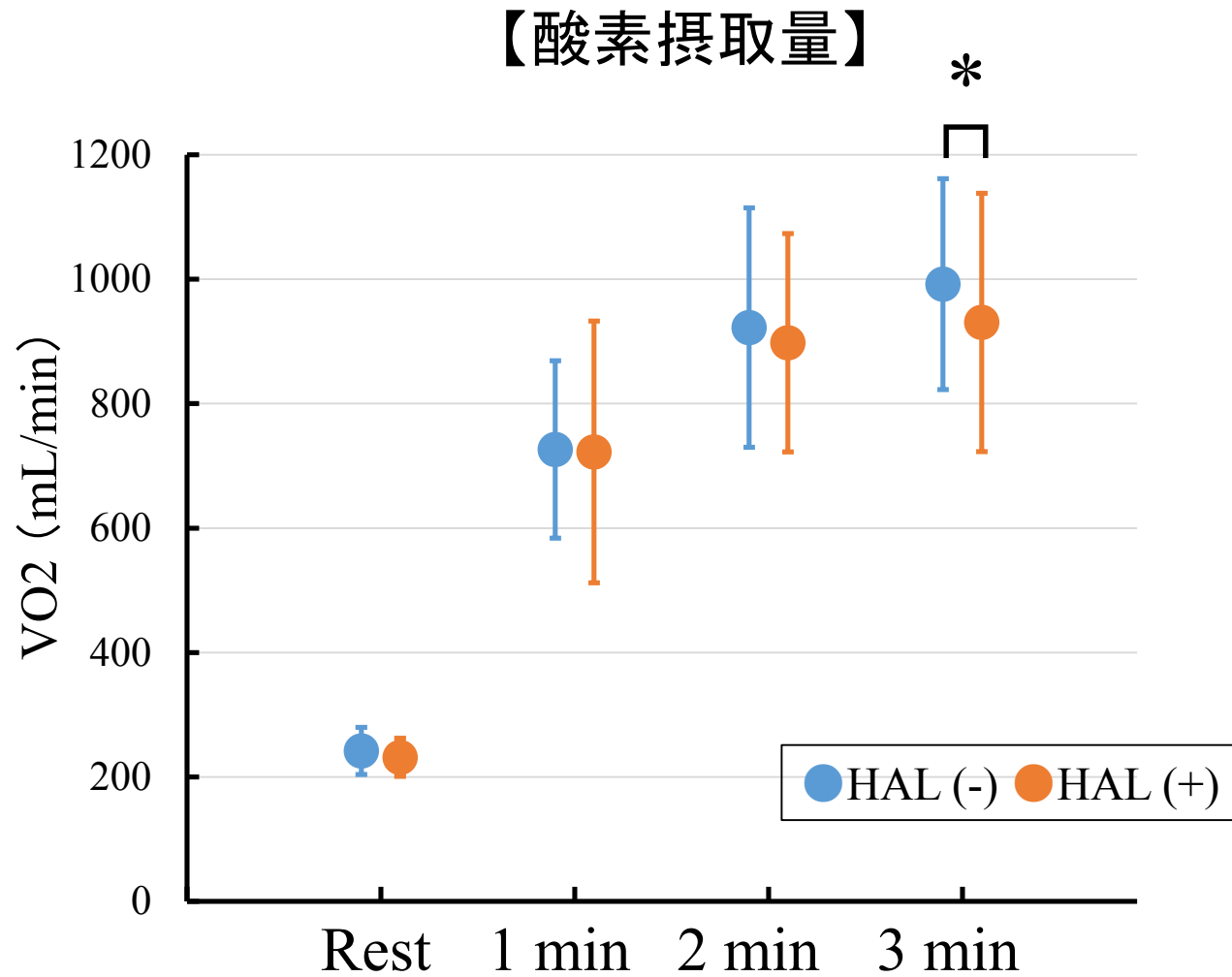
HAL腰タイプ自立支援用の装着効果

1分間に20回のスクワット運動を連続3分間



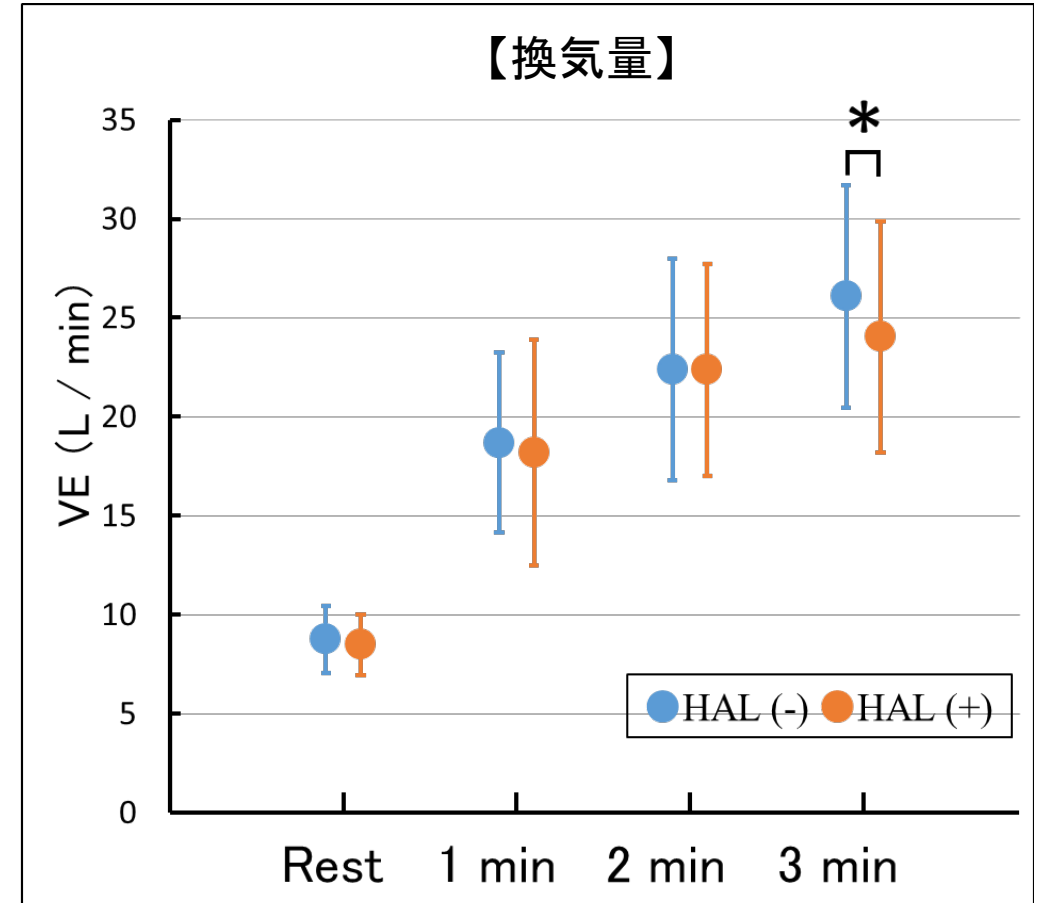
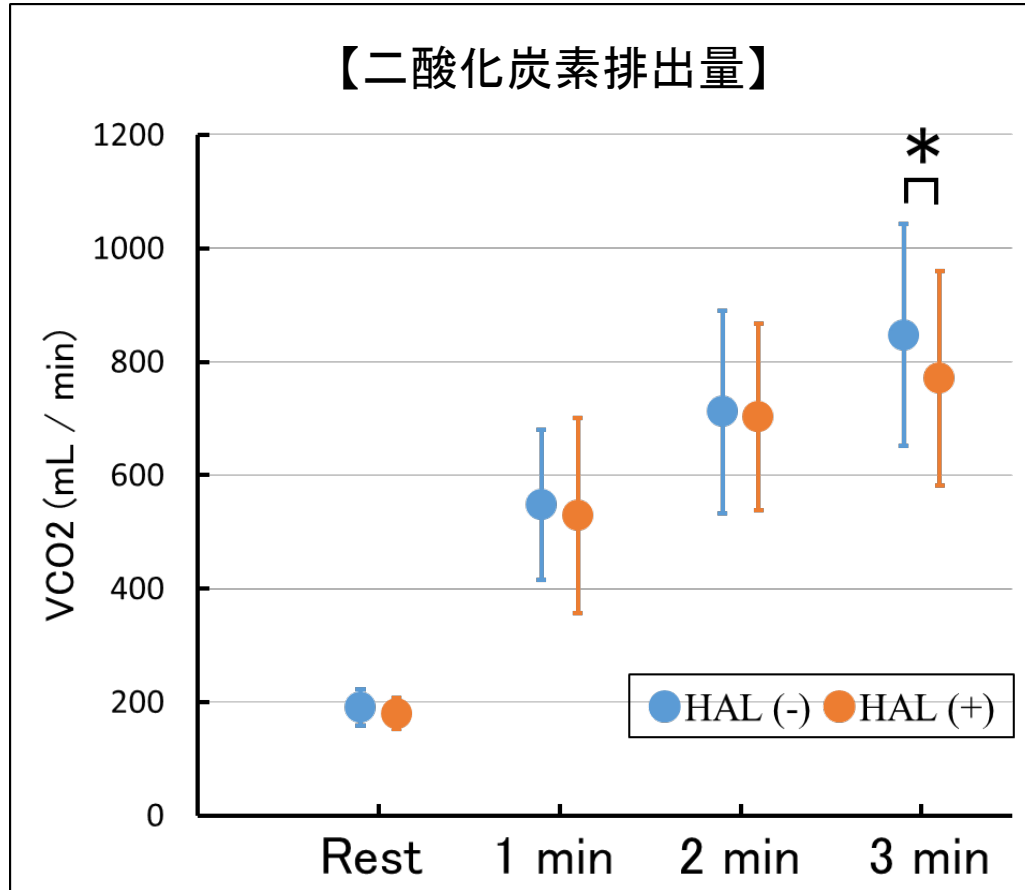
Watanabe H, Koike A, et al: Effects of a lumbar-type hybrid assistive limb on cardiopulmonary burden during squat exercise in healthy subjects. J Clin Neurosci. 2019; 66: 226–230.

HAL腰タイプ自立支援用の装着効果 (n = 12)



Watanabe H, Koike A, et al: Effects of a lumbar-type hybrid assistive limb on cardiopulmonary burden during squat exercise in healthy subjects. J Clin Neurosci. 2019; 66: 226–230.

HAL腰タイプ自立支援用の装着効果 (n = 10)



低活動な健常者 (n = 10) においては、酸素摂取量に加え、二酸化炭素消費量、換気量においてもHAL装着により有意に低下することが明らかとなった。

慢性心不全患者における腰HALの介入研究

【特定臨床研究】

cardiology

HF and Intensive Care: Clinical Trial Design

Cardiology
DOI: 10.1159/000500263

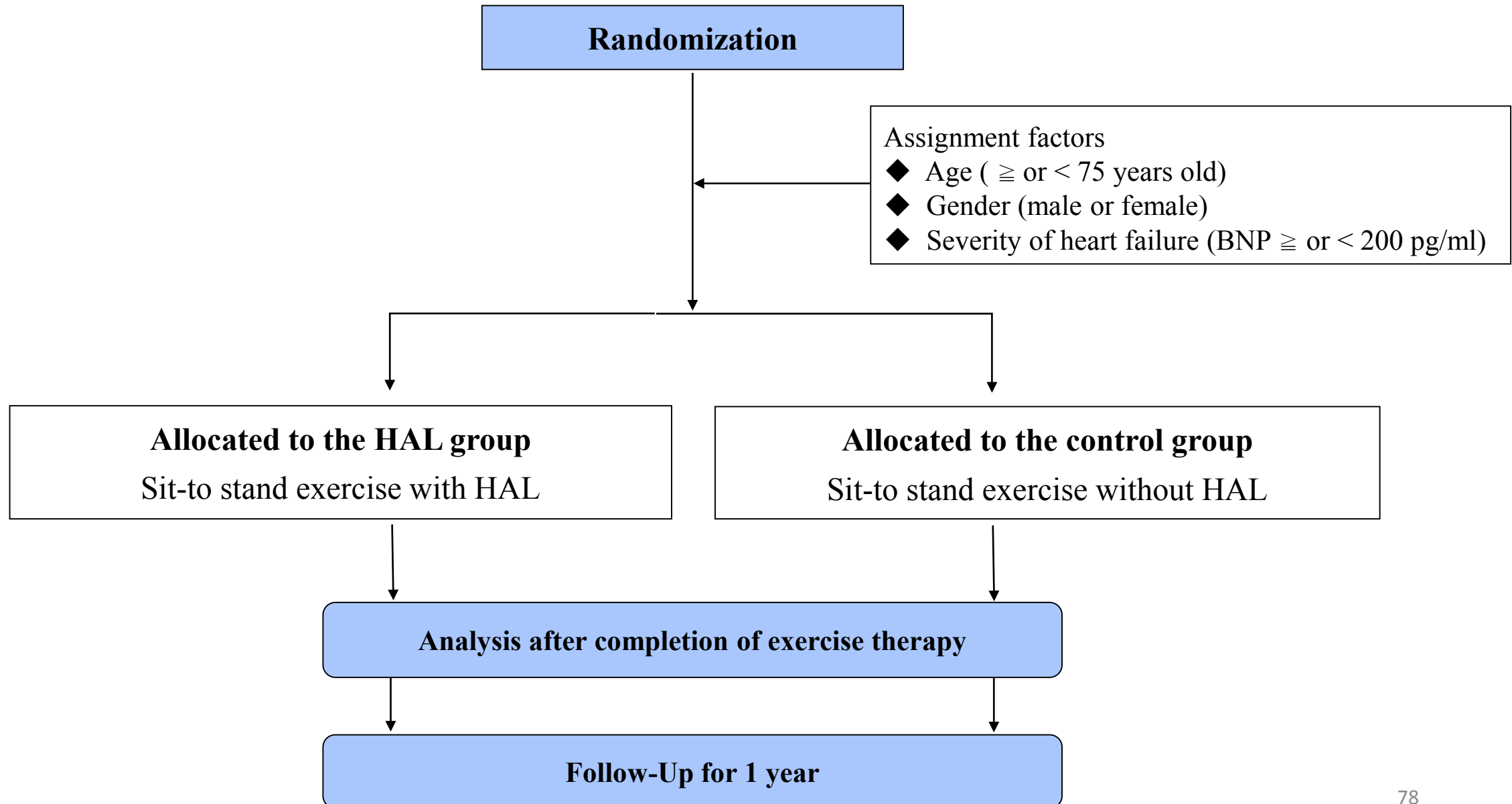
Received: January 8, 2019
Accepted: April 9, 2019
Published online: June 25, 2019

Efficacy of Cardiac Rehabilitation with Assistance from Hybrid Assistive Limb in Patients with Chronic Heart Failure: Protocol for a Randomized Controlled Study

【ランダム化比較試験を実施中】

Hiroki Watanabe^{a, b} Akira Koike^{c, d} Longmei Wu^c Hidenori Kato^e
Hiroto Konno^e Akira Sato^c Hiroaki Kawamoto^a Akira Matsumura^b
Kazutaka Aonuma^c Yoshiyuki Sankai^a Masaki Ieda^c

研究のフローチャート



RE-Gait®（リゲイト）

【本邦での使用状況】

- ✓ **非医療機器**として扱っている
- ✓ 2016年10月より医療機関や福祉施設に対し、発売を開始した（現在はレンタルも可）
- ✓ **約20施設以上で利用**されている（2020年4月時点）

【海外での状況】

- ✓ 不明

弓削 類: 臨床トピックス: 再生医療のフロンティア – 理学療法の新しい職域としての再生医療 –. 理学療法学, Vol.45 Suppl. No.1, p9-11, 2018年

<https://www.re-gait.com/>

RE-Gait® (リゲイト)

密着型歩行補助装置「RE-Gait®」

脳卒中片麻痺者の歩行をアシストし、正確な歩き方に近づけることを目的にしている。

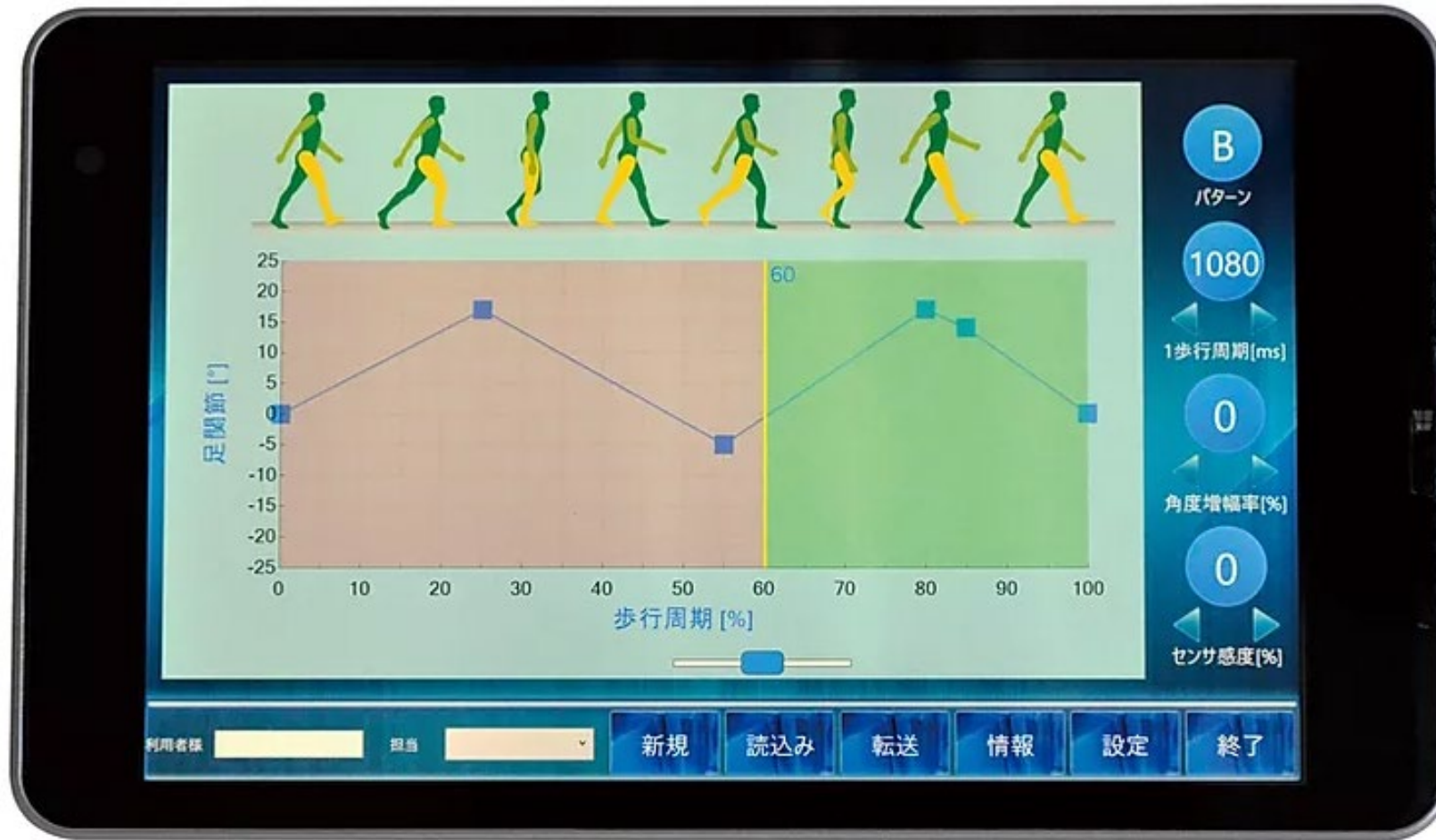


重量: 約2.3kg
使用可能時間: 約3時間



【公式HP】<https://www.re-gait.com/>

RE-Gait®のタブレットソフトウェア



歩行観察が
重要！

理学療法士等が装着時の状態に応じて足関節の角度変化や各パラメータを設定する。

ロボットリハビリテーションの現状

【3つのテーマ】

1. 様々なロボットの種類
下肢用ロボット、上肢用ロボット
2. ロボットリハの有用性と限界
明らかになっていること、なっていないこと
3. 人の役割について
セラピストやトレーナーはロボットとどう向き合うべきか

上肢用ロボット・リハビリ装置の種類

ロボットによる補助を受けながら
上肢のリーチ動作をサポート



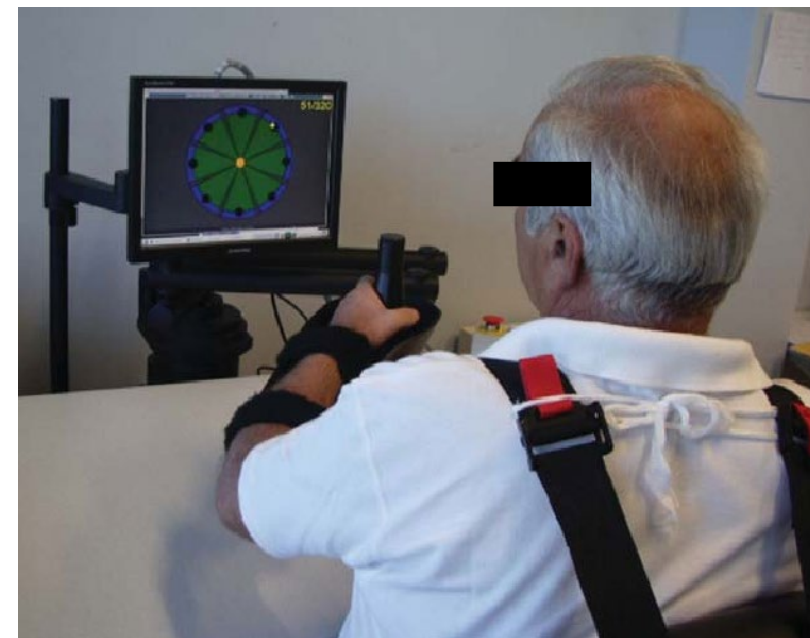
ReoGo®-J (レオゴージェイ)

電気・振動刺激を併用しながら
上肢(肩、肘)の自動運動をサポート



上肢リハビリ装置 CoCoroe AR2

インピーダンス制御(セラピストの練習中の
「手添え」に類似した介助を実現)



MIT-MANUS/InMotion2(後継機)

ReoGo[®]-J（レオゴージェイ）

【本邦での使用状況】

- ✓ 2016年10月より医療機関などに発売を開始した（現在はレンタルも可）
- ✓ 約20施設以上で利用されている（2020年4月時点）
- ✓ 2020年4月より**医療機器**（能動型上肢用他動運動訓練装置）として**保険適用を開始**

【海外での状況】

- ✓ 不明

ReoGo[®]-J（レオゴージェイ）の特徴

- ✓ ジョイスティックを麻痺手にて操作する。
- ✓ 患者の**上肢機能に応じた難易度（17種類の訓練）**でリーチ動作が可能である。
- ✓ 設定したリーチ動作を反復でき（最大50回）、**訓練量の確保に貢献**できる。
- ✓ **訓練記録が保存され、グラフや表で訓練結果を表示**できる。

患者に合わせた難易度調整①

5段階に設定可能

		 患者様による動作  アームの動き
少 求める随意運動 多	全介助	アームが軌道上を自動的に動きます。 
	自動介助 (<u>初動時</u> 負荷)	初動時のみ正しい方向に力を加えることで、アームが軌道上を自動的に動きます。 
	自動介助 (<u>段階的</u>)	軌道はいくつかに分解され、その節ごとの初動時に正しい方向に力を加えることでアームが自動的に動きます。 
	自動運動 (<u>軌道アシスト</u>)	アームが軌道上を低速度で自動的に動きます。加える力を変えると速度が変わります。 
	自動運動	アームは自動的に動きません。軌道の保持もありません。力を加えると速度と方向が自由に変わります。 

患者に合わせた難易度調整②



患者の上肢機能に合わせて、**アームの動き出しに必要な力**を3段階(軽・中・重)で設定できる。



患者の上肢機能に合わせて、**アームの動く範囲**を調整することができる。

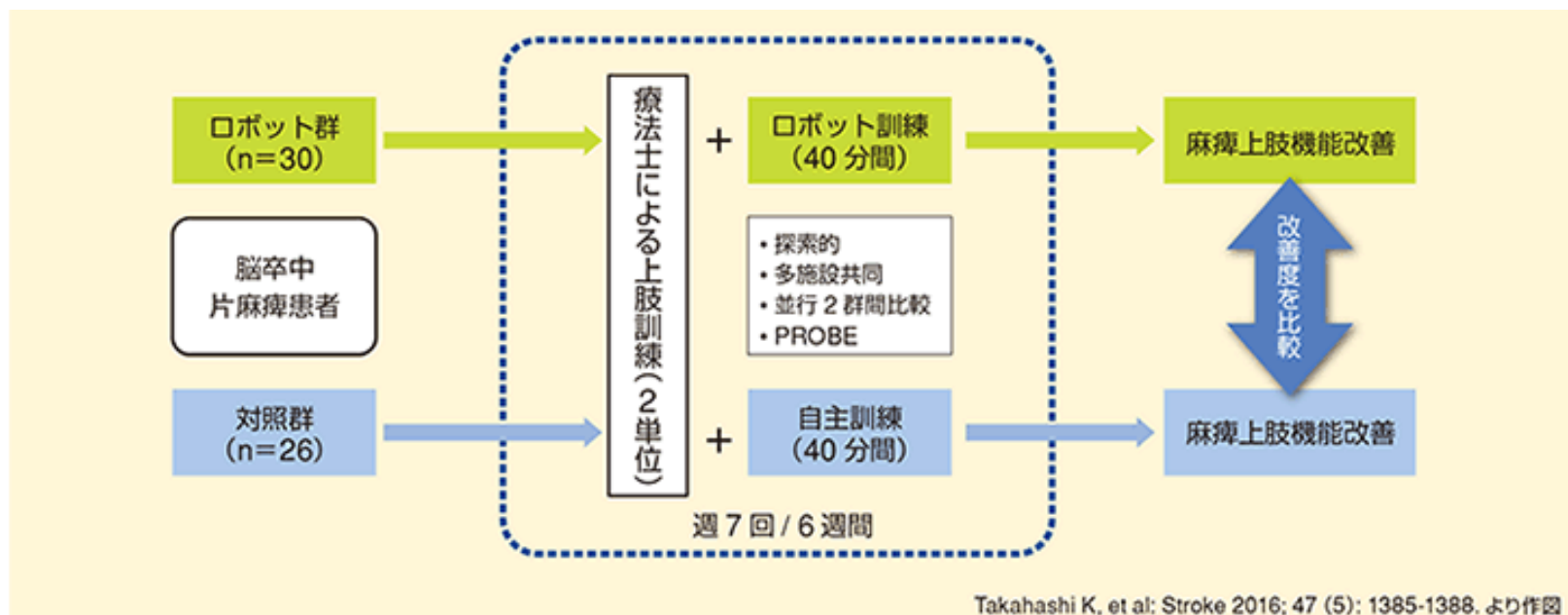
これまでの報告(ランダム化比較試験)

【対象】:脳卒中発症後4～8週間の、軽度から中等度の片麻痺患者60例

【介入】:ロボット群:療法士による訓練とReoGoを用いた訓練を併用した群

対照群:療法士による訓練と通常の自主訓練の併用群

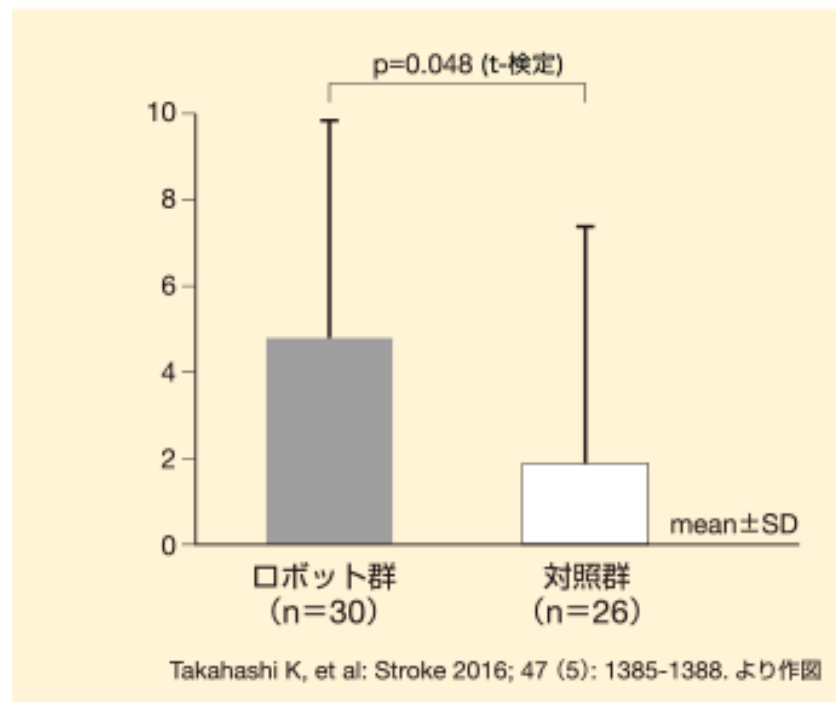
【アウトカム】:上肢Fugl-Meyer Assessment(FMA)、Wolf Motor Function Test (WMFT)、Motor Activity Log(MAL)



これまでの報告(ランダム化比較試験)

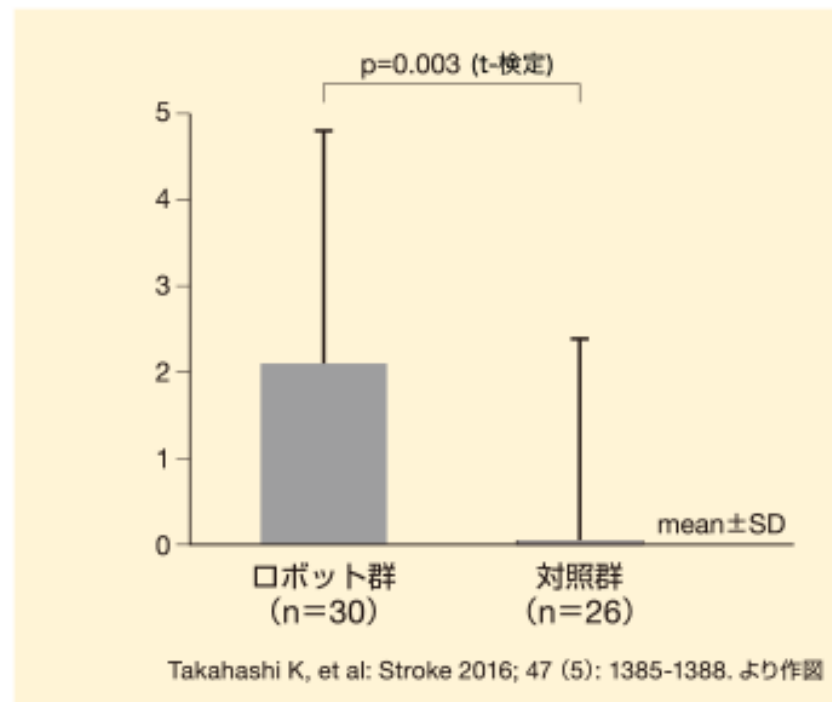
FMA変化量(肩・肘・前腕)

上肢FMAのうち、肩・肘・前腕機能がロボット群で有意に改善しました。



FMA変化量(屈筋共同運動)

上肢FMAのうち、屈筋共同運動がロボット群で有意に改善しました。



[参考] 重症度別の効果

○初期FMA<30: 上肢FMAがロボット群で有意に改善(p=0.041) ○初期FMA≥30: 有意差なし(p=0.69) ○WMFT、MALに有意差なし

研究の課題

ロボット群は、対照群に比べて有意に麻痺手の機能が改善したにもかかわらず、
生活における麻痺手の使用頻度は対照群に比べて有意な改善を認めなかった。



竹林らは、この問題を解決すべく、ロボットと人が有する利点を組み合わせることを考えた。

ロボット療法とCI療法の併用

Constraint-induced movement therapy



生活期脳卒中後上肢麻痺に対するロボット療法を含む複合療法の効果検討

Assessment of the Efficacy of ReoGo-J Robotic Training Against Other Rehabilitation Therapies for Upper-Limb Hemiplegia After Stroke: Protocol for a Randomized Controlled Trial

【ランダム化比較試験】

Takashi Takebayashi^{1*}, Kayoko Takahashi², Satoru Amano³, Yuki Uchiyama⁴,
Masahiko Goshō⁵, Kazuhisa Domen⁶ and Kenji Hachisuka⁷

¹ Department of Occupational Therapy, School of Health Science and Social Welfare, Kibi International University, Takahashi, Japan, ² Department of Rehabilitation, School of Allied Health Science, Kitasato University, Sagami-hara-shi, Japan, ³ Department of Rehabilitation, The Hospital of Hyogo College of Medicine, Nishinomiya-shi, Japan, ⁴ Department of Rehabilitation, Hyogo College of Medicine, Nishinomiya-shi, Japan, ⁵ Department of Biostatistics, Faculty of Medicine, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, ⁶ Department of Rehabilitation Medicine, Hyogo College of Medicine, Nishinomiya, Japan, ⁷ Kyushu Rosai Hospital, Moji Medical Center, Kita-kyushu-shi, Japan

OPEN ACCESS

- ① ロボット療法を用いた自主練習、および Usual care
- ② ロボット療法を用いた自主練習、および 課題指向型訓練と行動戦略（CI療法）
- ③ Usual care

上肢リハビリ装置 CoCoroe AR²

■ シンプルな製品構成で、取り扱いも簡単

● 免荷用ワイヤ

患者さんに合わせた重さを免荷し、適切な負荷量に調整できます。

手装具

患者さんが手装具を装着し、手装具と免荷用ワイヤをつなぎます。患者さんの状態に合わせて、つり位置の近位・遠位を選択可能です。



● タッチパネル

表示器にはタッチパネルを採用。設定も画面表示に従ってアイコンをタップするだけでOK。直感的な操作を実現しました。

● 訓練スイッチ

色違いの2つのスイッチを押したときの音で目標到達が確認できます。訓練のパターンや難易度によって、高さや位置の調整が可能です。

● 電気刺激装置

刺激のタイミングは訓練スイッチに「同期する／しない」が選べます。患者さんの動きと同期して刺激を与えることが可能です。

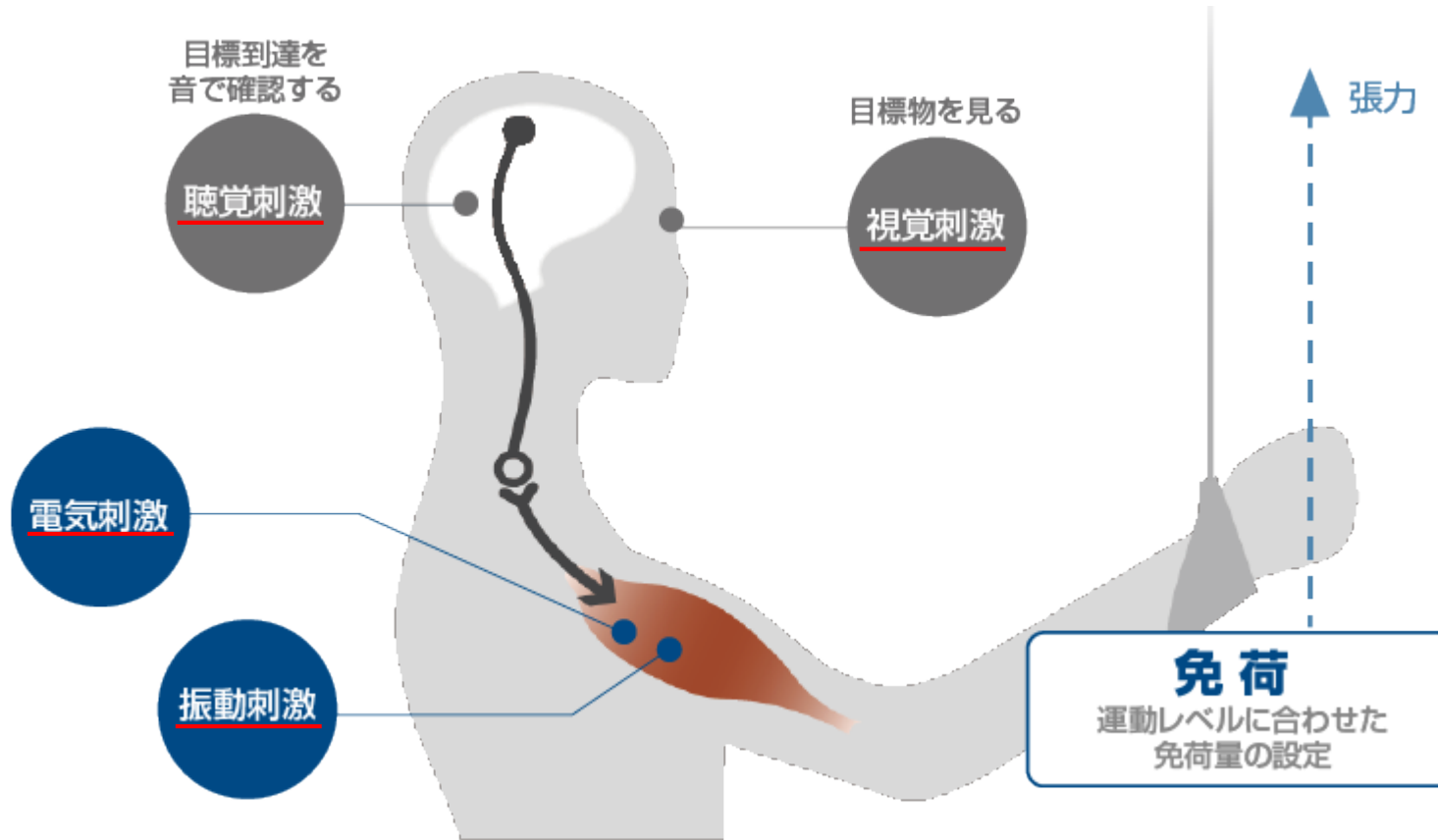
振動刺激装置

主動作筋に直接貼り付けることで、振動刺激によって、患者さんに訓練時にどの筋肉を収縮させるかを意識づけします。

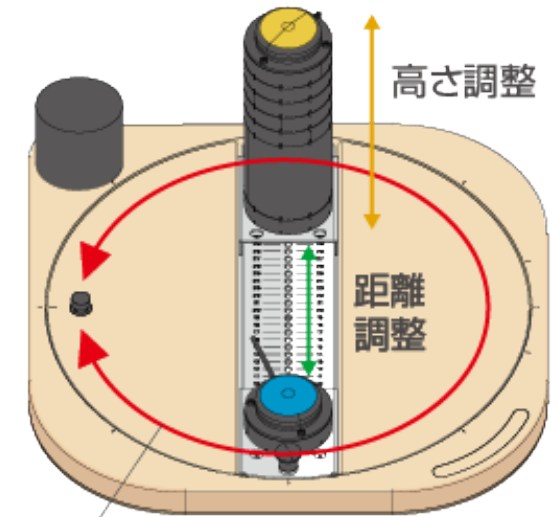


上肢リハビリ装置 CoCoroe AR²

適切な課題、訓練の質・量の設定



腕の重量の免荷



ロボットリハの有用性と限界

明らかにになっていること、なっていないこと

下肢用ロボット

Cochrane Reviews (コクランレビュー)



Cochrane
Library

Cochrane Database of Systematic Reviews

Electromechanical-assisted training for walking after stroke (Review)

Mehrholz J, Thomas S, Werner C, Kugler J, Pohl M, Elsner B

36試験（1472人の参加者）が抽出され、電気機械的アシスト下歩行練習の有効性を検討

RAGT(コクランレビュー)

Robot-assisted gait training:(RAGT)

✓ RAGTは、**脳卒中患者の歩行自立度を有意に改善させる**

しかし、**歩行速度、歩行時の耐久性**においては、有意な改善を示さなかった。
練習開始時に歩行が自立していない症例において**歩行自立度が有意に改善した**。



研究の限界！

- ・ 使用されたデバイスおよび治療期間と頻度に関しては試験間ではばらつきがみられた
- ・ サブグループ解析により、**発症後3か月以内の患者はRAGTの恩恵を受けやすい可能性**がある

下肢用ロボットのまとめ

脳血管疾患など

外骨格型ロボット

Lokomat

ウェルウォークなど

エンドエフェクター型

Gait Trainer



- ✓ 適切な課題設定

免荷量、歩行速度、歩幅、関節角度・アシスト量の調整

- ✓ 訓練の質・量の確保

反復した歩行練習が可能、セラピストが行う補助の一部を代行
パフォーマンスのフィードバック

- ✓ 定量的なアウトカム評価

回数、免荷量、歩行距離、歩行情報、アシスト調整を自動的に記録(一部)

上肢用ロボット

Cochrane Reviews (コクランレビュー)



Cochrane
Library

Cochrane Database of Systematic Reviews

**Electromechanical and robot-assisted arm training for
improving activities of daily living, arm function, and arm
muscle strength after stroke (Review)**

45試験（1619人の参加者）が抽出され、上肢に対するロボットリハの有効性を検討

上肢に対するロボットリハ(コクランレビュー)

【上肢に対するロボットリハは、ADL、上肢機能、上肢筋力の向上に寄与する可能性あり】

- ✓ 上肢に対するロボットリハの実施は、研究の途中で脱落する要因にならなかった
- ✓ 有害事象は稀であり、安全に実施可能であった



【結論】

- ✓ 試験間には、トレーニングの強度、期間、および量に加え、治療の種類、参加者の特性、使用した測定値などに違いがあった
- ✓ エビデンスは高いものの、注意を払って結果を解釈する必要がある

上肢用ロボットのまとめ

脳血管疾患など

上肢用ロボット型運動訓練装置

ReoGo®-J など

上肢リハビリ装置

CoCoroe AR² など



- ✓ 適切な課題設定
免荷量、距離、高さ、配置の調整
- ✓ 訓練の質・量の確保
反復運動が可能、セラピストが行う運動の一部を代行
パフォーマンスのフィードバック
- ✓ 定量的なアウトカム評価
回数、免荷量、距離、高さを自動的に記録

- ✓ ロボットリハビリテーションとは？
- ✓ ロボットリハビリテーションの現状
- ✓ ロボットリハビリテーションの近い未来

これからのロボットリハの可能性

✓ 再生医療とのコンビネーション

➡ 当初、再生医療は、後遺症や障害を残さない根治療法を目指した新規治療法と考えられていたが、臨床試験が進むにつれ、**細胞治療後のリハビリテーションの重要性**が示されるようになってきた

細胞治療後に適切なリハビリテーションが必要

再生医療に求められるリハビリテーション

移植した組織を活着させ、さらにホストの組織との融合によって十分な機能を発揮させるには、**リハビリテーション医療の併用が不可欠**であることが明らかになっている。



ポイント！

【組織再生に最適な時期に、最適な刺激・負荷を選択すること】

が求められている。

再生医療に求められるリハビリテーション

ポイント！

特に軸索の伸張する時期に本人のみが頑張って運動課題を行う手法は、軸索の伸張と結合に混乱が生じて治療効果を減弱させる可能性があることから、再生医療後の早期はできるだけ試行錯誤を避けた神経路レベルの治療ができる手法を用いることが好ましい。



【エラーレスの運動において、ロボットによる制御が活用できる】

Wahl AS, Omlor W, Rubio JC, et al: Asynchronous therapy restores motor control by rewiring of the rat corticospinal tract after stroke. Science. 2014; 344(6189): 1250–5.

『亜急性期脊髄損傷に対するiPS細胞由来神経前駆細胞を用いた再生医療』

【臨床研究の概要】

慶応義塾大学医学部および慶応義塾大学病院

- 対象：亜急性期脊髄損傷（移植時に受傷後14～28日）により
運動感覚完全麻痺の患者
- 目標症例数：4例
- 移植細胞数：200万個
- 観察期間：1年間
- 主要評価項目：安全性
- 副次的評価項目：有効性（運動機能・感覚機能の改善）

これからのロボットリハの可能性

✓ 他の治療法との併用療法

➡ ボツリヌス療法、ニューロモデュレーション(デバイスを用いて
電気・磁気刺激や薬物の投与を行い、神経活動を可逆的に調節
する治療)等

これからのロボットリハの可能性

- ✓ 例えば、神経・筋難病疾患に対するHAL治療 + 薬剤（抗酸医薬、抗体医薬等）及び幹細胞との複合療法
- ✓ 薬剤との複合療法の増強効果について検証する必要がある



効果の証明には、比較研究が必要である

➡ 例）HAL治療 VS HAL治療 + 薬剤との複合療法

これからのロボットリハの可能性

- ✓ 再生医療とのコンビネーション
- ✓ 他の治療法との併用療法



私が感じたコト！

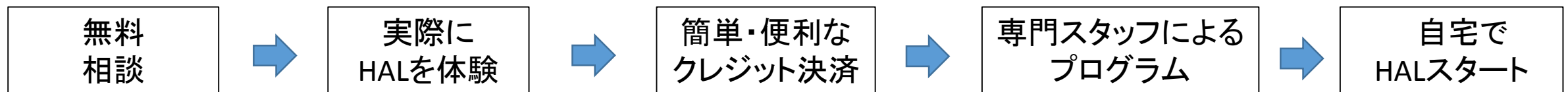
- ✓ 病院・施設内での **自主練習での利用**（複数監視型）
- ✓ **集団での使用**（ベテランの患者が教える）ピアサポート
- ✓ **在宅での利用**（定期的な訪問、モニタリング、遠隔リハ）

自宅でHALの使用が可能に！

2020年4月24日～

- ① ご自宅で好きな時間に好きなだけ
- ② HALがアシストしてくれるから頑張らなくて大丈夫
- ③ HALのスペシャリストによるトレーニング指導
- ④ スタッフが進捗状況を確認してくれるので安心
- ⑤ クレジット決済にも対応

簡単かつ安心5ステップ！！



■ 介護分野(自立支援用)

- ①移乗介助支援、②移動支援、③排泄支援
- ④認知症の方など見守り支援、⑤入浴支援

移乗介助ロボット

移乗介助ロボットとは？

移乗介助ロボットとは、高齢者をベッドから車いす、車いすからトイレ等に移乗介助する際などに、**介助者や高齢者を支援するロボット**である。

経済産業省と厚生労働省では、移乗介助ロボットを「**装着型**」と「**非装着型**」の2種類に分けており、それぞれ次のように定義している。

移乗介助ロボット【装着型】

ロボット技術を用いて介助者のパワーアシストを行う装着型の機器

- ✓ 介助者が装着して用い、移乗介助の際の**腰の負担を軽減**する。
- ✓ 介助者が一人で着脱可能であること。
- ✓ ベッド、車いす、便器の間の移乗に用いることができる。

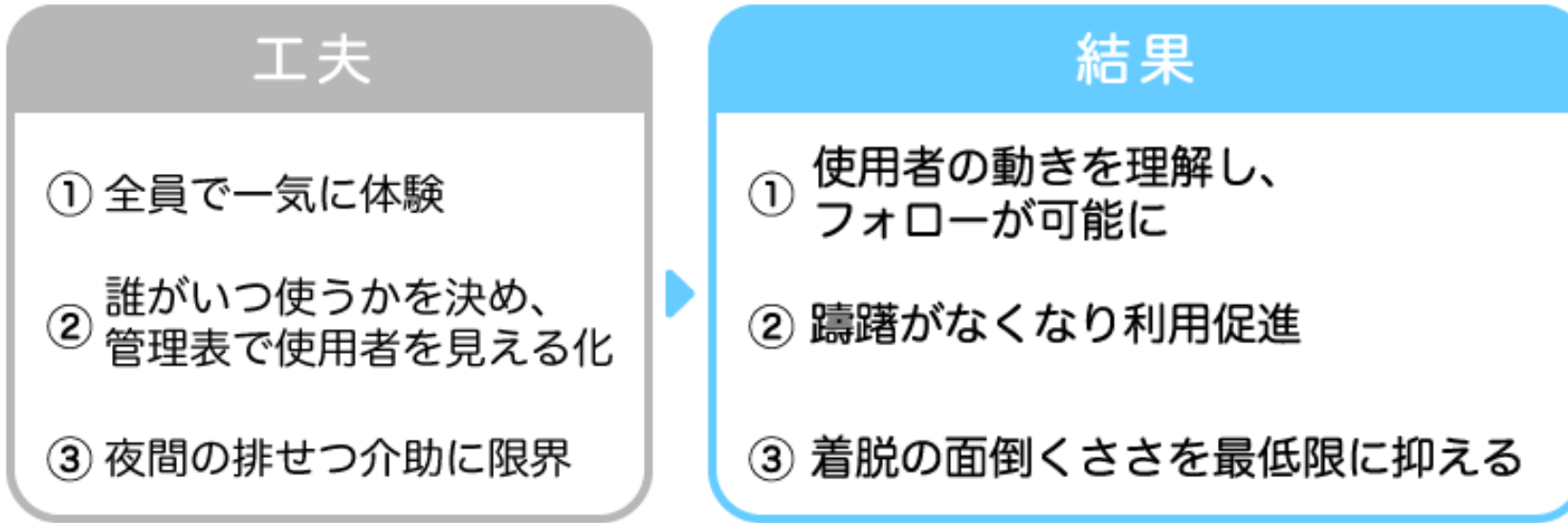
腰補助用ウェアラブルデバイス
マッスルスーツ



移乗や入浴、排泄の介助、体位
交換などの場面で活躍。

事例紹介：3つの工夫で活用を促進

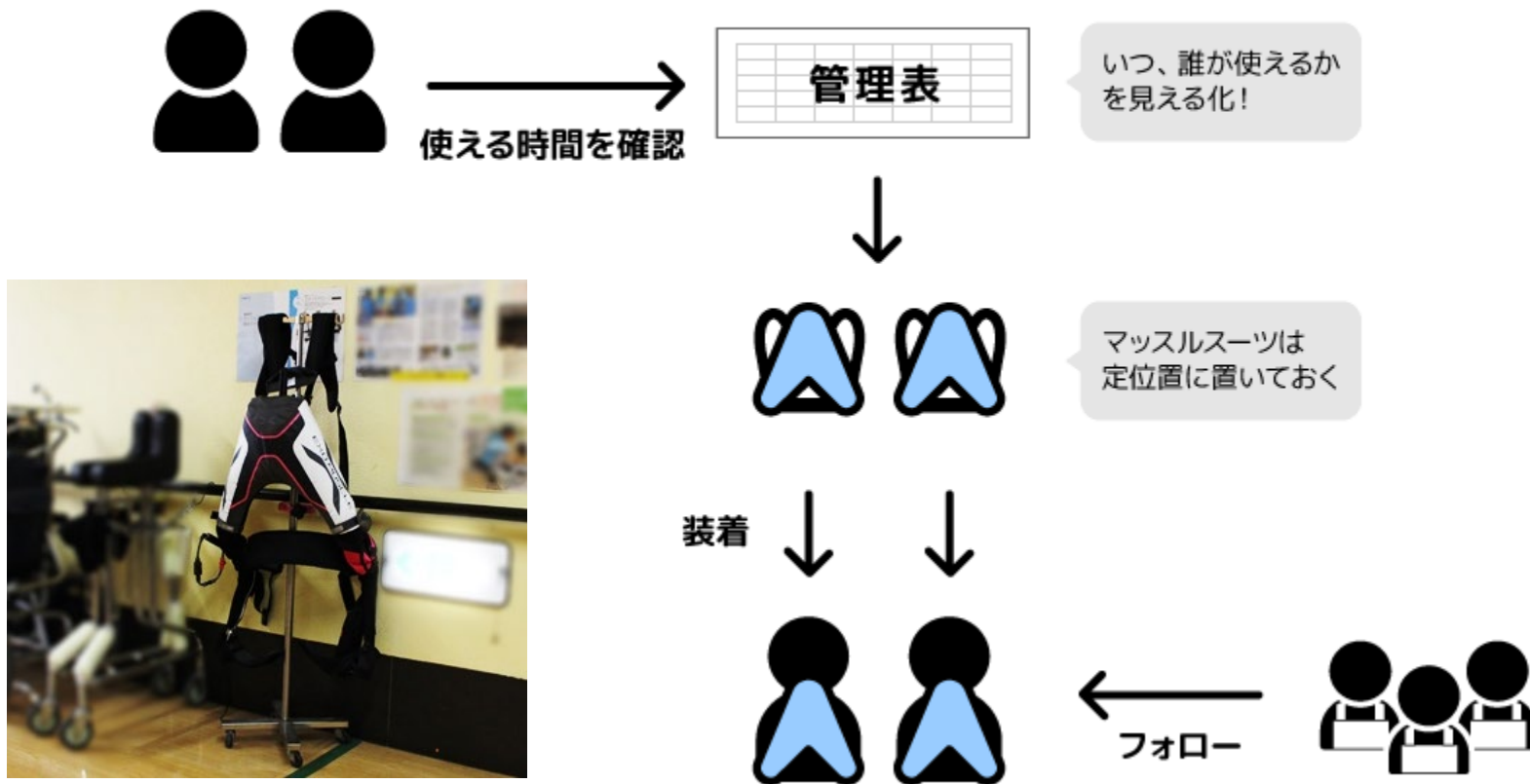
マッスルスーツ導入時



たとえば、「マッスルスーツを装着しているときは、あまり早く歩けないんだな。じゃあ装着していないスタッフで、先回りして利用者さんを移動させておこう」といったサポートが、自ずとできるようになってきた。

移乗介助ロボット【装着型】

運用方法



21名で2台をフル活用

移乗介助ロボット【装着型】

導入成功のポイント

- ☒ メーカー担当者と信頼関係を築く
- ☒ 使いやすさと重視した機器選定
- ☒ 使いにくさを放置しない
- ☒ 「みんなで活用していこう」という空気をつくる

現場の声が重要、業者にフィードバックを！！

マッスルスーツ Every 人工筋肉を使用したアシストスーツ

2019年11月1日～

サントリースピリッツ株式会社

さつまいも農家



重量：約3.8kg

約15万円、月々 3500円

装着時間：10秒

https://musclesuit.co.jp/?utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=CjwKCAjwh472BRAGEi wAvHVfGkApAeeA_cBB76c_Ra9P6HIjaAxQVIZEWyK-DgE-2g9xF9vrKwRnwhoC3ucQAvD_BwE

移乗介助ロボット【非装着型】

ロボット技術を用いて介助者による抱え上げ動作のパワーアシストを行う非装着型の機器

- ✓ 移乗開始から終了まで、介助者が一人で使うことができる。
- ✓ ベッドと車いすの間の移乗に用いることができる。
- ✓ 要介護者を移乗させる際、介助者の力の全部又は一部のパワーアシストを行うこと。
- ✓ 機器据付けのための土台設置工事等の住宅等への据付け工事を伴わない。
つり下げ式移動用リフトは除く。

移乗サポートロボットHug T1



ベッドからトイレや車いすへの**移乗動作**をアシストできる。排泄後のお尻のケアや更衣、脱衣介助の為の**立位保持**にも活用できる。

最大100 kgの方に使用が可能。

2人介助が必要な方が1人介助になることもあり、**介助者の身体への負担、腰痛予防**として活用できる場面あり。

ROBOHELPER SASUKE

「抱き上げ式」で移乗介助をアシストするロボット介護機器。



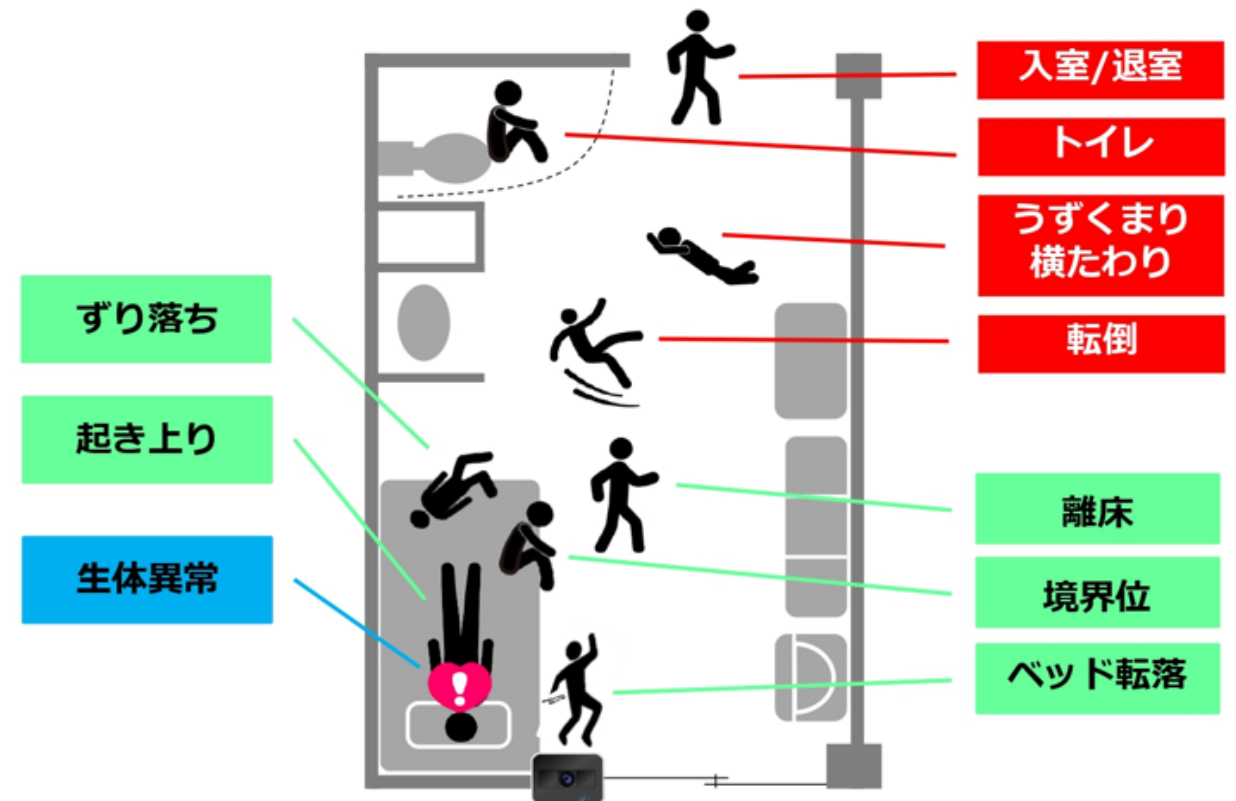
専用シートを敷き込み、その両端にSASUKEのアームを通して、シート全面で抱き上げる。リクライニング車いすにも対応できる。

自立支援型介護見守りロボット

A.I.Viewlife (エイアイビューライフ)



多様な行動検知 (ユニット型)



人の役割について

～リハ専門職や保健・医療・福祉の関係者は
ロボットとどう向き合うべきか～

効果的なリハビリテーション医療に必要なこと

- ✓ リハビリテーションプログラムの内容が適切で十分であること
- ✓ そのためには、有用なリハビリテーション手段が活用されるべきである
 - ➡ その手段の1つである「ロボットリハビリテーション」は手技としての補助量が調整できるだけでなく、エラーレスの反復トレーニングが長時間可能である利点を持っている

【ロボットリハは一つ的手段(道具)である】

(浅見豊子: ロボットリハビリテーション外来からみたリハビリテーション医療の再考と今後の展望.
バイオメカニズム学会誌 2018:42(2):109-112)

臨床におけるロボットリハに必要な条件

- ✓ 安全性
- ✓ 運動機能回復の効率性
- ✓ 費用対効果
- ✓ 複数の障害・疾患に対する適用性
- ✓ 運動パターンの調整が可能かどうか
- ✓ シンプルで安定して使用できるか
- ✓ 運動機能回復を定量化できること

「ロボットリハを1つの手段(道具)として、上手に活用するべき！」

効果的な機能回復に必要なこと

効果的な機能回復には、最適な難易度での十分量の反復運動が必要

ロボットリハビリテーションは、

- ① 運動の難易度調整
- ② 再現性
- ③ 持続性 に優れ、

セラピストによる練習を補完できる

ロボット技術の利用による人への影響

【ロボット技術】

- ✓ 課題の難易度の調整
- ✓ 運動量の確保
- ✓ 安全性の確保
- ✓ フィードバック機構

+ α

【人】

- ✓ 必要最小限の介助
- ✓ 口頭指示でのフィードバック
- ✓ 動作・歩容を観察できる
- ✓ 下肢以外の介助が可能
(体幹、上肢等)



充実した練習環境の提供が可能

ロボット技術のマイナス面

- ✓ リハ専門職と患者間の接触の減少
- ✓ 感情のない、冷たいリハビリテーションになる恐れ
- ✓ 合併症や様々な問題に対する微妙な変化を検知できない可能性
 - ➡ サイズ、外骨格のフレームの適合が重要である。皮膚の観察が必要であり、長時間の使用による擦過傷、褥瘡等を防ぐ必要がある
- ✓ 適切なエラー信号が得られず、必要な動作を与えることが困難（エラーレスの運動により、運動学習が阻害される可能性？）
- ✓ 高価格であると、普及しにくい
- ✓ 新しい技術・機械に慣れるまでに時間がかかる

足りない部分は、
人が補う！！

人がやるべき事、今後の課題

【定期評価が重要】

- ✓ 通常の理学療法、作業療法、言語聴覚療法の介入効果
- ✓ 通常のトレーニング(リハビリテーション専門職以外)の介入効果

【機器の使用手法】

- ✓ アシストの設定基準、患者への指導方法の確立
- ✓ トレーニングの時間、頻度、全体の期間、運動強度の設定

【その他】

- ✓ 症例発表、臨床研究（観察研究、介入研究）、データを蓄積すること
- ✓ 一人ひとりの患者診療が重要、各チーム、診療科、病院全体、日本全国、海外
- ✓ 指導者の育成と教育、インセンティブの発生（保険適用）、診療ガイドラインや最新のエビデンスを活用すること



患者さんファースト、より良い機能改善、生活の質の向上を目指す！

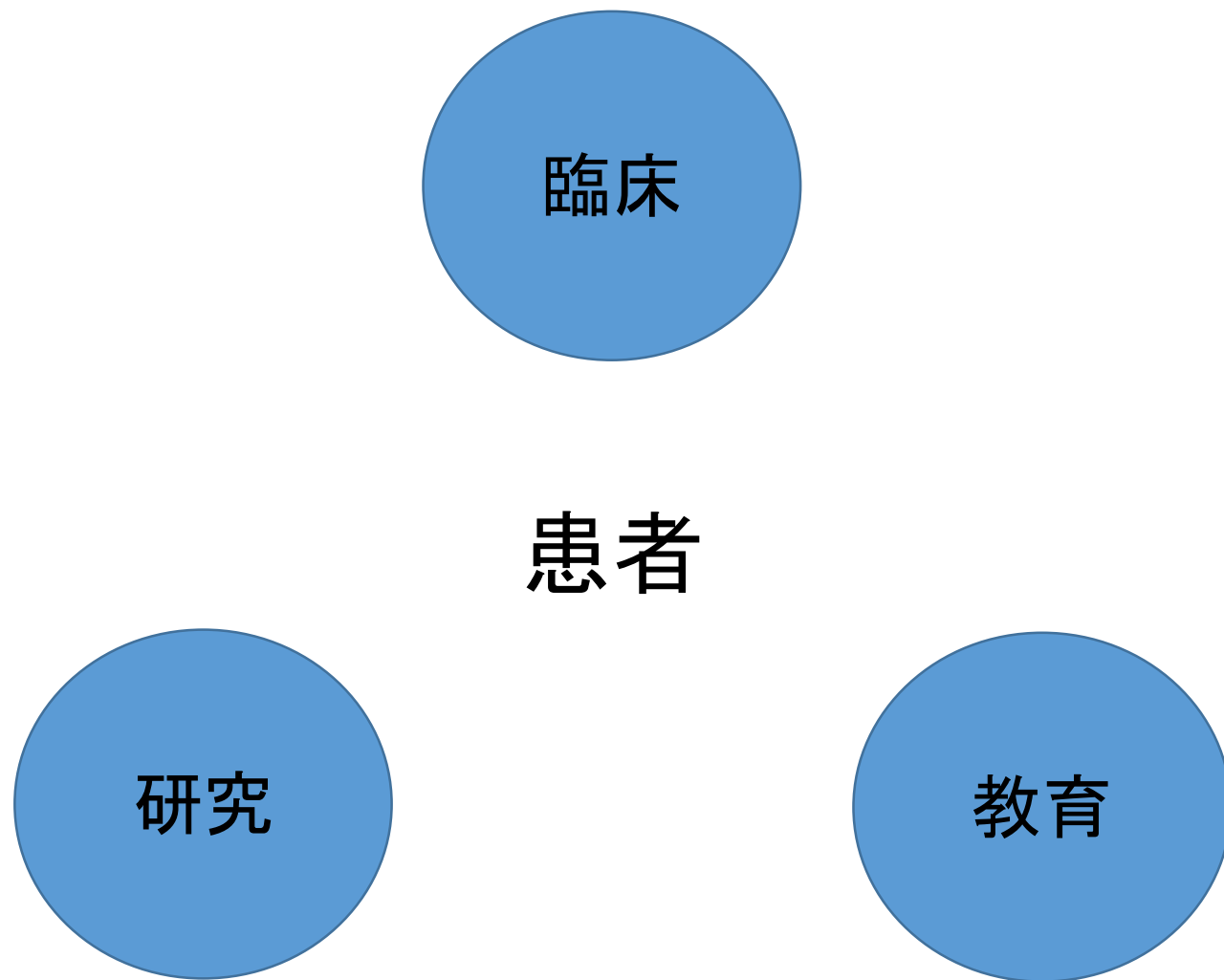
適応患者の選択・臨床評価

- ✓ いくつかの臨床現場で使用されているロボットは、既存のものではなく、**新しい未知のもの**である
- ✓ そのため、**適応患者の選択、治療プログラムとその臨床評価**に関しては**確立されていない**



各症例のデータの蓄積(臨床研究)が必要である。

(陳 隆明: 特集 理学療法におけるロボットの活用. リハビリテーション医療におけるロボット活用の現状と今後の展望. 理学療法 2015:32(10):868-874)



臨床（私見）

- ✓ 理学療法、作業療法、言語聴覚療法は**保険適用**となっている
 - ➡ 20分間で1単位として請求が可能
 - ➡ 時間のみが規定されており、**時間内に何を行ったかは規定されていない**
- ✓ リハ専門職は患者を良くするために治療を行っている
 - ➡ 現実的には、担当したセラピストの技量、治療法により結果が左右される
 - ➡ **ガイドライン、エビデンスをうまく活用**し、より良い治療を実施すべき
- ✓ **評価が重要！** 適切な評価項目の選択、定期的な評価の実施
- ✓ エビデンスの構築（臨床研究）、**通常診療で実施していることをまとめる！**
- ✓ 学会発表・論文執筆

教育（私見）

- ✓ ガイドライン、エビデンスについて学習する機会を設ける
➡ **ガイドライン、エビデンスの重要性を理解する**
- ✓ 適切な評価項目の選択、**定期的な評価（経時的評価）の重要性**
- ✓ **簡単な統計学、臨床研究の理解と必要性**
- ✓ **最新機器の情報を提供**
- ✓ 学校教育（卒前教育）の充実
- ✓ 学会発表・論文執筆（学生のうちから発表に慣れる）

研究(私見)

- ✓ 臨床家に向けた発信、臨床で活用できるデータの提供
 - ➡ 安全性、実行可能性、有効性の評価、**適応患者の選択に有用な情報の提供**
- ✓ 厚生労働省、医薬品医療機器総合機構(PMDA)へ発信
 - ➡ **保険適用**に向けた取り組み、そのためには**十分な科学的根拠が必要**
 - ➡ 質の高い臨床研究、大規模なデータの蓄積、エビデンスの構築(基礎・臨床研究)
- ✓ 適切な評価項目の選択、定期的な評価(経時的評価)、フォローアップ(持続効果)
- ✓ 有意差のみではなく、その効果の違いは、**臨床的にどれだけ意味があることか？**
- ✓ 学会発表・論文執筆

保険適用

臨床

- ✓ ガイドライン、エビデンスの活用
- ✓ エビデンスの構築(臨床研究)
- ✓ 適切な評価、定期的な評価
- ✓ 適応患者の選択
- ✓ 効率の良い機器等の活用
- ✓ ロボット技術の活用
- ✓ 臨床教育(卒後教育)
- ✓ 学会発表・論文執筆

厚生労働省
医薬品医療機器総合機構
(PMDA)

患者

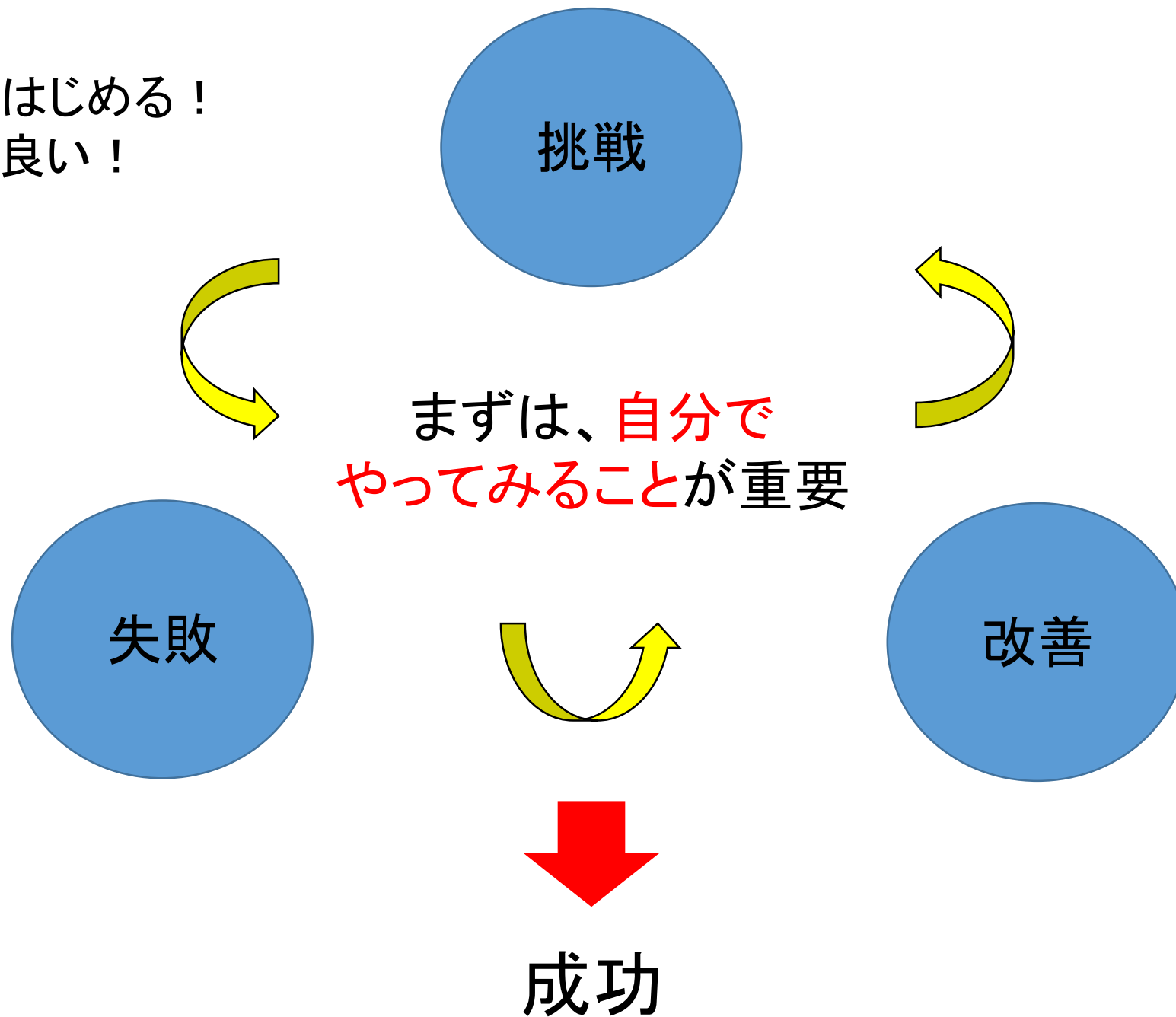
更なる機能改善 ↑
活動・参加の向上 ↑
ADL・QOLの向上 ↑

教育

- ✓ エビデンスの構築(基礎・臨床研究)
- ✓ 大規模なデータの蓄積
- ✓ 適切な評価、定期的な評価
- ✓ 適応患者の選択に有用な情報の提供
- ✓ 臨床で活用できるデータの提供

- ✓ ガイドライン、エビデンスの学習
- ✓ 適切な評価、定期的な評価の重要性
- ✓ 簡単な統計学、臨床研究の理解と必要性
- ✓ 最新の機器の情報の提供
- ✓ 学校教育(卒前教育)

できることから始める！
小さなことでも良い！





それほど単純な始まりが、無数の最も美しく最も素晴らしい種に進化し、
そして今も、進化しているのだ（チャールズ・ダーウィン）

まとめ

- ✓ これからのリハ専門職は、ロボット技術などをうまく活用し、
更なる機能改善を目指すべき
- ✓ そのためには、適切な評価・適応患者の選択が必要である
- ✓ 新しい機器を使用してみる(挑戦)、機器がなければ、既存の
(現行の)リハの効果を示していくべき

参考図書

1. 大畑光司：歩行再建 歩行の理解とトレーニング. 2017年、三輪書店.
 - ➡ 第3部 10. 歩行再建のためのリハビリテーションロボット
 - 第3部 11. HONDA歩行アシストによる歩行再建
2. 再生医療とリハビリテーション研究会(編)：再生医療とリハビリテーション. 2018年、三輪書店.
 - ➡ 第3章 A. ロボット 1. サイバニクス治療：医療用HALによる機能再生治療：山海嘉之・他
 - 第3章 A. ロボット 2. RE-Gait：田中英一郎・他
3. 大畑光司(責編)：理学療法 MOOK 19 ニューロリハと理学療法. 2016年、三輪書店.
 - ➡ 第1章 7. リハビリテーション・ロボティクス：平野 哲・他
 - 第2章 7. ロボティクス・リハビリテーションを用いた理学療法の考え方：大畑光司
4. 甲田宗嗣・他(責編)：理学療法MOOK 23 回復期・生活期の脳卒中理学療法, 2018年, 三輪書店
 - ➡ 4. 回復期・生活期理学療法とロボティクス, p152-159
5. 藤本修平(編)・他：リハに役立つ論文の読み方・とらえ方, 2020年、羊土社
6. 道免和久(編)：ニューロリハビリテーション, 2015年、医学書院
7. 藤原康弘(編)：現場で使える臨床研究法, 2019年、南山堂
8. 木原雅子(訳)医学的研究のデザイン－研究の質を高める疫学的アプローチ－, 2014年、メディカル・サイエンス・インターナショナル

研究者総覧

渡邊 大貴(ワタナベ ヒロキ; Watanabe, Hiroki)

所属 医学医療系

職名 助教

ORCID 0000-0002-4436-5437

性別 男性

科研費番号 00779572

eメール hirowatanabe@md.tsukuba.ac.jp

研究分野 リハビリテーション科学・福祉工学

研究キーワード
理学療法評価学
脳卒中片麻痺
ロボットリハビリテーション
装着型サイボーグHAL

何かあれば、
お気軽にご連絡下さい！！

ご清聴ありがとうございました！

