

『HALのMCI未病改善の可能性について』

— 意思に基づくサイバニクス運動が脳を再活性化する —

湘南ロボケアセンター株式会社代表取締役
CYBERDYNE株式会社 特任役員 営業本部長
東京大学 医学部附属病院 老年病科 客員研究員
早稲田大学 人間科学学術院 非常勤講師
福島県立医科大学 リハビリテーション医学
特任准教授

米国公認会計士/ 米国公認管理会計士
博士 (医学) 安永 好宏

機械器具 58 整形用機械器具

生体信号反応式運動機能改善装置 JMDN:71049002

管理医療機器 特定保守管理医療機器

承認番号：22700BZX00366000

CYBERDYNE, Inc.



HAL®とは？

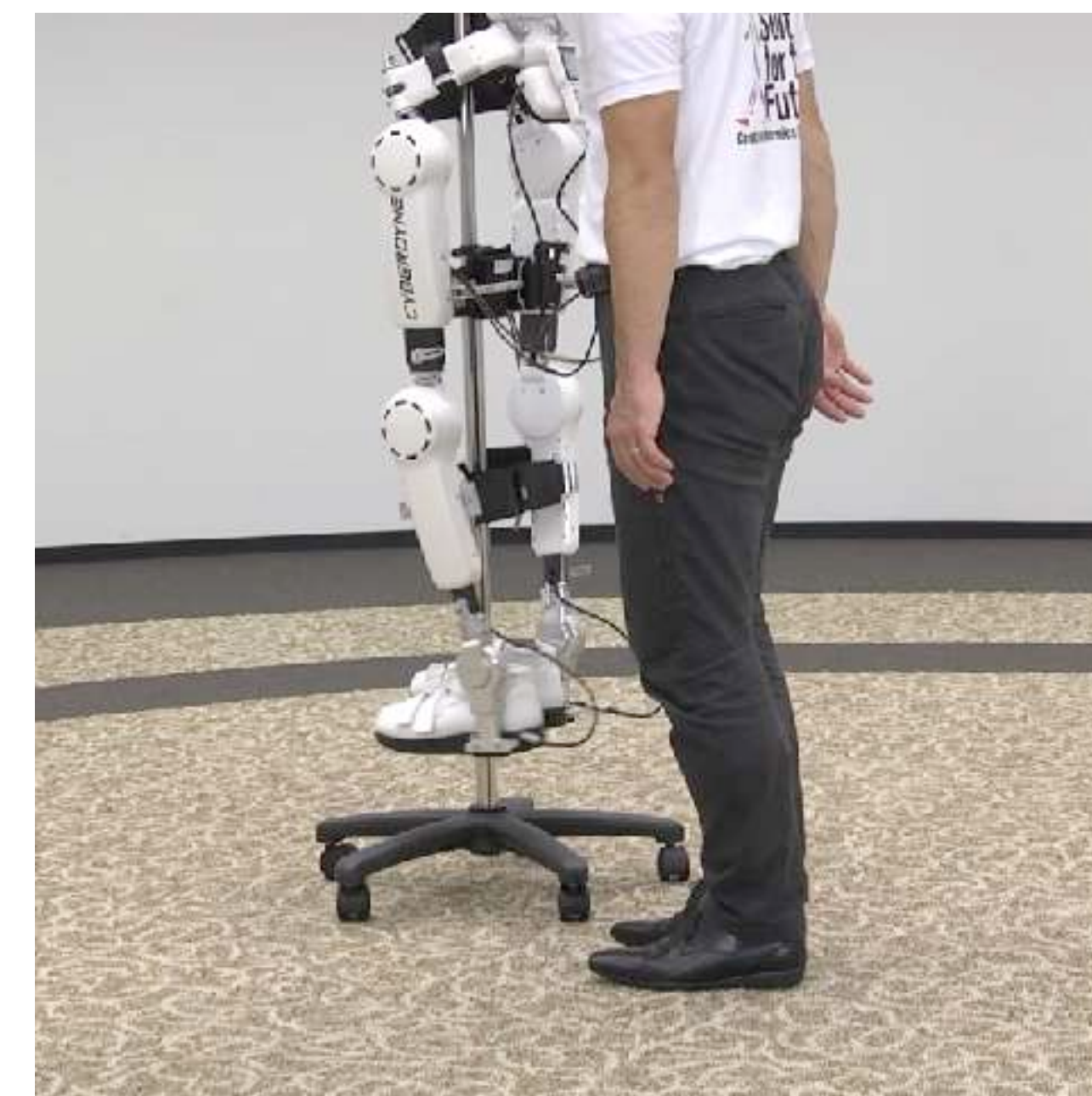
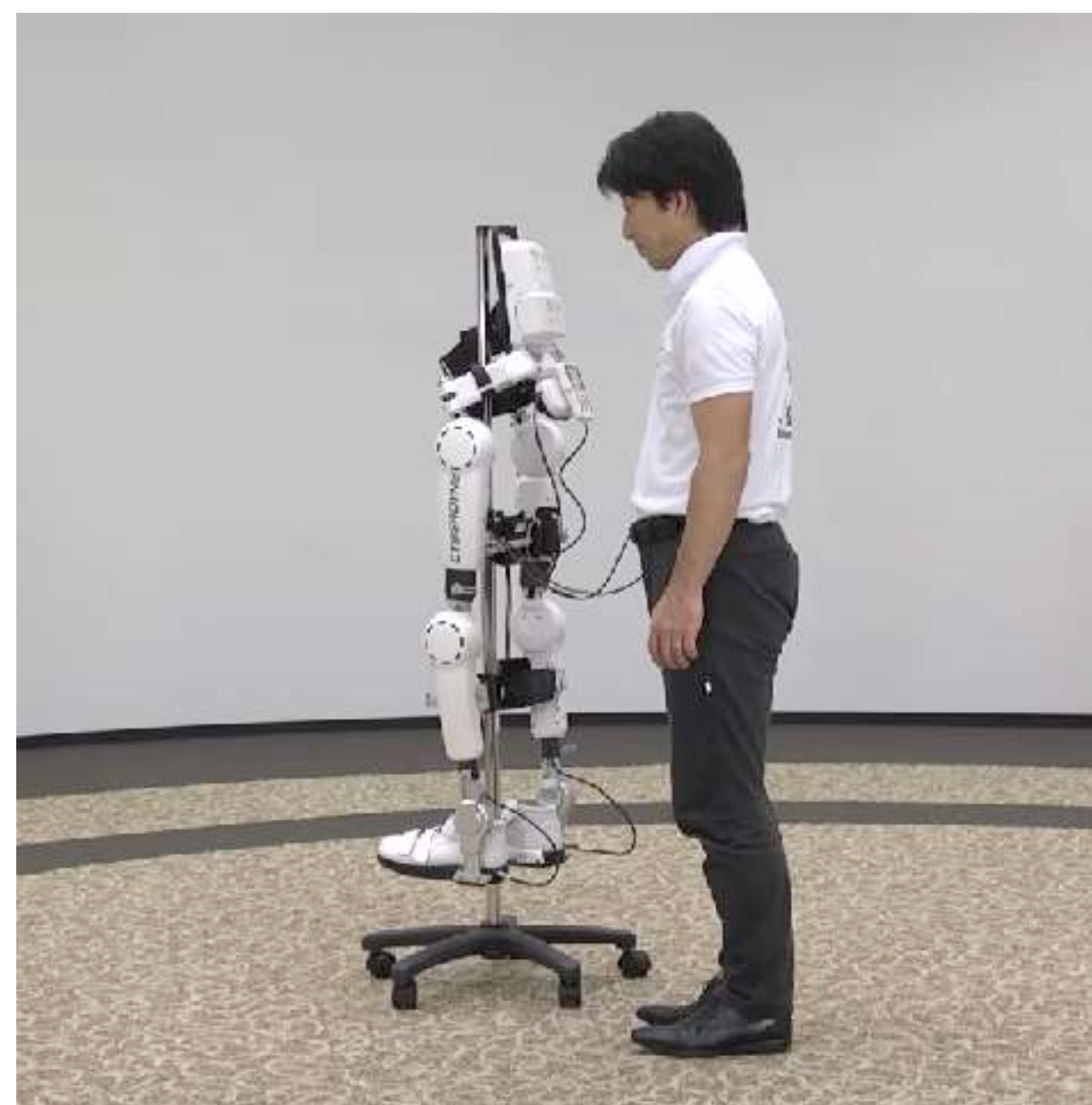
HAL®（Hybrid Assistive Limb®）は、
人・ロボット・情報を融合させ、
身体機能を改善・補助・拡張・再生すること
ができる、世界初の装着型サイボーグです。

身体にHAL®を装着することで、
いつもより大きなチカラを出したり、
身体の不自由な方をアシストしたり、
脳・神経系への運動学習を促すシステムです。



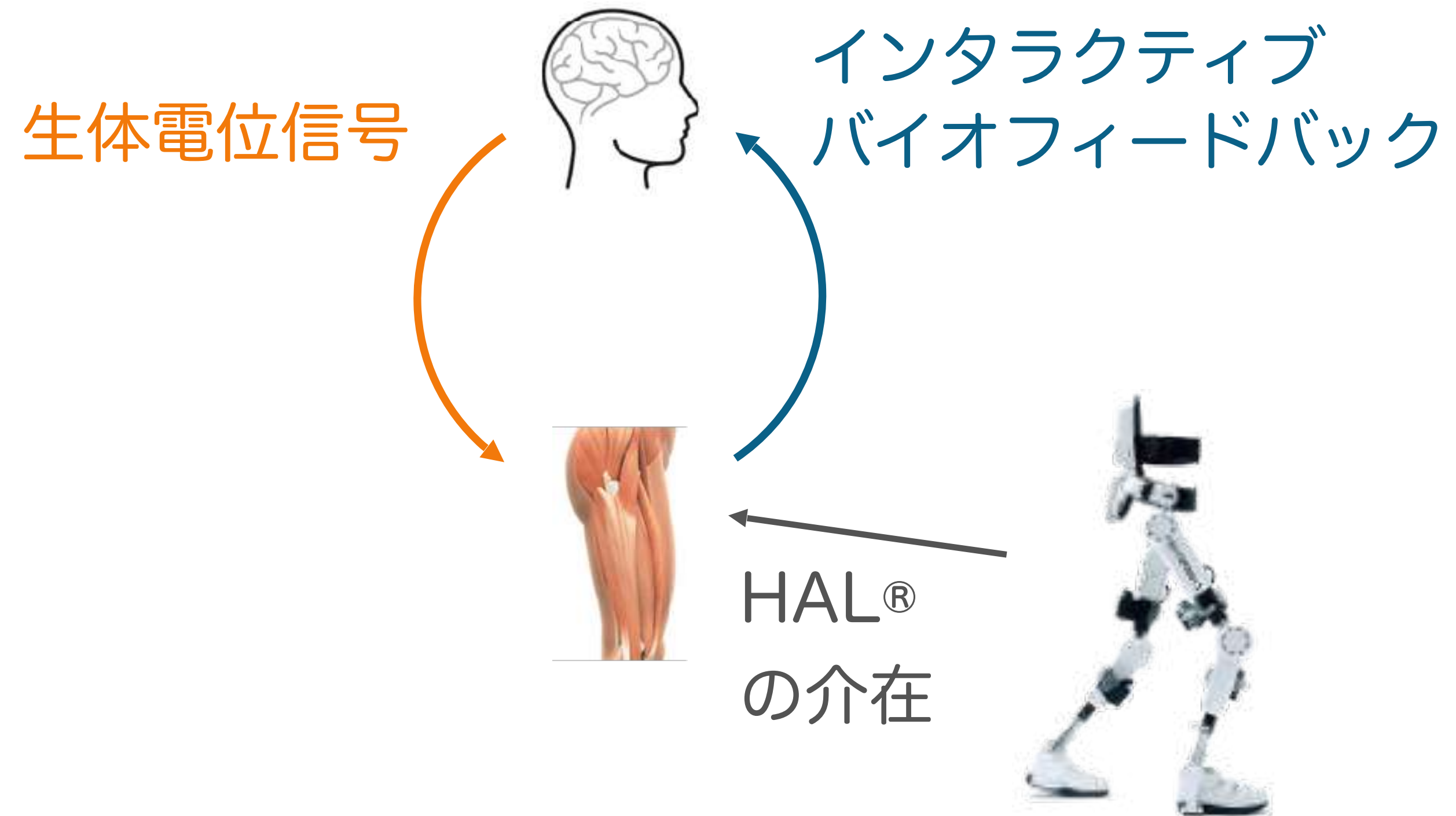
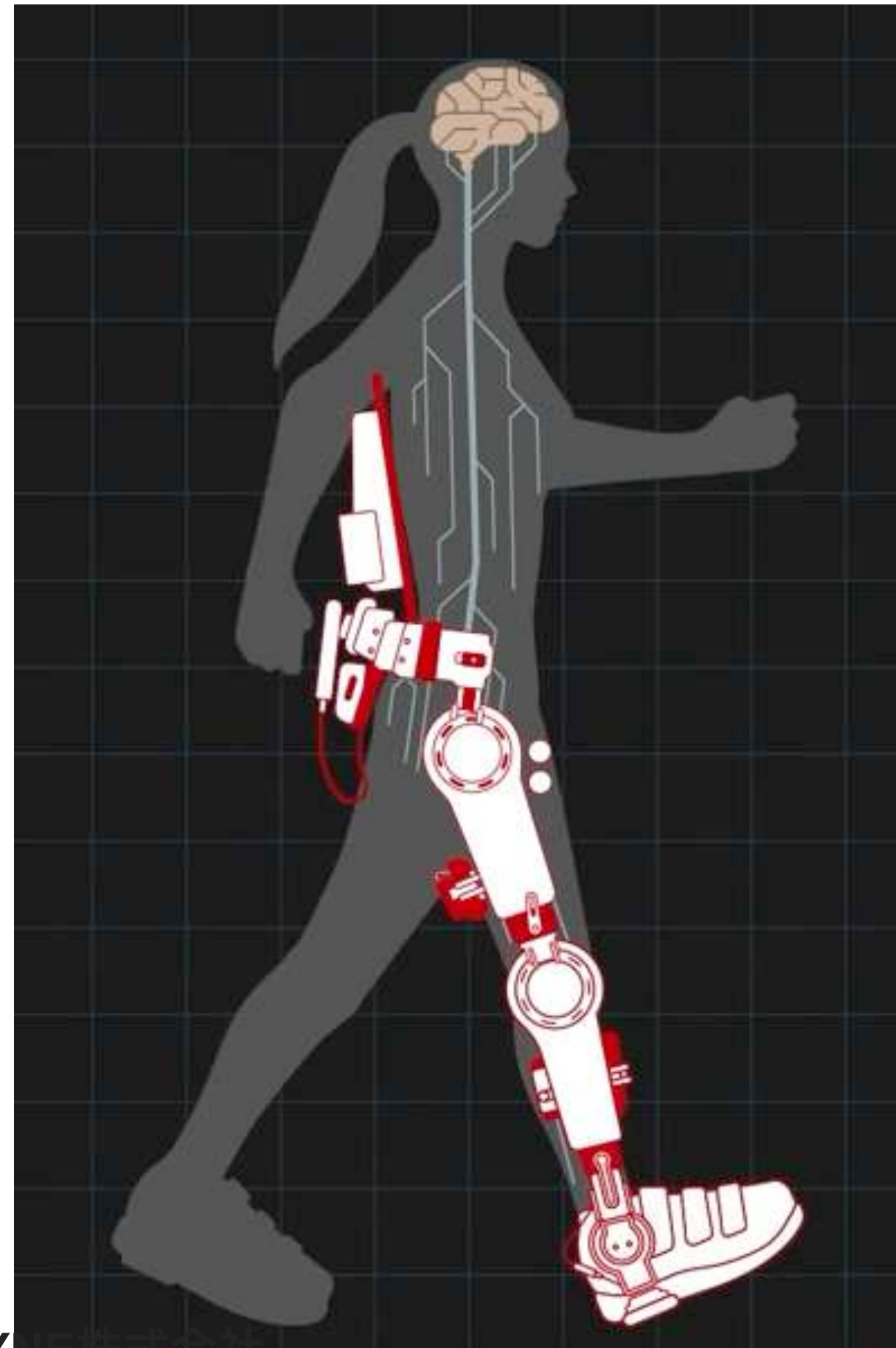
HALは、自らの動作意思で動きます。

人の脳神経系からの信号がリアルタイムで信号処理・人工知能処理され、
人の意思に従ってHALが自分の身体の一部のように動く



サイバニクス治療 (運動) "脳の可塑性"

動作意思による**生体電位信号**によってHAL®を用いると、
HAL®と**脳・神経系**と**筋骨格系**の間で
インタラクティブなバイオフィードバックが促され、
脳・神経・筋系の疾患患者の機能改善が促進される。



HALにより神経可塑性により脳・神経経路の再構築 !!

Chiuらによる2025年のシステマティックレビューにより

1. HALは他の外骨格ロボットに比べ歩行機能と神経可塑性の両面で、パッシブ型より優れている。

2. HALは唯一、運動機能・QOL・排泄・疼痛の全項目で改善を示した。

3. HALによる運動が神経可塑性を誘導し、脳の再編成を促す。

Systematic Review

Actively Controlled Exoskeletons Show Improved Function and Neuroplasticity Compared to Passive Control: A Systematic Review

AO
SPINE

Global Spine Journal
2025, Vol. 0(0) 1–20
© The Author(s) 2025
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/21925682251343529
journals.sagepub.com/home/gsj
Sage

Ka loi Argus Chiu, MBBS¹, Charles Taylor, MBBS², Priyanshu Saha, MBBS², James Geddes, FRCS (Tr&Orth)², Timothy Bishop, FRCS (Tr&Orth)², Jason Bernard, PhD², and Darren Lui, MCh FRCS (Tr&Orth)²

Abstract

Study Design: Systematic Review.

Objectives: To determine whether actively controlled exoskeletons or passively controlled exoskeletons are better at rehabilitating patients with SCIs.

Methods: A literature search between January 2011 to June 2023 on Pubmed Central, Pubmed, Web of Science and Embase was carried out. Exoskeletons were classified as actively controlled if they detect bioelectrical signals (HAL). All other exoskeletons were classified as passively controlled (ReWalk, Ekso, H-MEX, Atlante, Indego, Rex Bionics, SuitX Phoenix, Lokomat and HANK). Functional outcomes used were 6 minute walk test (6MWT) distance and 10 metre walk test (10MWT) speed. Further subgroup analysis was carried out for acute and chronic SCI patients. All outcomes were examined without the aid of the exoskeleton device. Secondary outcomes including continence, pain and quality of life were also examined.

Results: 555 articles were identified in the initial search and 27 were included in the review resulting in a total of 591 patients and 10 different exoskeleton models. HAL was the only exoskeleton to show improvements in both mobility and all secondary health outcomes. HANK and Ekso also showed improvements in mobility. ReWalk showed improvements in all secondary health outcomes with Ekso only showing improvements in QoL. No other exoskeletons showed significant improvements.

Conclusion: In conclusion, the actively controlled exoskeleton HAL showed improvement in all outcomes of interest suggesting that neuroplasticity could be induced with HAL rehabilitation allowing the weakened bioelectrical signals to transcend the SCI to show genuine improvements.

Keywords

exoskeleton, spinal cord injury, rehabilitation, mobility, continence, pain, quality of life

HAL[®]製品シリーズ

:医療用HAL下脚タイプは、ALSなどの10疾患の神経難病にて保険適用

	下肢タイプ		単関節タイプ		腰タイプ
					
用途	医療用	自立支援用	医療用	自立支援用	自立・介護・作業支援用
アシストする運動	歩行、スクワット、立ち座り または 股関節、膝関節の単関節運動		肘関節、膝関節、足関節 の単関節運動		体幹・下肢の運動。 腰部への応力負荷を軽減。
	神経・筋難病(指定 10疾患)を対象	×	運動量増加機器加 算の範囲で脳卒中、 脊髄損傷を対象	×	×

※下肢と単関節タイプの画像は、医療用

サイバニクス技術の国際プラットフォーム化戦略 20国以上

世界各国・地域の政治/行政/アカデミア/関連業界と連携して展開



Cyberdyne Care Robotics
(ドイツ)

EMEA拠点
Cyberdyne Care
Robotics GmbH
(Germany)



Coopselios
(イタリア)



PERKESO - REHABILITATION
CENTRE MELALA
(マレーシア)

APAC拠点
CYBERDYNE
MALAYSIA
SDN. BHD.

**CYBERDYNE
本社**



Singapore General Hospital
(シンガポール)



RISE Healthcare Group
(米国カリフォルニア州)



Brooks Rehabilitation
(米国フロリダ州)

米州拠点
CYBERDYNE
USA INC.

【ヘルスケア】 Neuro HALFIT（生活期の機能改善プログラム）

ロボケアセンター等における脳神経・筋系の機能改善プログラム



HAL腰タイプ



HAL単関節タイプ



HAL下肢タイプ



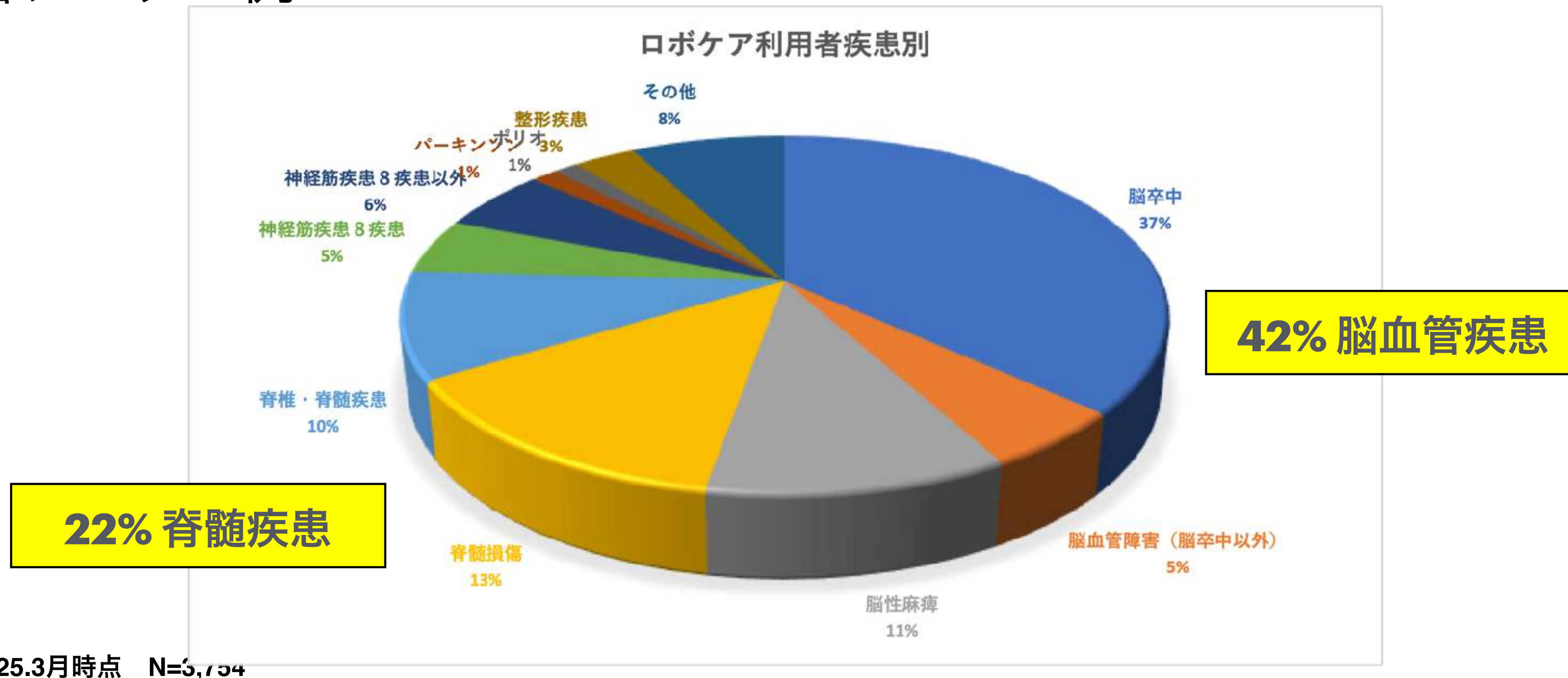
ロボケアセンター：Neuro HALFIT®の全国展開

個人向け医療ヘルスケアサービス事業のハブ拠点の拡大



全国19拠点で展開

利用者データの例



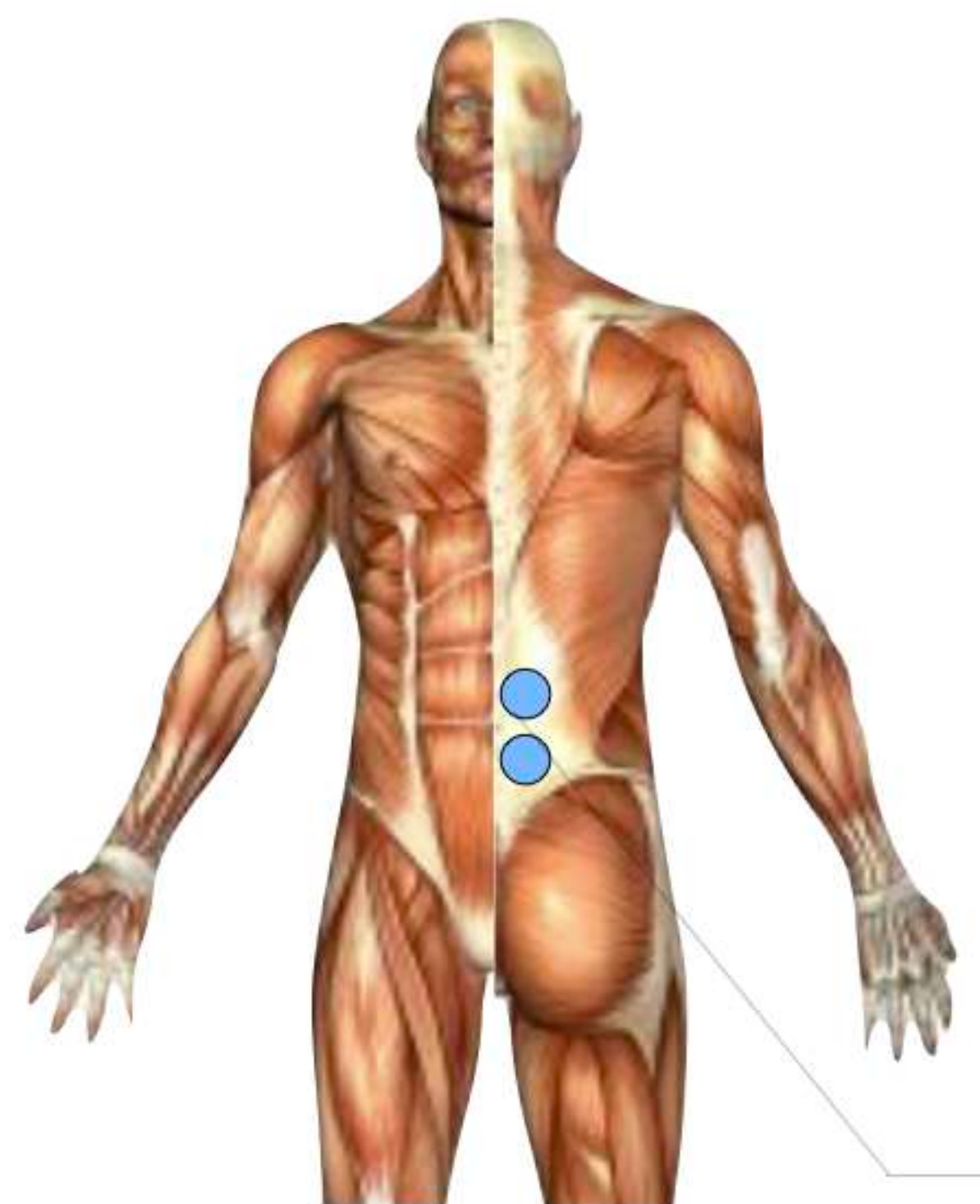
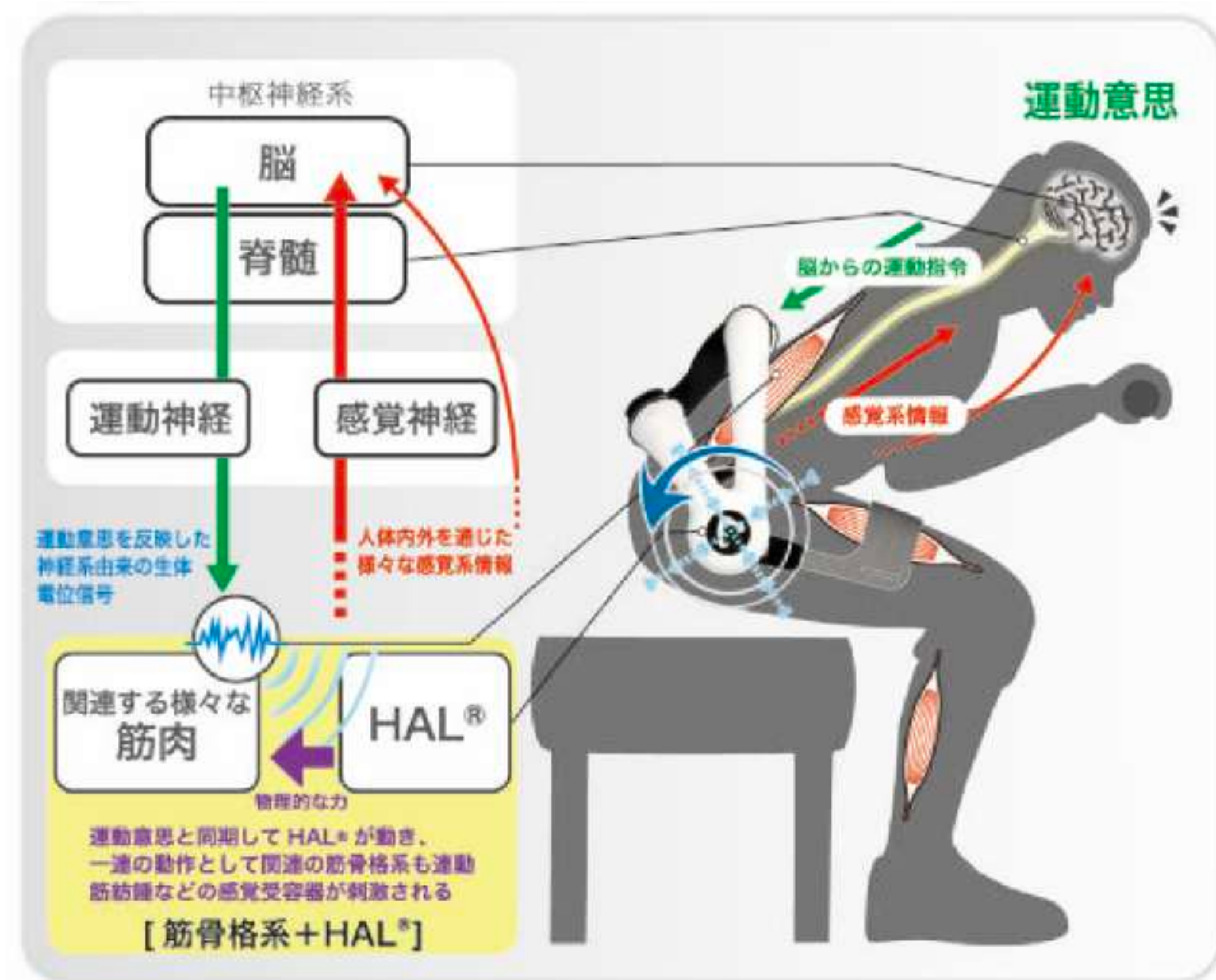
60分 12,000円 から 15,000円

神奈川県との取組み 2015年4月より

- ・ 「湘南ロボケアセンター」における先進的取組みが
神奈川県の商標「ME-BYO」使用許諾第1号
- ・ 革新的ロボット技術と「未病」コンセプトの融合による
新たな健康寿命延伸モデルの創出
- ・ 革新的ロボット技術を活用した未病を治す社会を支える
新たな社会システムの構築に向けた取組み

HAL腰タイプの動作原理

自らの意思で動く!! : 脳・神経回路の再構築を狙う.





①骨盤前後傾の繰り返し



②体幹・股関節屈曲による前屈



③立ち上がり



④スクワット

楽に立ち上がれることで活量量が変化：生体電位の変化も見れる



歩行訓練なしでも体幹の安定により歩行機能が向上

HAL実施前

27.34秒

27歩



10m歩行速度の変化
初回～実施8回目

HAL8回実施後

9.82秒

23歩



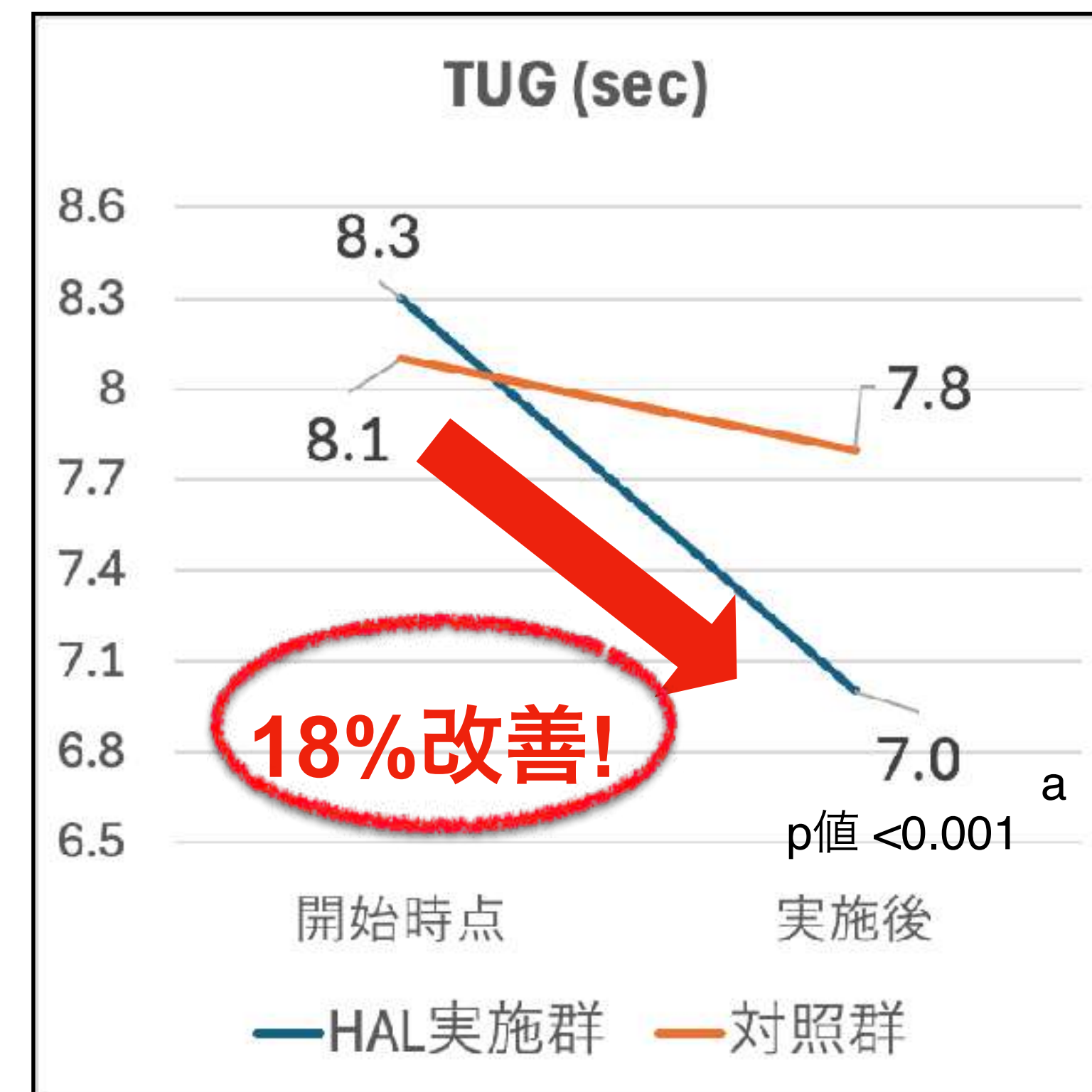
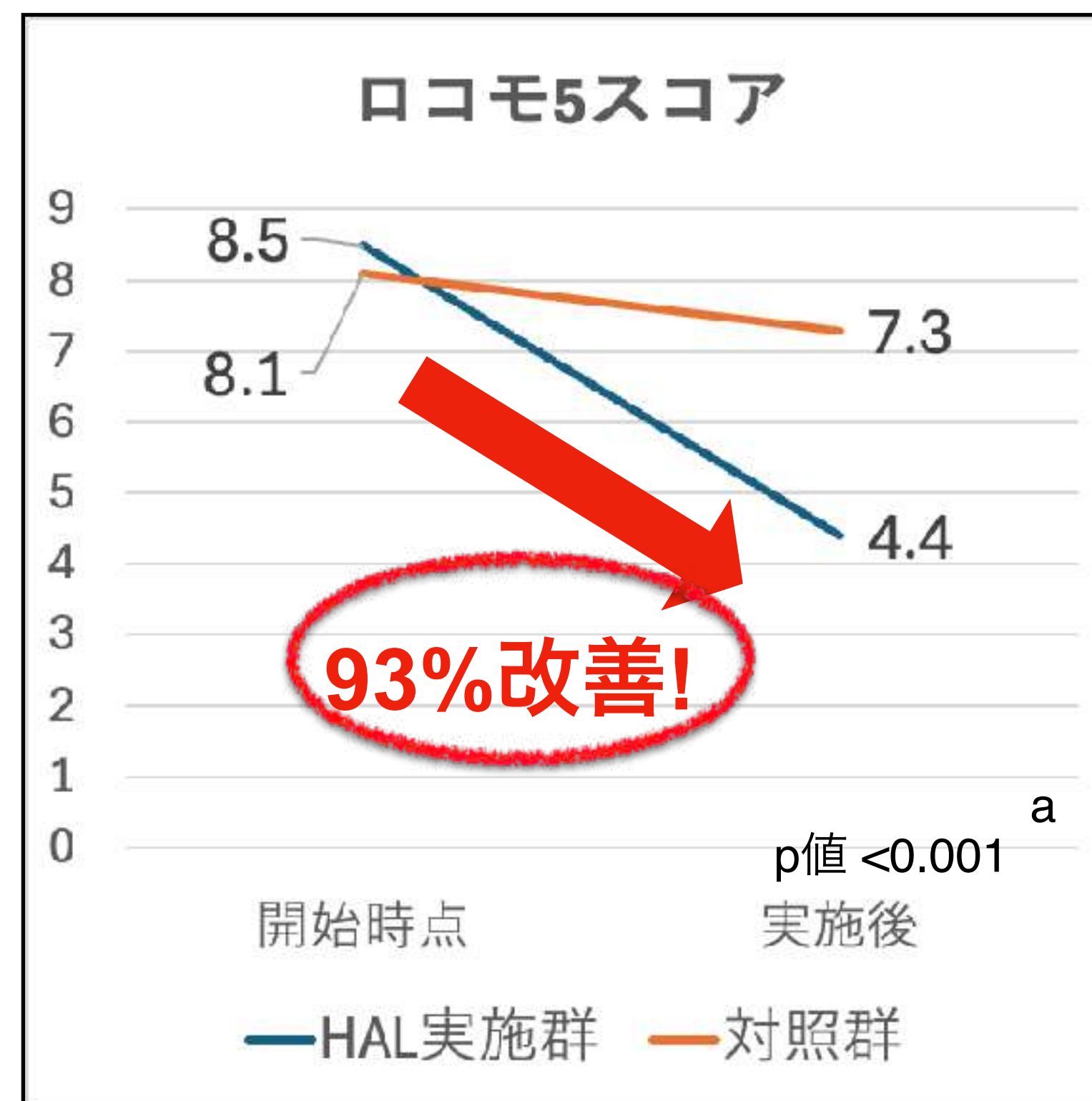
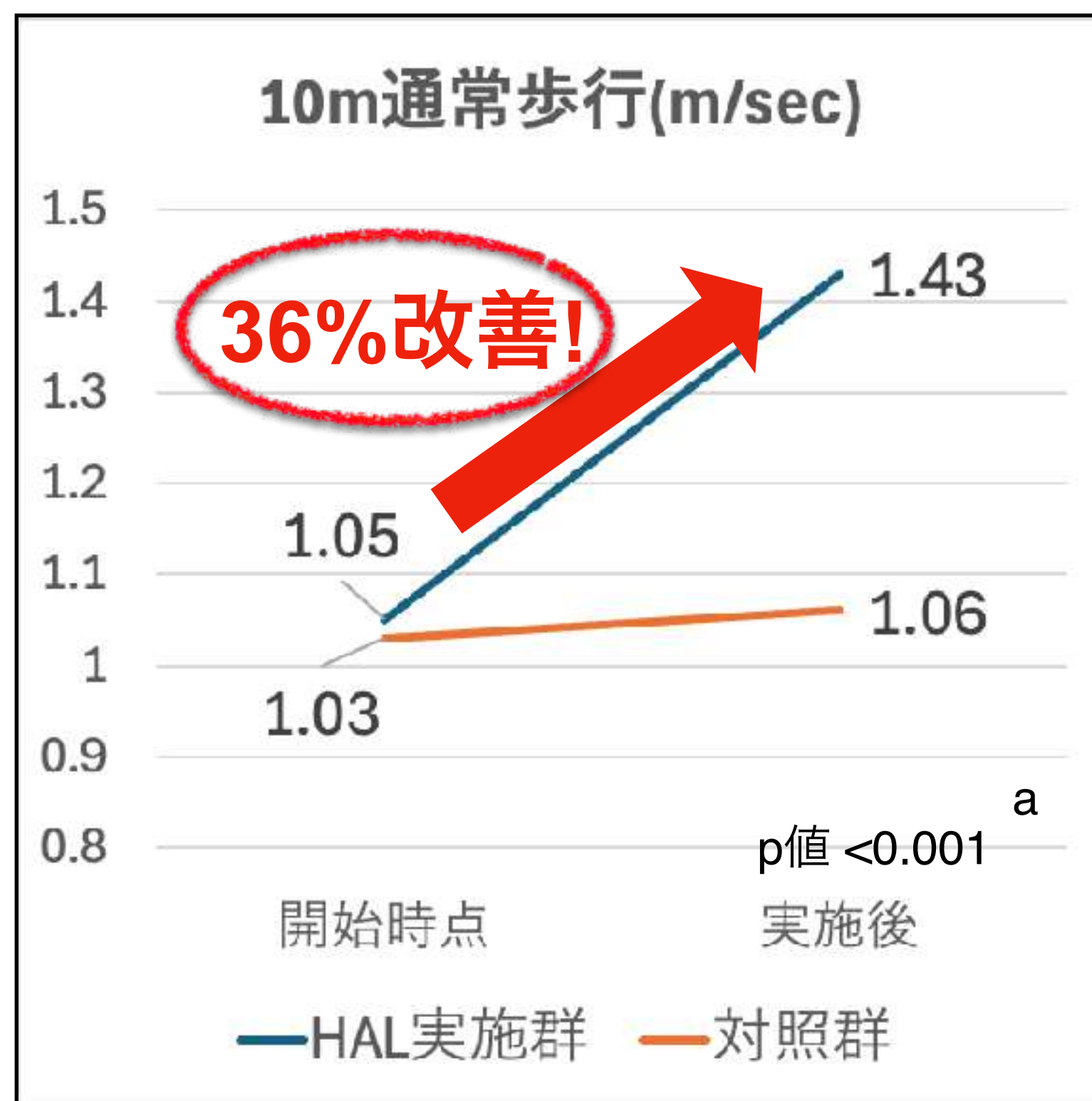
7回目HAL実施後（歩行器なしで計測可能に）



高齢者の移動機能(立つ・歩く・座るなど日常動作)が大きく改善

神奈川県立保健福祉大学

計10回(週2回 x 5週間)の短期介入での評価結果



募集N=80名のうち、参加者n=79名(平均年齢：約75歳、HAL実施群40名(脱落者1名)、対照群39名(脱落者1名))の結果。

a: P値は2元配置反復測定分散分析を使用して算出。時間(介入前後)と群間(HAL実施群と対照群)の交互作用を検証。P値が5%未満の場合、統計的有意であると判断。

10m通常歩行の介入後変化量の群間差(平均)は0.35。ロコモ5スコアの介入後変化量の群間差(平均)は-3.3。

Saito Y, Nakamura S, Kasukawa T, Nagasawa M, Oguma Y, Narimatsu H. Efficacy of exercise with the hybrid assistive limb lumbar type on physical function in mobility-limited older adults: A 5-week randomized controlled trial. Exp Gerontol. 2024;112536. Epub 20240802. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2024.112536>

【HAL腰タイプ】 フレイルに対する臨床試験 (福岡大学)

パーキンソン病を含む身体フレイルの改善に対する有効性が示唆された

1セッションは20-30分のスクワット中心の運動

1週間で計5セッション

対象患者：身体フレイルと診断された16名
(パーキンソン病8名、非パーキンソン病8名)

比較方法：全16名に対し、HAL装着状態の体幹運動を
計5セッション実施後にパーキンソン病群と
非パーキンソン病群の改善値を比較

運動療法：HAL腰タイプを装着して座位での骨盤前後傾斜、
前方リーチ 各30回。スクワット、回数は疲労に応じて。

改善結果：両群間で大きな傾向の差は確認されず、
全16名に対して全指標で顕著な改善効果が確認

非パーキンソン病群

	実施前	実施直後	1ヶ月後	3ヶ月後
10M歩行テスト	23.3	15.9 (0.012)	16.3 (0.012)	18.5 (0.012)
歩幅	0.38	0.43 (0.012)	0.46 (0.012)	0.41 (0.012)
TUG	30.1	18.3 (0.012)	20.5 (0.012)	27.1 (0.093)
CST-30	4.5	6.0 (0.017)	6.0 (0.011)	7.5 (0.024)
静止時のVAS	35.5	8.0 (0.036)	10.5 (0.012)	23.0 (0.233)
動作時のVAS	49.0	9.5 (0.017)	11.0 (0.028)	24.0 (0.176)

パーキンソン病群

	実施前	実施直後	1ヶ月後	3ヶ月後
10M歩行テスト	15.3	9.6 (<0.001)	12.0 (0.001)	10.4 (0.006)
歩幅	0.37	0.51 (<0.001)	0.42 (0.001)	0.52 (0.003)
TUG	17.7	14 (<0.001)	14.6 (0.002)	11.7 (0.136)
CST-30	4.0	6.5 (0.001)	7.0 (0.001)	9.0 (0.006)

Kotani, N., Morishita, T., Yatsugi, A., Fujioka, S., Kamada, S., Shiota, E., Tsuboi, Y., & Inoue, T. (2020). Biofeedback Core Exercise Using Hybrid Assistive Limb for Physical Frailty Patients With or Without Parkinson's Disease. Frontiers in neurology, 11, 215. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00215>

慢性腰痛に対するHAL腰タイプを用いた運動療法の即時効果

Yasunaga Y, Cureus, 2022 in Press

対象

- 慢性腰痛
35例（男性 14例, 女性 21例）
- 年齢： 58 ± 15歳
- 身長： 161.8 ± 8.7 cm
- 体重： 61.9 ± 11.9 kg

運動療法

- HAL腰タイプを装着して座位での体幹前屈訓練 90秒，
立ち上がり訓練 90秒，スクワット訓練 10回 x 3セット

結果

有害事象 なし

評価項目	介入前	介入後	効果量	検出力
腰部VAS (cm)				
屈曲	1.14±1.49	0.41±0.81**	0.57	0.89
伸展	1.65±1.98	0.71±1.17**	0.55	0.86
右横曲げ	1.38±2.17	0.61±1.34**	0.41	0.62
左横曲げ	1.77±2.48	0.77±1.52**	0.42	0.74
右回転	0.63±1.68	0.22±0.76**	0.28	0.35
左回転	0.77±1.68	0.23±0.71**	0.37	0.55
指床間距離(FFD) (cm)	7.6±13	0.30±13.6**	0.57	0.90
下肢伸展挙上テスト(SLR) (°)				
右	76±13	91±14**	1.05	0.99
左	76±13	89±13**	0.99	0.99
腸腰筋柔軟性評価(Thomas変法) (cm)				
右	2.9±2.6	2.2±2.3**	0.28	0.36
左	3.2±2.7	2.7±2.4**	0.31	0.42

腰痛と股関節の柔軟性が改善された.

参考:痛みが減り、再び運動しようという気持ちが出た



たった4週間／8回の低負荷運動のセッションなのに…

立上り機能の向上と体重減少に加えてコレステロール値が改善

背景

糖尿病管理は運動療法が必須だが、継続が難しい。

HAL腰タイプは様々な疾患で有効性が報告されているが、糖尿病患者での検討は初。

目的

HAL腰タイプを用いた運動療法の安全性と実施可能性を確認。

体力・代謝指標への効果を探索的に評価。

方法

糖尿病患者9名（平均69歳）。週1～2回、全8回（計4～8週間）。

内容：ストレッチ30分、スクワット15分、歩行15分。

主評価項目：立ち上がりテスト（STS）。

副次項目：体重、BMI、血液検査（HbA1c、脂質など）。

結果

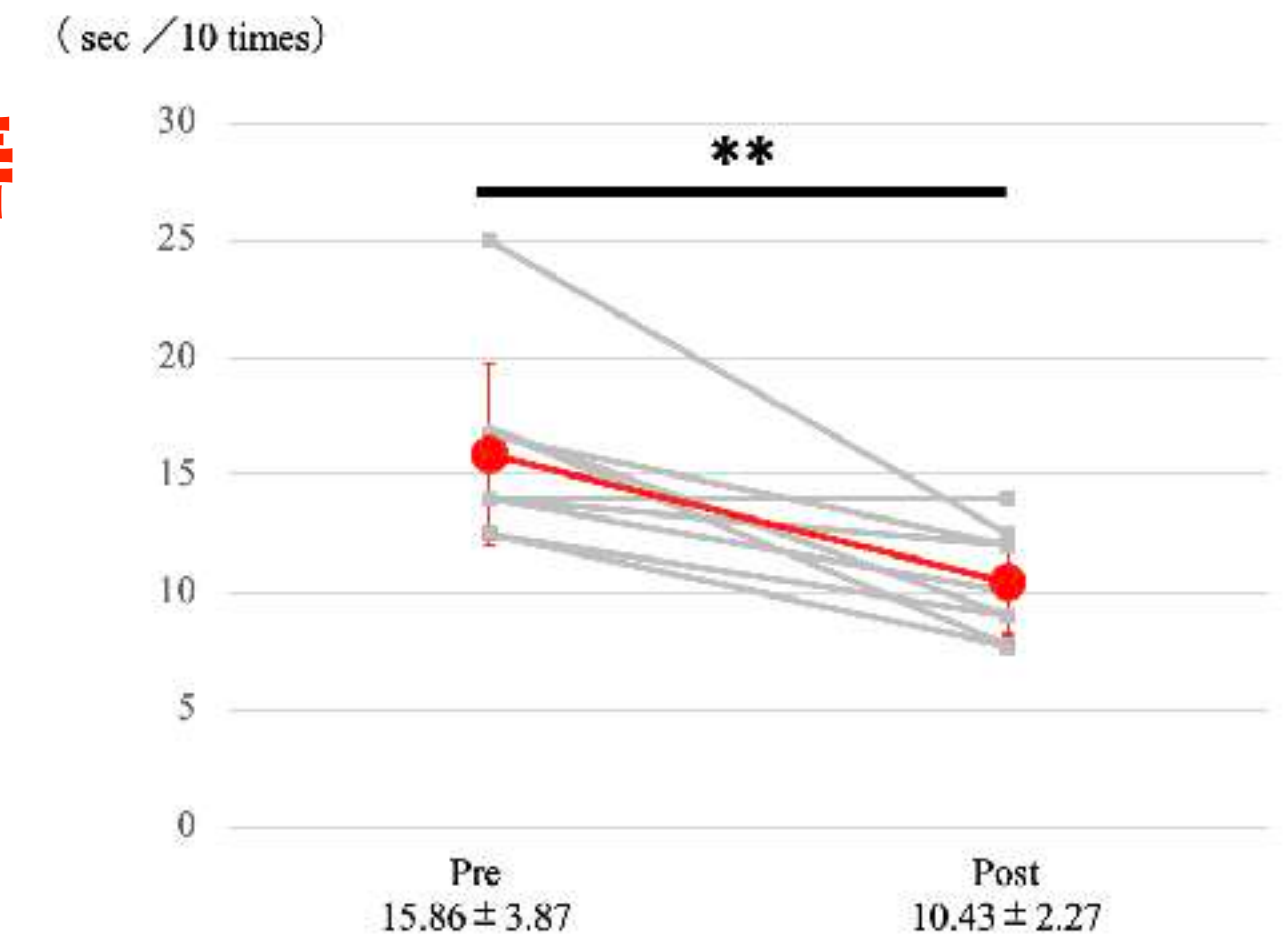
全員が脱落なく完遂、安全性確認。

STS：15.9秒 → 10.4秒（有意改善、 $p<0.005$ ）。

体重：72.7kg → 70.7kg（ $p<0.05$ ）。

総コレステロール：200 → 183 mg/dL（ $p<0.05$ ）。

LDLコレステロール：114 → 102 mg/dL（ $p<0.01$ ）。



Figuc3 Changes in STS test

** : A paired t-test showed a significant difference before and after the intervention ($P<0.005$)

参加者の声

「立ち上がりが速くできて驚いた」

「思ったより楽にできた」

「運動習慣がついた」「膝痛が軽減し趣味を楽しめた」

結論

HAL腰タイプによる運動は安全に実施でき、

短期間でも体力・脂質代謝の改善を確認。

糖尿病管理の新しいアプローチとして有望。

今後は大規模研究・長期効果の検証が必要。

装着前：10回



装着中：15回



装着後：15回



映像は開始50秒後からで、後半きつくなってから変化が。)

	介入前	介入中	介入後
1分間立ち上がり回数 (回数)	10	15	15
座位-離殿時間 (秒)	0. 68	0. 47	0. 27
座位-立位時間 (秒)	1. 10	1. 22	0. 70
離殿時の股関節角度 (°)	94	96	103

①運動器障害（含高齢者）の「従来の臨床普及と今後」（2）

高齢者（3mTUGの変化）※年齢：78歳 要介護2 20分のNeuroHALFIT®後の変化



実施前→15.0秒



実施後→9.9秒

【HAL腰タイプ】 フレイルに対する臨床試験

パーキンソン病を含む身体フレイルの改善に対する有効性が示唆された

- ・ 実施3ヶ月後のフォローアップでも、実施前と比較して身体機能の改善が維持されていることが確認された
- ・ この結果などを基に医師主導治験を準備中

対象患者：身体フレイルと診断された16名
(パーキンソン病8名、非パーキンソン病8名)

比較方法：全16名に対し、HAL装着状態の体幹運動を
計5セッション実施後にパーキンソン病群と
非パーキンソン病群の改善値を比較

運動療法：HAL腰タイプを装着して座位での骨盤前後傾斜、
前方リーチ 各30回。スクワット、回数は疲労に応じて。
1セッションは20-30分、1週間で計5セッション

改善結果：両群間で大きな傾向の差は確認されず、
全参考: 運動を前向きに取り組むようになった

非パーキンソン病群

	実施前	実施直後	1ヶ月後	3ヶ月後
10M歩行テスト	23.3	15.9 (0.012)	16.3 (0.012)	18.5 (0.012)
歩幅	0.38	0.43 (0.012)	0.46 (0.012)	0.41 (0.012)
TUG	30.1	18.3 (0.012)	20.5 (0.012)	27.1 (0.093)
CST-30	4.5	6.0 (0.017)	6.0 (0.011)	7.5 (0.024)
静止時のVAS	35.5	8.0 (0.036)	10.5 (0.012)	23.0 (0.233)
動作時のVAS	49.0	9.5 (0.017)	11.0 (0.028)	24.0 (0.176)

パーキンソン病群

	実施前	実施直後	1ヶ月後	3ヶ月後
10M歩行テスト	15.3	9.6 (<0.001)	12.0 (0.001)	10.4 (0.006)
歩幅	0.37	0.51 (<0.001)	0.42 (0.001)	0.52 (0.003)
TUG	17.7	14 (<0.001)	14.6 (0.002)	11.7 (0.136)
CST-30	4.0	6.5 (0.001)	7.0 (0.001)	9.0 (0.006)

Kotani, N., Morishita, T., Yatsugi, A., Fujioka, S., Kamada, S., Shiota, E., Tsuboi, Y., & Inoue, T. (2020). Biofeedback Core Exercise Using Hybrid Assistive Limb for Physical Frailty Patients With or Without Parkinson's Disease. Frontiers in neurology, 11, 215. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00215>

短時間でも動作を変えることで効果が出せる？ 7分 × 4回

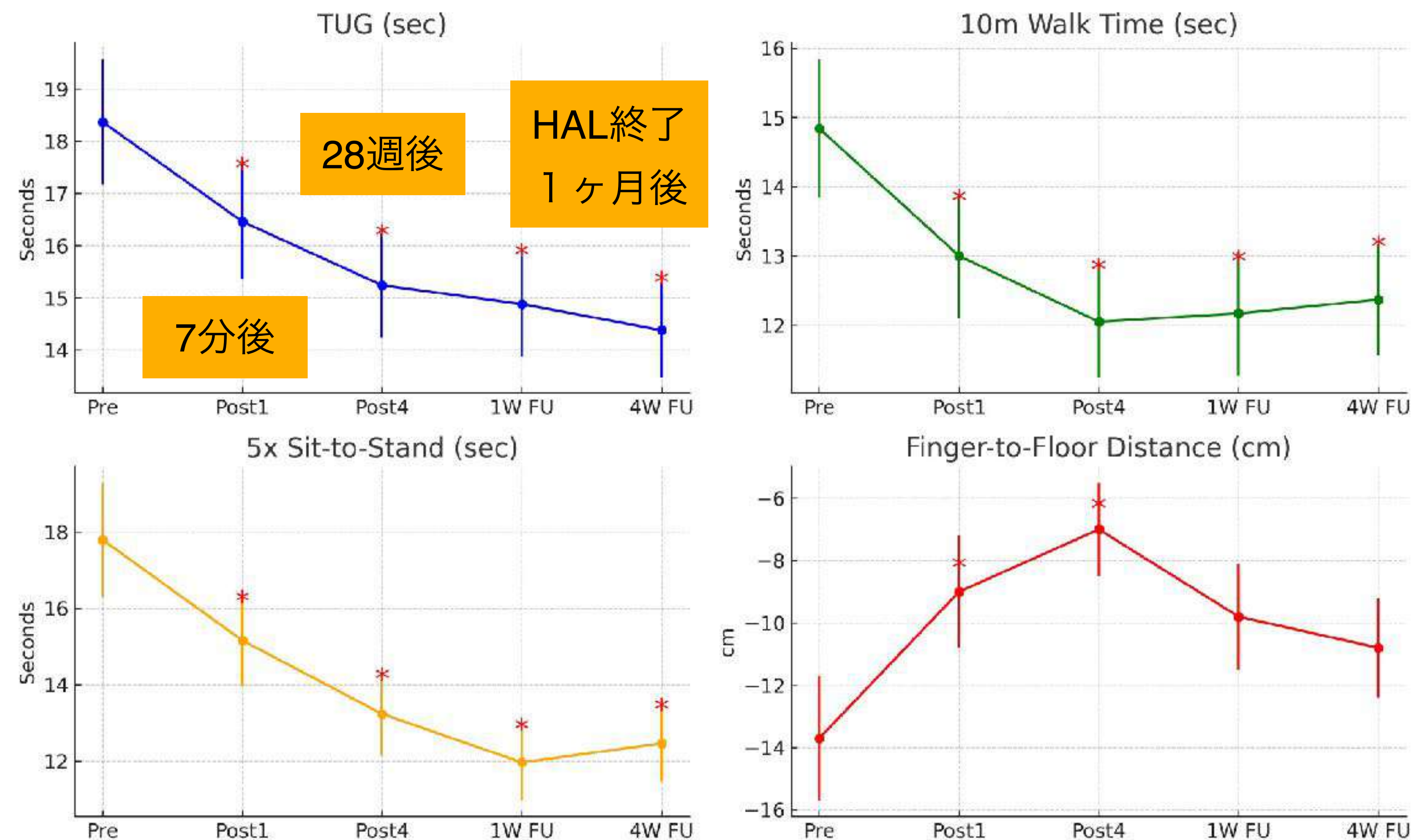
10名の通所リハに通う高齢者
平均年齢: 82.3 歳

装着から外すまで10分以内の
(運動時間は約7分)

立上り訓練、スクワット訓練



Effect of Short HAL Lumbar Program with SD and Significance



運動習慣をつけることでHALをやめてからも効果が持続する可能性あり。

短時間でも動作を変えることで効果が出せる？ 7分 × 4回

タニタ 体組成計による変化

項目	介入1週間前	介入1週間後	介入1か月後	傾向
体重 (kg)	55.6 ±10.1	55.8 ±11.2	57.1 ±10.6	わずかに増加 (+1.5kg)
体脂肪率 (%)	28.1 ±10.3	27.0 ±11.8	27.0 ±12.1	わずかに低下 (-1.1%)
脂肪量 (kg)	16.25	16.02	16.37	ほぼ横ばい
除脂肪量 (kg)	39.28	39.83	40.73	増加傾向 (+1.4kg)
筋肉量 (kg)	37.18	37.68	38.52	明確な増加傾向 (+1.3kg)
基礎代謝 (kcal)	1085.9	1099.3	1122.9	上昇傾向 (+37 kcal, +3.4%)



HALによる1か月の短時間運動介入は、
① 下肢筋力・歩行能力・柔軟性の改善（有意差あり）
＋ ② 筋肉量・除脂肪量の増加傾向
＋ ③ 運動習慣形成
を同時に引き起こしている。

結論

HALは「短期間で成果が実感できる」運動療法。
成果を体感することで運動習慣が形成され代謝改善へつながる。

🌱 Banduraの「自己効力感理論 (Self-Efficacy Theory)」

「人は成功体験によって『自分是可以できる』という信念を強め、それが行動の継続を生む。」

短時間成果の意義：

- ・ 短期間（たとえばHALで1回・1週間）でも「歩けた」「痛みが減った」などの変化が出ると、
→ 「自分にもできる」と感じる（＝自己効力感の上昇）。
- ・ この達成感が**脳の報酬系（ドーパミン分泌）**を刺激し、
次の行動意欲（もう一度やってみよう）を引き出す。

➡ 成功 → 自信 → 継続 → 習慣化 のポジティブループが生まれる。

運動意思により駆動するロボット支援上肢運動における脳活動

目的：HALのような意思検出型アシスト運動が、

受動的運動と比較して脳をどのように刺激するかを検証。

方法：健常成人20名（平均26.8歳）を対象に、fNIRSで脳活動を測定。

3条件で比較：1 no HAL（自力運動）

2 active HAL（意思に基づく能動アシスト）

3 passive HAL（外部操作による受動運動）

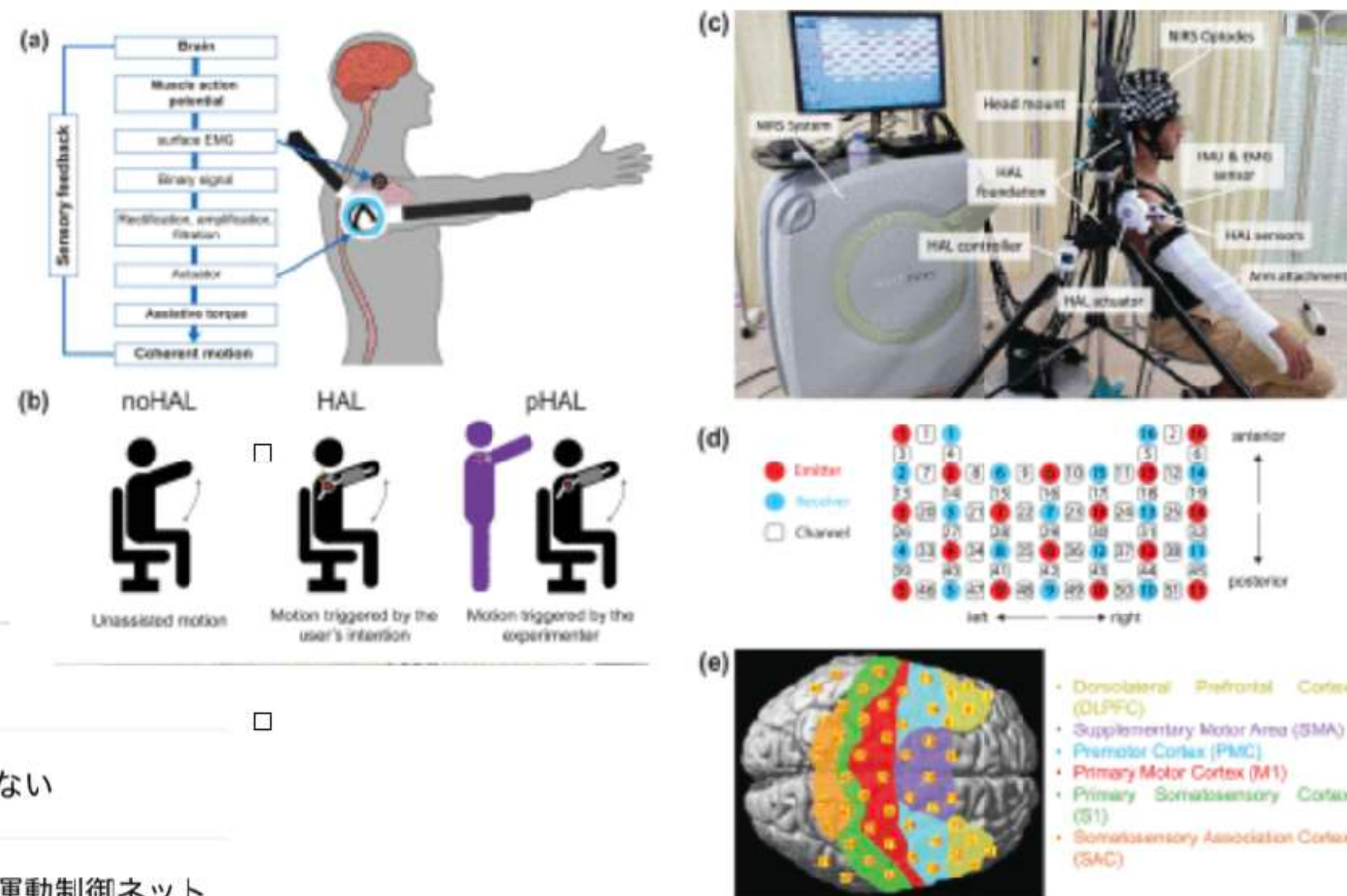
結果（脳活動パターン）

条件	活性化領域	特徴
no HAL	M1・S1（一次運動野・体性感覚野）	通常の運動制御
passive HAL	活動ほぼなし	意図のない動きでは脳が学習しない
active HAL	DLPFC（背外側前頭前野）・SMA（補足運動野）強く賦活	意思・計画・学習に関わる高次運動制御ネットワークが活性化

ポイント：

HALによる「意思を伴う運動」は、
受動的運動よりも広範で強い脳活動を誘発し、
神経可塑性（neuroplasticity）を引き出す可能性がある。

筑波大学 × IEEE（Lafitte et al., 2025）



解釈・意義

意図的運動 → DLPFC・SMA・M1活性化

これらは**学習・集中・記憶形成（frontal-hippocampal network）**

HALは「身体の訓練」ではなく「脳の再学習を促す運動療法」

HAL腰タイプを用いた運動機能トレーニングによる認知機能改善の有効性

- ・ 高齢者が健康的で生き生きとした生活を送る上で、高齢者の身体機能と認知機能の維持は重要である。本研究ではロボット技術を応用した**HAL腰タイプ**（cybernic suit HAL®; CYBERDYNE社）を用いて、**体幹・下肢機能のトレーニング**を行った症例から運動・認知機能に関する情報を取得し、**認知機能への効果**について検証する。
- ・ 研究責任医師：石内 勝吾
- ・ 80例
 - 1) 認知機能の低下の疑いのある者
 - 2) 軽度認知障害と診断された症例
 - 3) 軽度認知症疑いと診断された症例

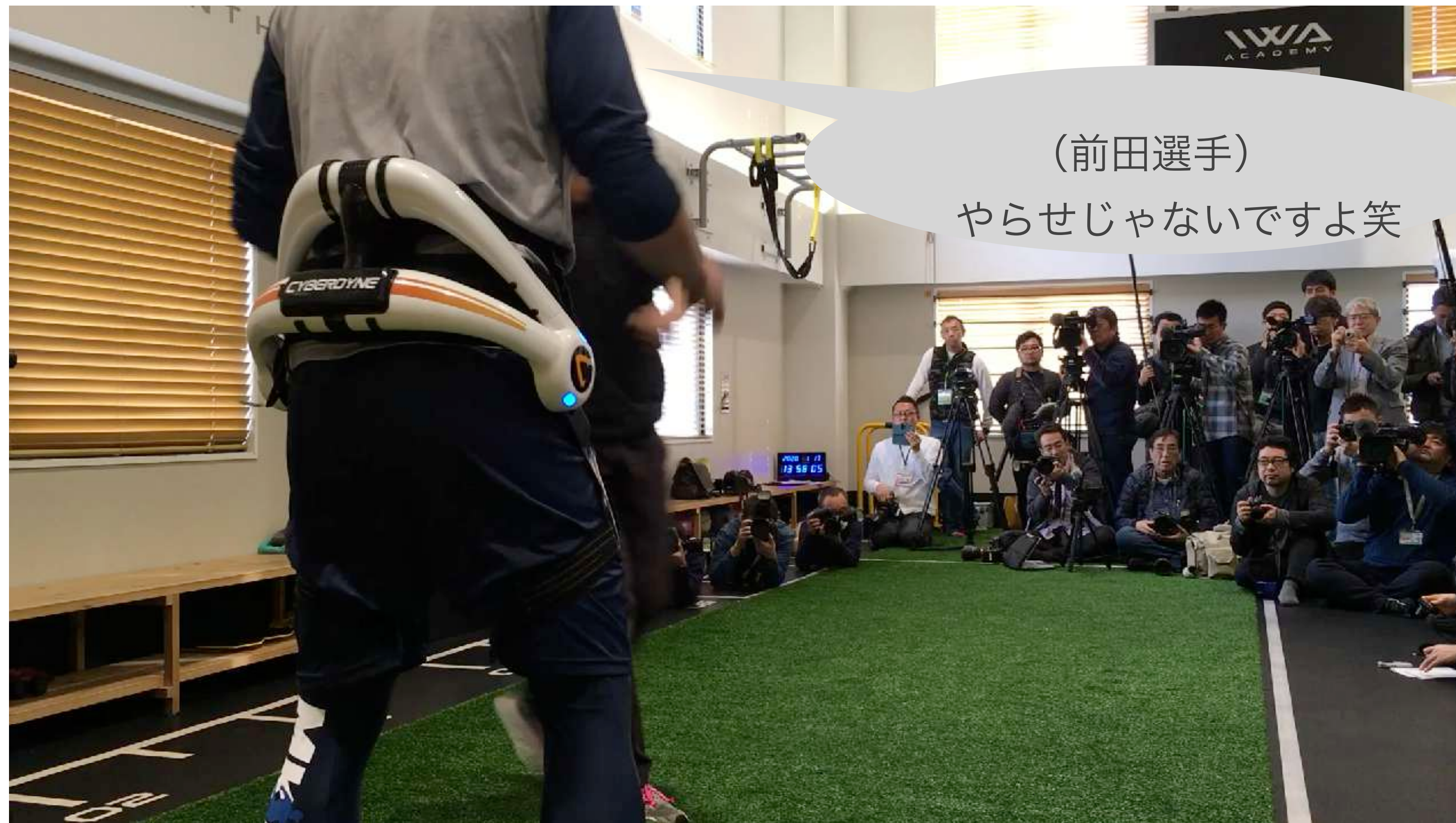
スポーツ障害・コンディショニング（野球）

脳神経・筋系のパフォーマンスの向上（前田健太選手）

2回アシスト付きでジャンプし、
約1 m伸びて...

（前田選手）

やらせじゃないですよ笑



HALによる随意訓練プログラムによるテニス競技におけるサーブのスピードは即時的な変化

スクワット 10回 x 2セット



Figure 5. CVC squat exercise with the Hybrid Assistive Limb®.

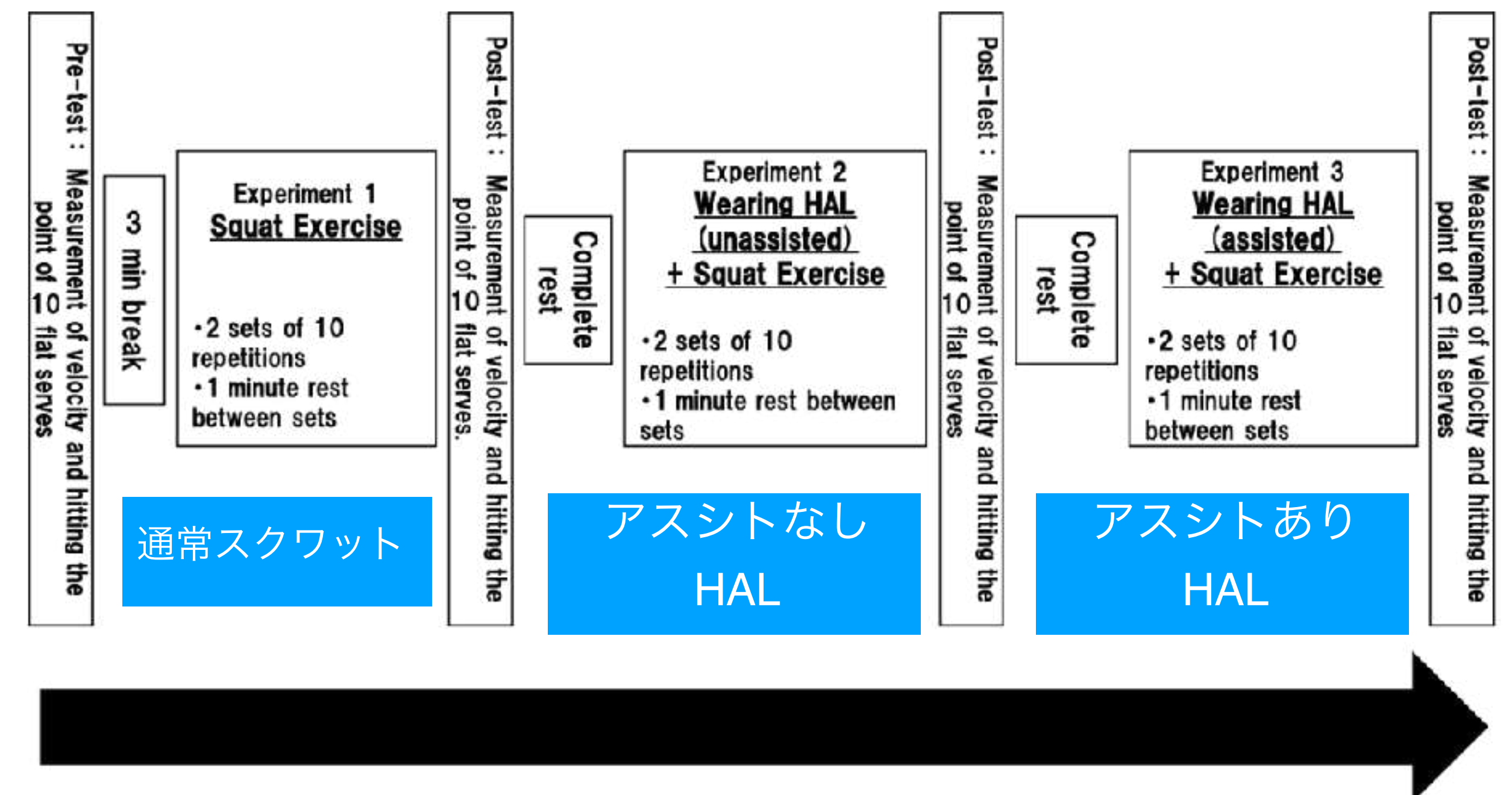


Figure 6. Experimental procedure. HAL: Hybrid Assistive Limb

HALによるスクワットでサーブのスピードは即時的に変化するか？



HALによる随意訓練プログラムによるテニス競技におけるサーブのスピードは即時的な変化

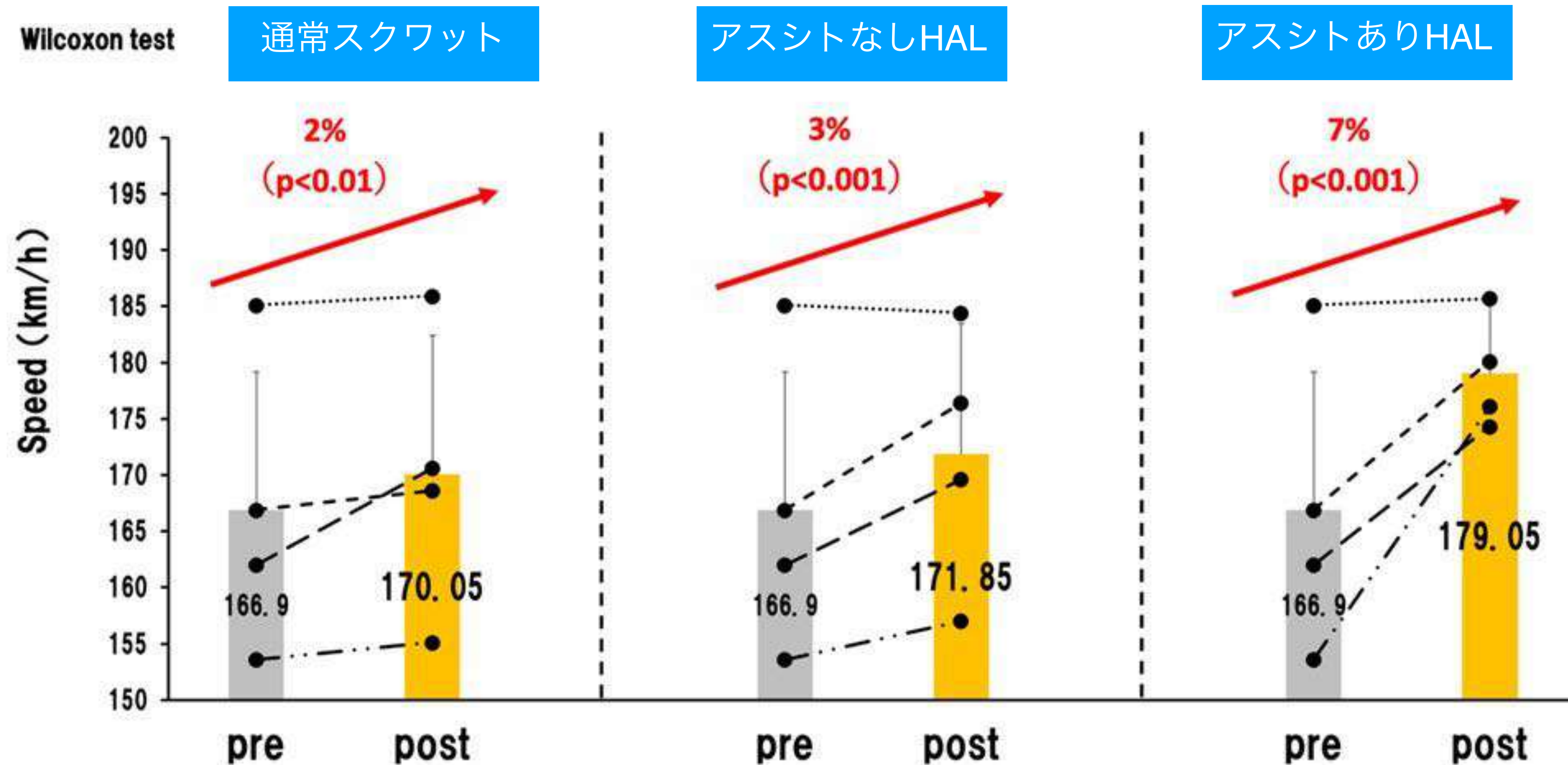


Figure 7. Change in serve speed from pre-test to post-test condition.

HALによる随意運動プログラムにより、即時的にテニスのサーブスピードが向上した。



スポーツ障害・コンディショニング（ゴルフ）

不適切な収縮/弛緩のタイミングとその改善～ドライバーショット～



●構えた状態で筋肉を緊張させてしまっているため、HAL®が反応

●この状態からスウィングを開始すると、使うべき力をロスする。

Before



●余計な緊張が抜ける構えを探し、HAL®の不必要な反応がなくなったタイミングでスウィングを開始。

After

ゴルフ×HAL：スイングスピード向上の効果検証

@リフネスかいこうゴルフスタジオ



HAL実施前後のスイングスピードを比較
(実施内容は20回程度のスクワットのみ)

	K	T	I	K子
前	37	43	48	31
	↓	↓	↓	↓
後	45	46	50	34

ヘッドスピード (m/s) : VOICE CADDIE スイング測定器 SC300 使用

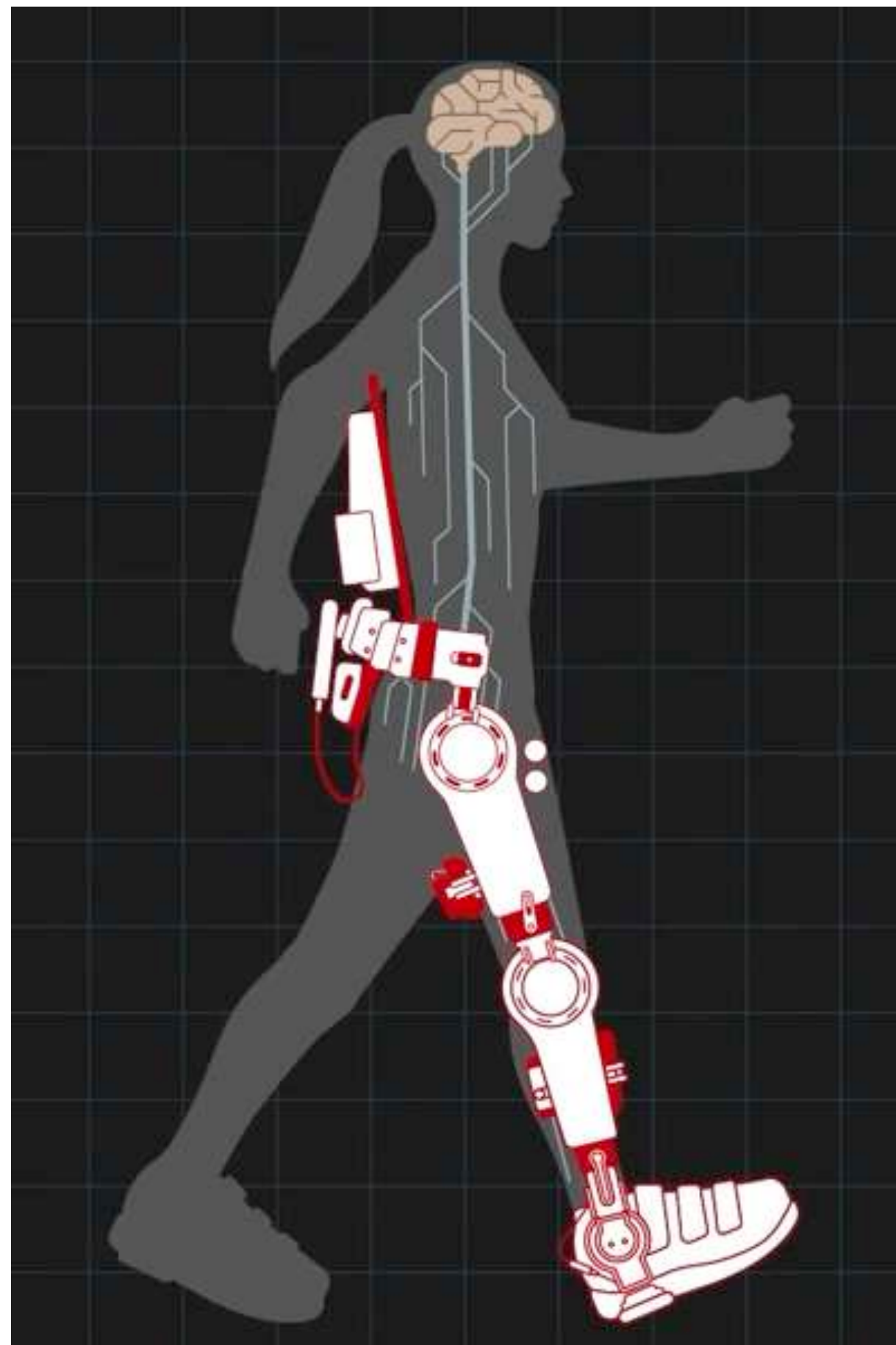
HALによる運動は、

意図的運動による前頭葉・海馬活性化

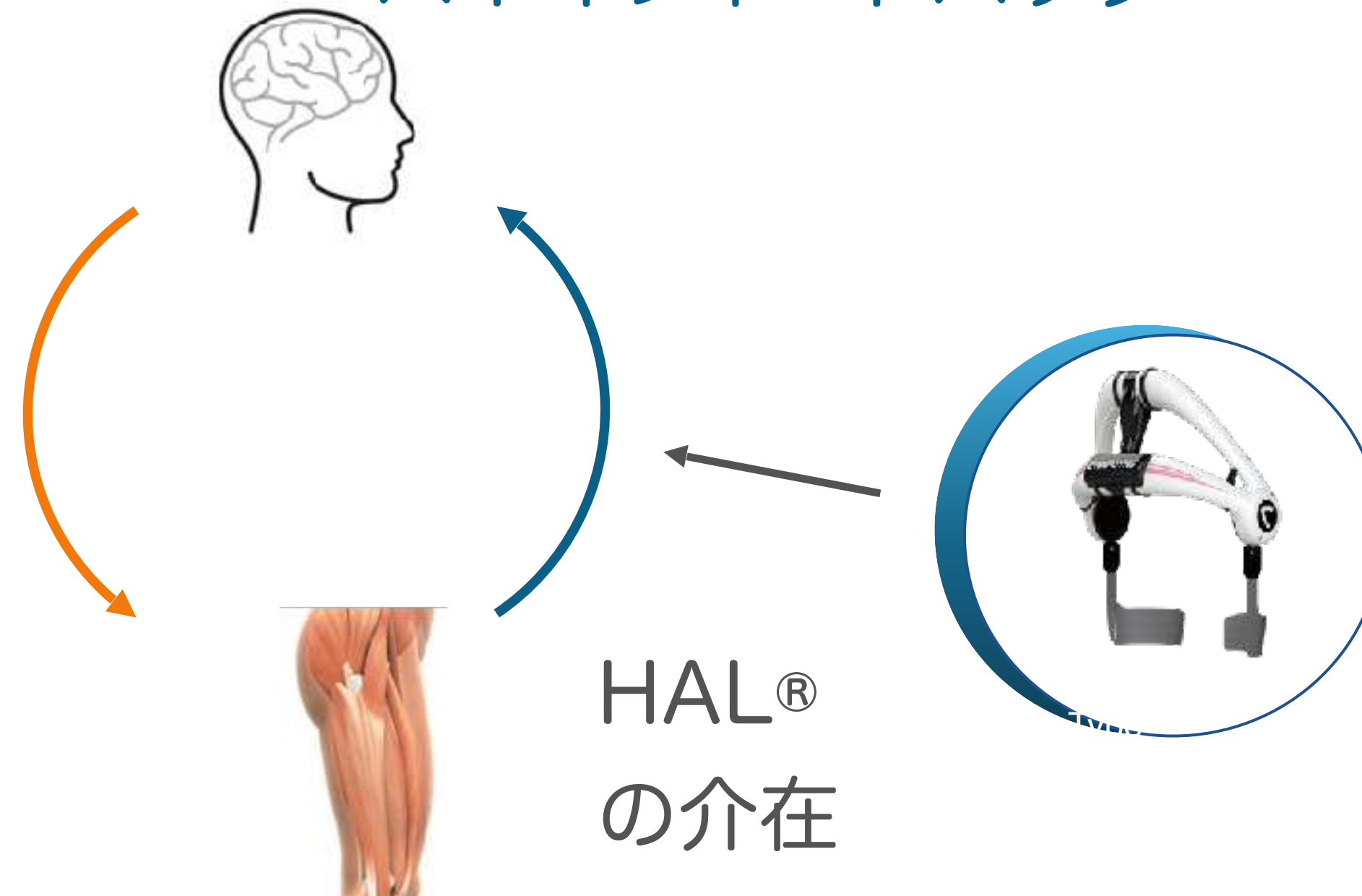
成功体験による自己効力感と意欲の維持

運動継続による脳機能・代謝・ホルモンの改善を通じて、

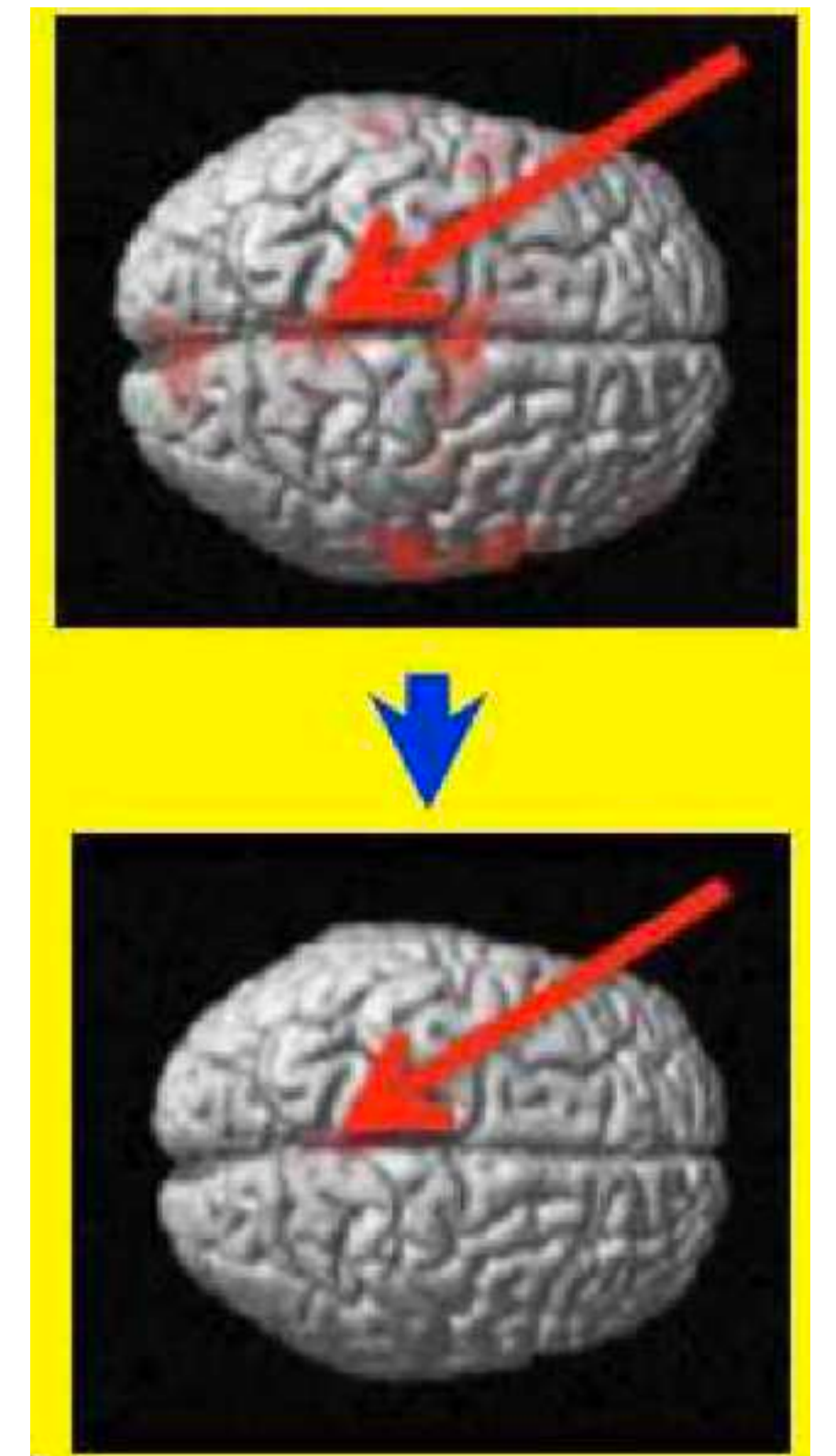
MCI（軽度認知障害）段階の未病改善に高い可能性を持つ。



インタラクティブ
バイオフィードバック



生体電位信号



“腰痛 + 高齢者 フィットネス”



パーソナル	30分	5,500円
ペア	30分	3,850円 x 2 = 7,700円
訪問	30分	7,500円

 **NEURO** 
HALFIT®
powered by CYBERDYNE





Thank you.