

第10回 日本神経理学療法学会サテライトカンファレンス 大阪
「中枢神経系疾患の歩行再建」



日時：2018年1月14日(日) 11:00~16:00
会場：大阪行岡医療大学

開催趣意

日本神経理学療法学会は、平成26年度より年3回のサテライトカンファレンスを開催し、中枢神経系疾患の理学療法における重点課題について活発な議論を積み重ねてきました。そのなかでも、歩行再建は中枢神経障害をもつ人々のリハビリテーションにおいて極めて重要な課題であり、近年目覚ましい進歩を研げている再生医療やロボティクスと融合して、我われ理学療法士が責任と自覚をもって取り組む必要があります。今回は、多くの会員にとって最も関心のある分野の一つである「中枢神経系疾患の歩行再建」をテーマにサテライトカンファレンスを企画し、我われ理学療法士の研鑽の場としたいと思っております。

日本神経理学療法学会 第10回サテライトカンファレンス 大阪
担当運営幹事 羽田 晋也 (JCHO 星ヶ丘医療センター)

第10回 日本神経理学療法学会サテライトカンファレンス 大阪

日時：2018年1月14日(日曜日) 11:00~16:00(受付10:20~)
会場：大阪行岡医療大学(大阪府茨木市船場寺1丁目1-41)
テーマ：「中枢神経系疾患の歩行再建」

プログラム

- 10:20~受付開始
- 10:50~開会の挨拶
- 11:00 ~ 12:30 基調講演
「歩行トレーニングの展望と課題」
講師：大畑光司 (京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻)
司会：羽田晋也 (JCHO 星ヶ丘医療センター)
- 13:15 ~ 14:45 シンポジウム
「中枢神経系疾患の歩行トレーニング」
司会：松田淳子 (大阪行岡医療大学)
- 1. 急性期脳卒中における歩行トレーニングの要点 榎田耕造 (JCHO 星ヶ丘医療センター)
- 2. 回復期脳卒中における歩行トレーニングの要点 藤田暢一 (森之宮病院)
- 3. 脊髄損傷における歩行トレーニングの要点 鳥山貴大 (神奈川リハビリテーション病院)
- 15:00 ~ 16:00 総合討論
司会・コメンテーター：吉尾雅幸 (千葉リハビリテーション病院)
シンポジスト：榎田耕造 (JCHO 星ヶ丘医療センター)
藤田暢一 (森之宮病院)
鳥山貴大 (神奈川リハビリテーション病院)
- ~ 12:30 ~ 13:15 昼 休 憩 ~

講師経歴

大畑 光司 (おおはた こうじ) 氏
京都大学大学院医学研究科 人間健康科学系専攻

略歴	所属学会
学部：平成6年に京都大学医歯学短期大学保健学療法学科卒業。 学位授与機構にて学士(保健衛生学)授与。大阪教育大学大学院 教育学研究科にて修士修了後、平成22年に京都大学医学研究科 医学専攻にて論文発表(医学)	日本リハビリテーション医学会会員 日本福祉医学会正会員 日本神経理学療法学会副代表運営幹事

職歴	主な著作
平成6年に大阪府立大学教養学履修。平成9年に大阪府立看護大学看護技術短期大学部(現、大阪府立大学)助手を経て、平成11年に京都大学医歯学短期大学教員の助手となる。現在、京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻講師。	1. 歩行再建—歩行の理論とトレーニング(三輪書店) 2. 脳卒中片麻痺者に対する歩行リハビリテーション(メヂカルビュー) その他

資格・免許
理学療法士

基 調 講 演

歩行トレーニングの展望と課題

歩行トレーニングの展望と課題

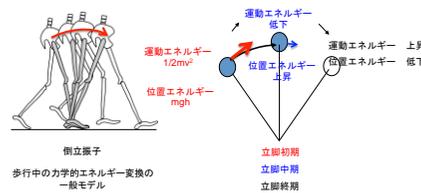
京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
大畑光司

2018.1.14 第10回サテライトカンファレンス

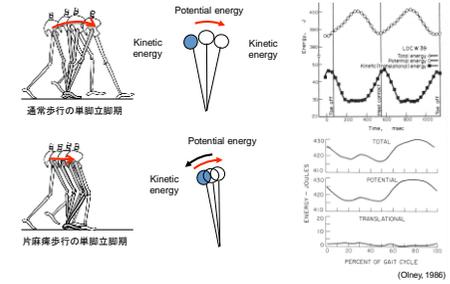
「歩行トレーニングの展望と課題」

倒立振子の意味
-歩行運動の基礎理解-

歩行中の力学的原理
「倒立振子」



倒立振子の障害

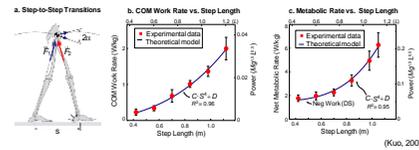
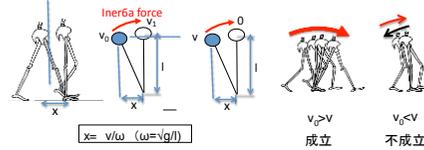


健全者の歩行によるエネルギー消費

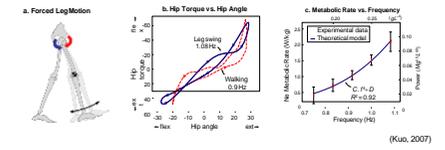
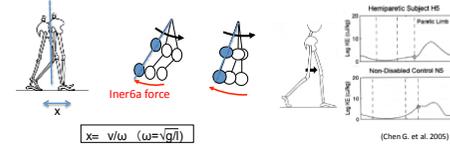
	Velocity (m/min)	O ₂ rate (ml/kg/min)	O ₂ cost (ml/kg/m)	Heart rate (beats/min)
Adults (20-39) [Max. Walking Speed]	80 [106]	12.1 [16.4]	0.15 [0.19]	99 [124]
Seniors (60-80) [Max. Walking Speed]	74 [90]	12.0 [15.4]	0.16 [0.17]	103 [119]
Adults with hemiplegia from stroke	30	10.0	0.27	107

(Waters RL et al. Gait Posture. 1999)

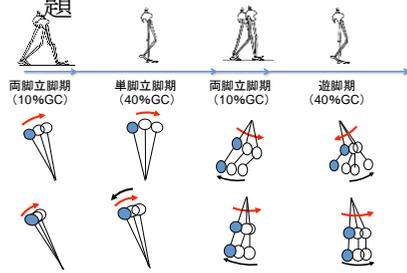
倒立振子の成立条件



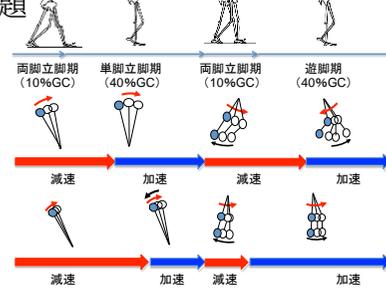
二重振子の成立条件



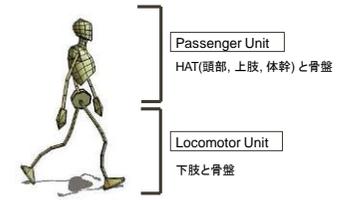
倒立振子と二重振子の問題



倒立振子の異常と加減速の問題

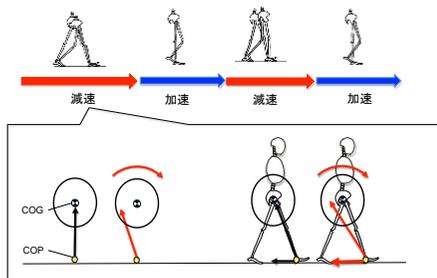


歩行の加減速の評価方法 Locomotor Unit, Passenger Unit

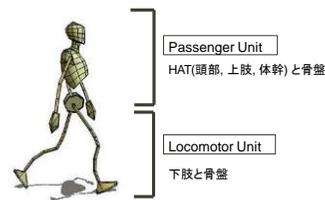


Perry J. *Gait Analysis*, Slack; 2010.

Passenger Unitの運動解釈

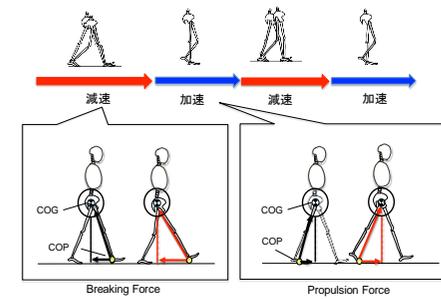


歩行の加減速の評価方法 Locomotor Unit, Passenger Unit

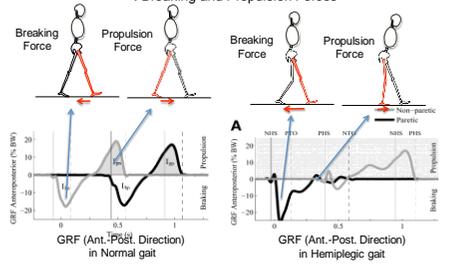


Perry J. *Gait Analysis*, Slack; 2010.

Locomotor Unitの運動解釈

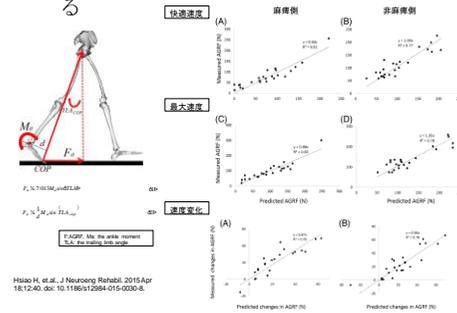


歩行の加減速と床反力水平成分
: Breaking and Propulsion Forces



Balasubramanian CK et al. Arch Phys Med Rehabil. 2007;88(1):43-9.

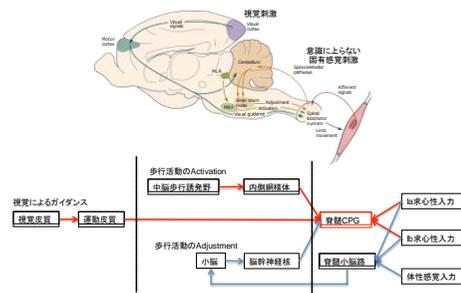
後歩幅は床反力の推進力を決定する



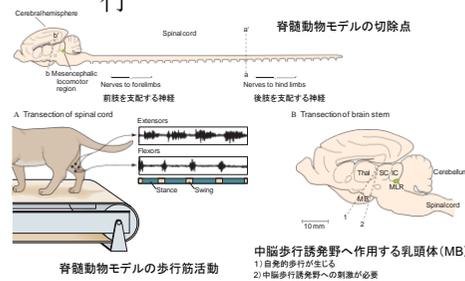
「歩行トレーニングの展望と課題」

振子運動の制御
-歩行制御の基礎理解-

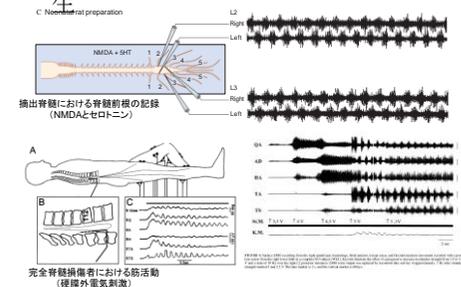
歩行筋活動の中樞性制御



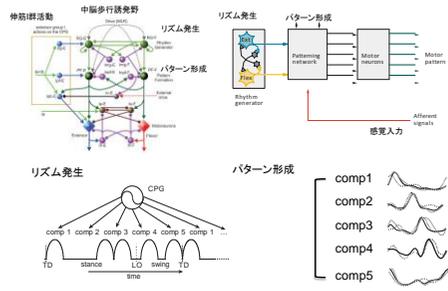
脊髓切除と自動歩行



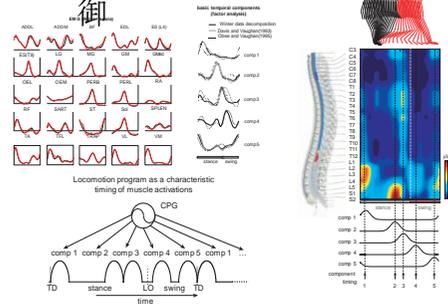
脊髓における自律的なパターン発生



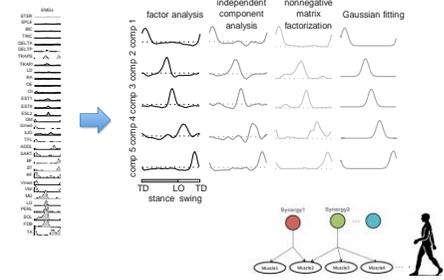
筋活動を制御するPaKerning network Central PaKern Generator



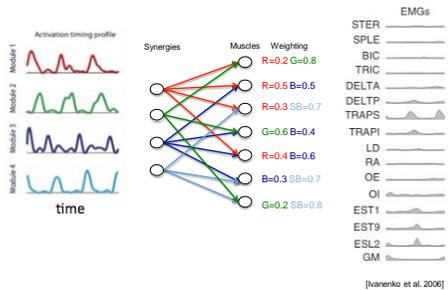
人における歩行運動制御



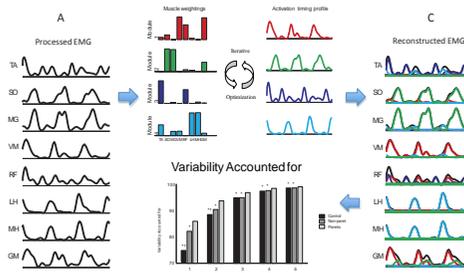
歩行筋電図における因子分析



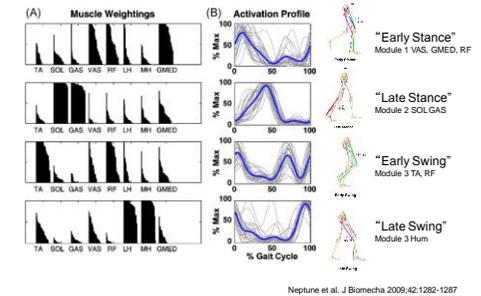
非負値行列因子分解 (NNMF)



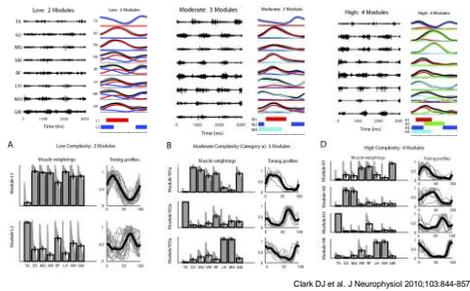
NNMF解析の手順



Synergyの運動学的意義

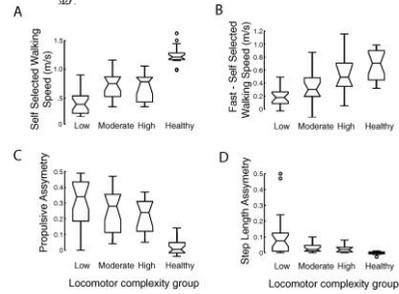


片麻痺歩行の特徴 (Synergyの減少)



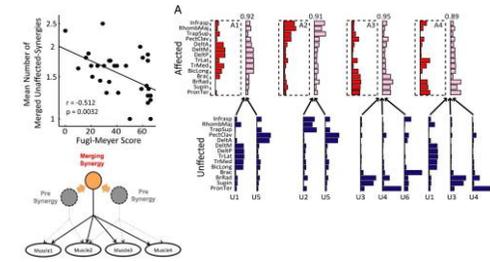
Clark DJ et al. J Neurophysiol 2010;103:844-857

歩行障害の重症度とSynergy



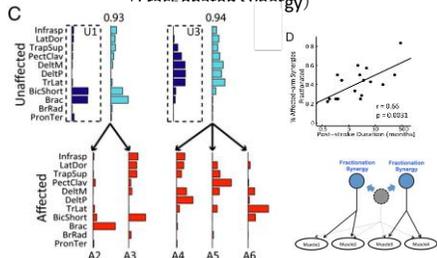
Clark DJ et al. J Neurophysiol 2010;103:844-857

Synergyの融合 (Merged Synergy)



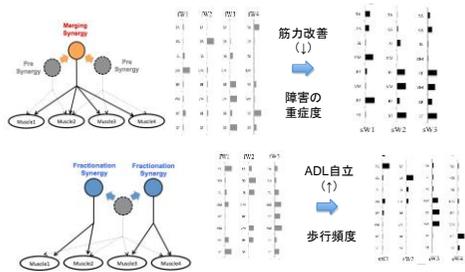
Cheung et al. PNAS 2012;109(36)14652-14656

Synergyの分割 (Fractionated Synergy)



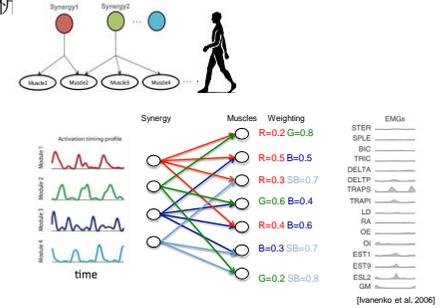
Cheung et al. PNAS 2012;109(36)14652-14656

片麻痺歩行回復過程におけるSynergyの変化



[Hashiguchi Y, Ohata K, et al. Neural Plast.2016]

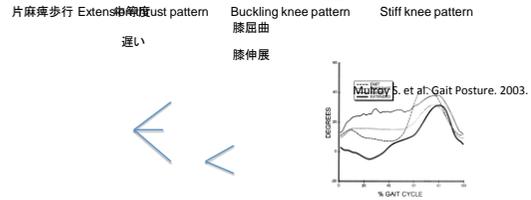
非負値行列因子分解による歩行筋電図解析



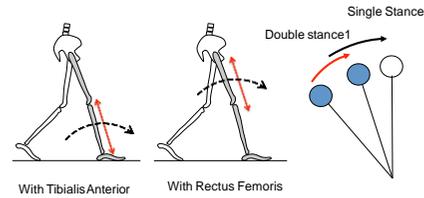
[Ivanenko et al. 2006]

原因探索のための基礎知識

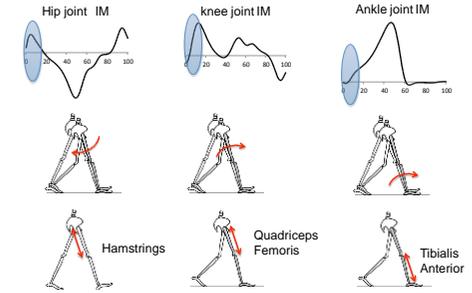
* 三次元動作分析における片麻痺歩行の特徴



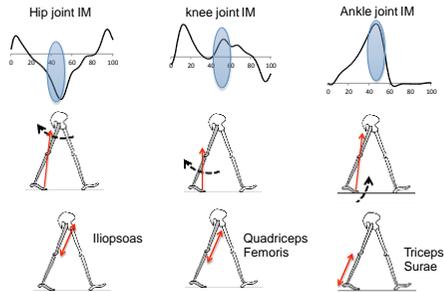
Breaking forceの制御
-Ankle and Knee joints-



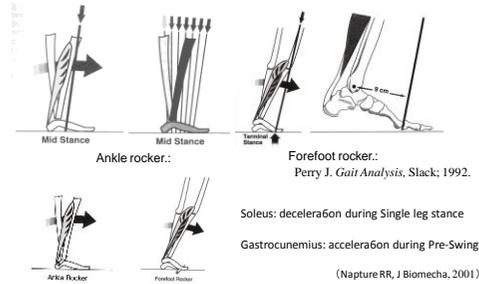
Early Stanceの関節運動



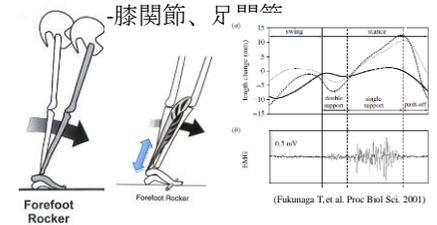
単脚立脚期 (立脚終期) の関節運動



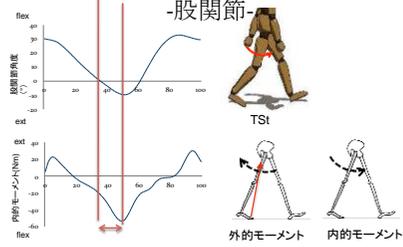
Stabilizer and Accelerator



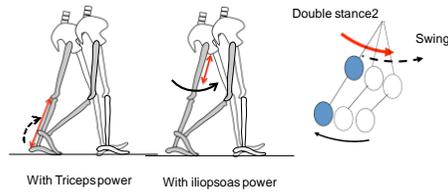
立脚終期の筋活動とその意義



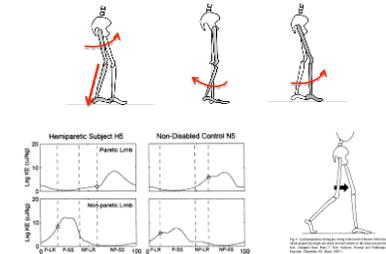
立脚終期の筋活動とその意義



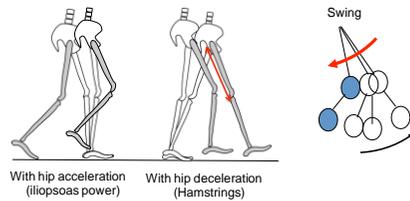
Swing Accelerationの制御
-Ankle and hip joints-



Previous study of hemiplegic gait



Late Swingの制御
-hip joints-



「脳卒中後片麻痺患者の歩行改善戦略と戦術」

歩行再建の背景
-運動プログラム修正とその技術-

脳卒中トレーニングの医学的根拠
-日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン2015-

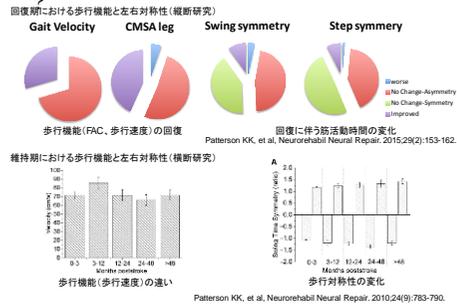


歩行や歩行に関連する訓練の量を多くすることは、歩行能力の改善のために強く勧められる。
(治療ガイドライン2015:グレードA)

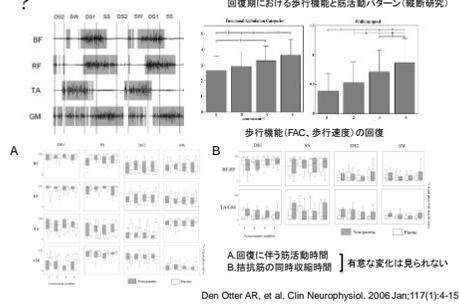
- 歩行速度、歩行耐久性が改善する (1a),
Wewers L. Am Stroke 2009;40:2460-2459
- French B, et al. Cochrane Database Syst Rev 2007(4):CD006073
歩行訓練などの下肢訓練を30分追加すると、歩行能力が改善が大きい (1b)。
- Kwaakkel G et al. Lancet 1999; 354:191-196
歩行速度の改善は歩行訓練時間に相関 (1b)。
- Richards CL, et al. Arch Phys Med Rehabil 1993;74:612-620

高強度の課題特異的トレーニング

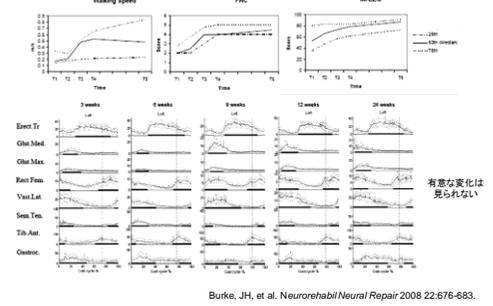
脳損傷患者の歩行パターンは変化しない



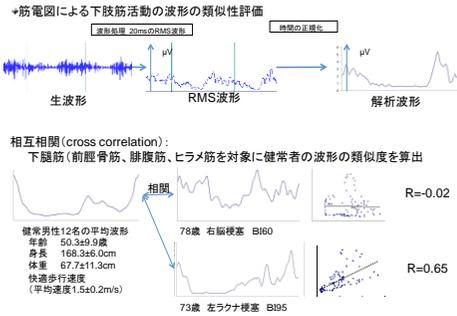
脳損傷患者の筋電図パターンは変化しない



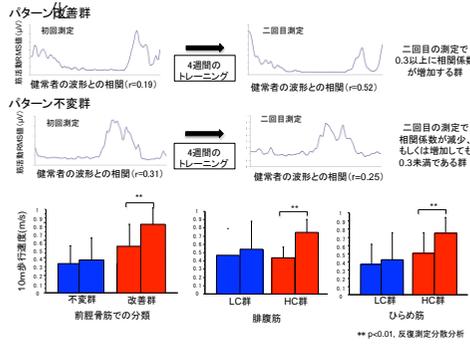
脳損傷患者の筋電図パターンは変化しない



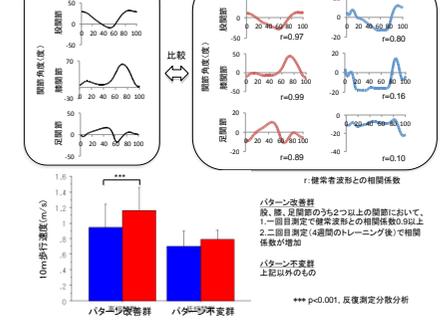
筋活動波形の類似性の評価



歩行筋電図パターンの改善と歩行速度の変化



歩行中の運動学的パターンの改善と歩行速度の変化



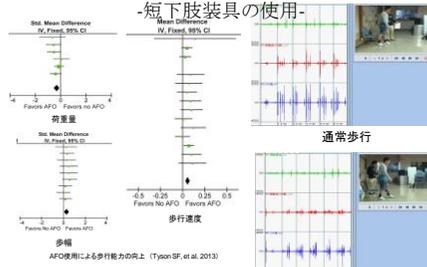
適切な運動の回復のために
-歩行補助具の利用-



通常歩行 不安定
歩行速度(L)、Stride(L)
下腿三頭筋活動低下

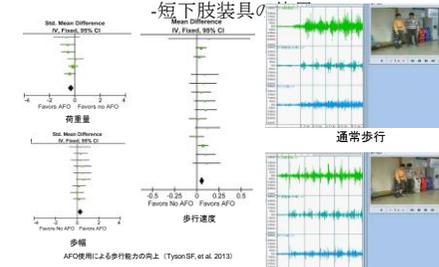
杖歩行 安定
歩行速度の増加、Strideの増加
下腿三頭筋活動増加

高頻度トレーニング戦略
略
-短下肢装具の使用-



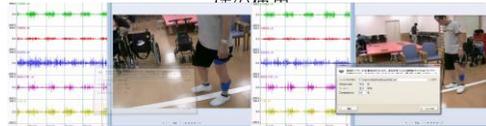
短下肢装具 (Gait Solution) 歩行

高頻度トレーニング戦略
略
-短下肢装具の使用-



短下肢装具 (Gait Solution) 歩行

高頻度トレーニング戦略
杖の使用

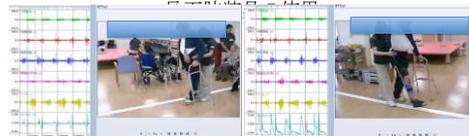


通常歩行 杖歩行



1か月後

高頻度トレーニング戦略
略
-長下肢装具の使用-



通常歩行 長下肢装具歩行



1か月後

"Gait Solution"
-油圧式底屈制動装具-

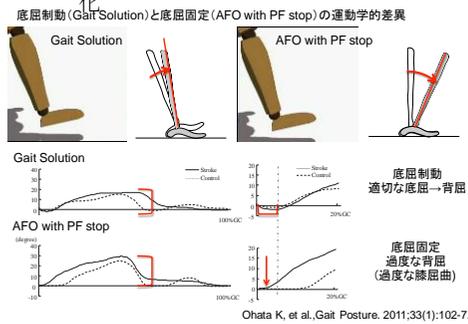


Gait Solution

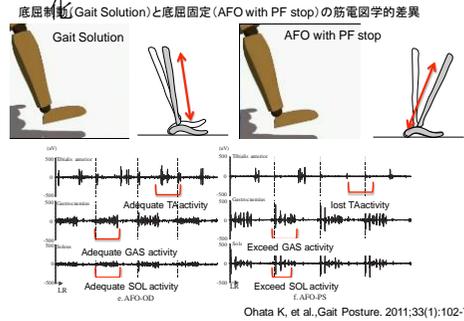
AFO with oil damper unit. A small hydraulic cylinder is inserted in the oil damper unit to provide resistance to plantarflexion as needed



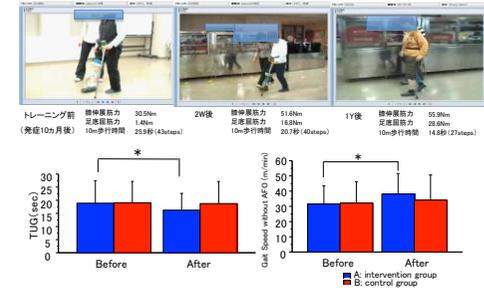
Gait Solutionによる運動学的変



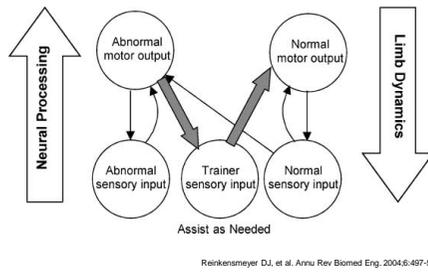
Gait Solutionによる筋電図学的変



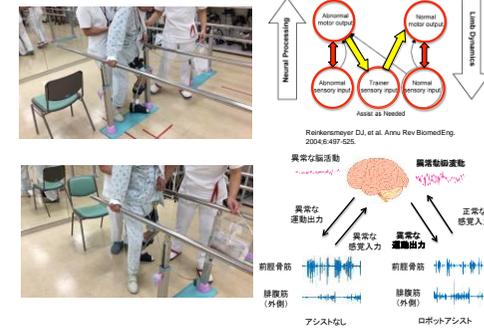
油圧制動装置 (Gait Solution) 使用前後の歩行速度変化

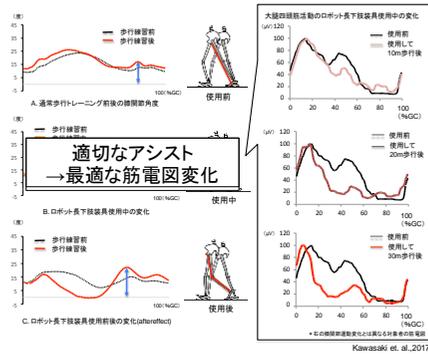


リハビリテーションロボットの運動改善効果のメカニズム



ロボット長下肢装具 Orthobot®





シンポジウム

「中枢神経系疾患の歩行トレーニング」

1. 急性期脳卒中における歩行トレーニングの要点

2018年1月14日 日本神経理学療法学会 第10回サテライトカンファレンス大阪

急性期脳卒中における歩行トレーニングの要点

星ヶ丘医療センター 植田耕造

脳卒中ガイドライン：急性期リハビリテーション

不動・廃用症候群を予防し、早期の日常生活活動(ADL)向上と社会復帰を図るために、十分なリスク管理のもとにできるだけ発症後早期から積極的なリハビリテーションを行うことが強く勧められる(グレードA)。その内容には、早期座位・立位、装具を用いた早期歩行訓練、摂食・嚥下訓練、セルフケア訓練などが含まれ

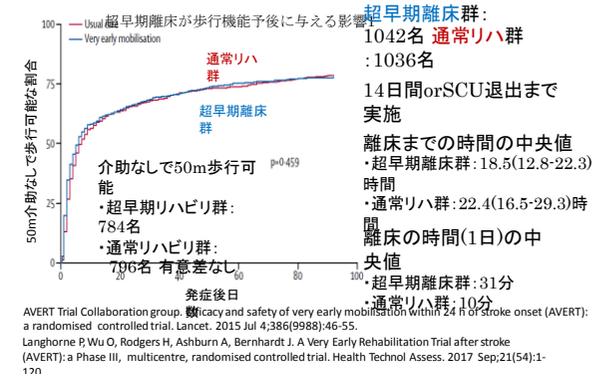
脳卒中の機能、能力的回復と最適な離床のタイミング、訓練量、および頻度の関連性については未だ議論のあるところである。

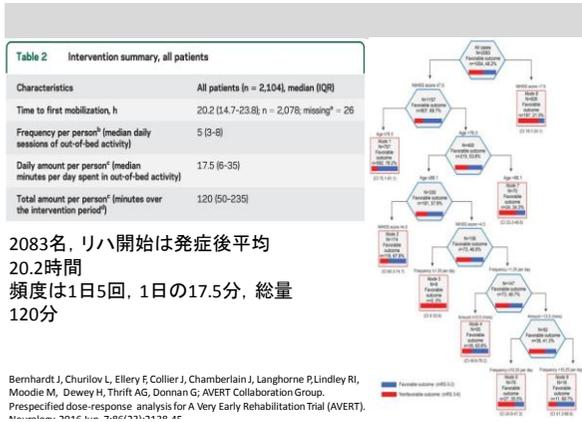
講師略歴

植田 耕造 (うえた こうぞう) 氏

独立行政法人地域医療機能推進機構 (JCHO) 星ヶ丘医療センター リハビリテーション部
星ヶ丘医療センター 脳卒中リハビリテーション研究センター 専員研究員

略歴	活動
平成21年3月 星ヶ丘医療センター 脳卒中リハビリテーション研究センター 専員研究員	平成28年～理学療法士講習会 (大阪 成人片麻痺の診断と治療) 講師
平成21年4月 星ヶ丘医療センター 脳卒中リハビリテーション研究センター 専員研究員	
平成24年3月 星ヶ丘医療センター 脳卒中リハビリテーション研究センター 専員研究員	主な著書
平成21年3月 星ヶ丘医療センター 脳卒中リハビリテーション研究センター 専員研究員	・Ishii S, Okada Y, Nakano H, Ozumi M, Morikita S. Effects of voluntary and automatic control of center of pressure sway during quiet standing. J Mot Behav. 2015; 47(3): 256-64.
平成21年5月 理学療法士免許 取得	・梶崎敏平, 星ヶ丘正彦, 植田耕造, 宮本定治, 藤原博康. Lateration を用いた一歩の歩行開始に対する足底筋電気刺激の即時効果. 物理療法科学. 2017; 36(24)
平成26年3月 認定理学療法士(脳卒中) 取得	
平成26年3月 認定理学療法士(心とからだ) 取得	
所属学会	他、共著論文多数
日本理学療法士協会	





Efficacy	Favorable outcome (mRS 0-2)		Walking unassisted 50 meters			
	OR (95% CI)	p Value	Binary OR (95% CI)	p Value	Cox hazard ratio (95% CI)	p Value
Model 1						
Time to first mobilization (per extra hour)	0.99 (0.98-1.0)	0.036	1.0 (0.99-1.0)	0.40	0.99 (0.98-0.99)	<0.001
Frequency, median daily sessions* (per one extra session)	1.13 (1.09-1.18)	<0.001	1.66 (1.53-1.80)	<0.001	1.10 (1.09-1.13)	<0.001
Daily amount, median (per extra 5 minutes)	0.94 (0.91-0.97)	<0.001	0.85 (0.81-0.89)	<0.001	0.96 (0.94-0.97)	<0.001
Model 2						
Time to first mobilization (per extra hour)	0.99 (0.98-1.0)	0.025	1.0 (0.99-1.0)	0.48	0.99 (0.98-0.99)	<0.001
Frequency, median daily sessions* (per one extra session)	1.14 (1.10-1.18)	<0.001	1.63 (1.51-1.76)	<0.001	1.11 (1.10-1.13)	<0.001
Total amount* (per extra 5 minutes over intervention period)	0.99 (0.98-0.99)	<0.001	0.98 (0.98-0.99)	<0.001	0.99 (0.99-0.99)	<0.001

頻度の増加が発症後3ヶ月後のmRSや歩行能力を改善。
13.5分以内の短時間リハを1日数回(1.25回以上)実施すると転帰良好以上の場合でも1日数回の方が結果は良い。
⇒shorter, more frequent mobilization early after acute stroke

座位での離床方法が3ヶ月後のBarthel indexに与える影響

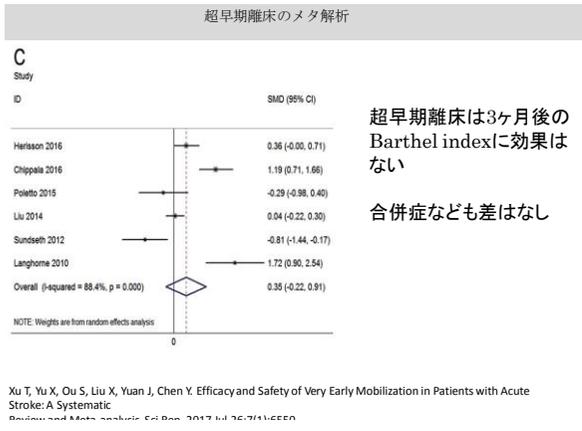
138名を対象に無作為化比較試験で実施

- **Early sitting群**: 発症後可能な限り早く座位をとらせる (初回座位までの日数1.08±0.26日 時間 56.6±41.7分)
- **Progressive sitting群**: 発症日はベッドアップをさせ、3日をかけて段階的に座位をとらせる (初回座位までの日数2.97±0.26日 時間 83.7±94.76分)

➢ 両群間で、座位をとることによる症状や合併症や、3ヶ月後のmRSや自宅復帰率などには差は認めなかった。

➢ 3ヶ月後のBarthel indexはES群96.67±8.09, PS群90.53±23.28(P=0.05)

Harrison JK, Colman G, Leach L, Guillon B, Gaudron M; SEVEL study group. Early Sitting in Ischemic Stroke Patients (SEVEL): A Randomised Controlled Trial. *PLoS One*. 2016;11(3):e0140466.



急性期における練習量の影響

	Control treatment (n=37)	Arm training (n=33)	Leg training (n=31)
Demography			
M/F	14/23	16/17	13/18
Age (years)*	64.1 (15.0)	69.0 (9.8)	64.5 (9.7)
Therapy			
	Mean (SD) amount of therapy (min per working day)		
	Control	Arm training	Leg training
	Intended	Intended	Intended
	Actual	Actual	Actual
Solint immobilisation	30	25.6 (6.0)*	0
Arm training	15	16.5 (2.7)	45
Leg training	15	13.9 (4.4)	15
ADL training	18	13.7 (4.6)	18

✓ 30~80歳
✓ 初期評価時に歩行不可
✓ 14日以内に3群に併
✓ 発症後20週リハを実施。
✓ 週5日

Kwakkel G, Wagenaar RC, Twisk JW, Lankhorst GJ, Koetsier JC. Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: a randomised trial. *Lancet*. 1999;374:1914-1916.

	Control group (n=37)	Arm-training group (n=33)	Leg-training group (n=31)
ADL ability (Barthel Index)			
Week 6*	8.5 (7-13)	10 (5-13)	8.75-19.1*
Week 12*	11 (8-18)	14 (10-20)	13 (10-20)
Walking speed (m/s)			
Week 6*	0.17 (0.37)	0.21 (0.39)	0.40 (0.45)
Week 12*	0.31 (0.39)	0.45 (0.47)	0.58 (0.50)
Week 20*	0.41 (0.44)	0.55 (0.46)	0.65 (0.46)
Week 2.6	0.44 (0.44)	0.55 (0.44)	0.63 (0.47)

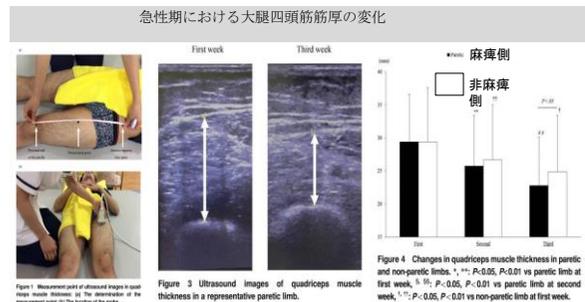


Figure 3 Ultrasound images of quadriceps muscle thickness in a representative paretic limb.
 Figure 4 Changes in quadriceps muscle thickness in paretic and non-paretic limbs. *^{††} P<0.05, P<0.01 vs paretic limb at first week, %^{††} P<0.05, P<0.01 vs paretic limb at first week, %^{††} P<0.05, P<0.01 vs non-paretic limb at first week.
 入院から初回リハまで平均0.7±0.7日
 離床まで平均2.1±2.0日
 測定まで平均2.3±1.6日

Nozoe M, Kanai M, Kubo H, Kitamura Y, Shimada S, Mase K. Changes in quadriceps muscle thickness in acute non-ambulatory stroke survivors. Top Stroke Rehabil. 2016 Feb;23(1):8-14.

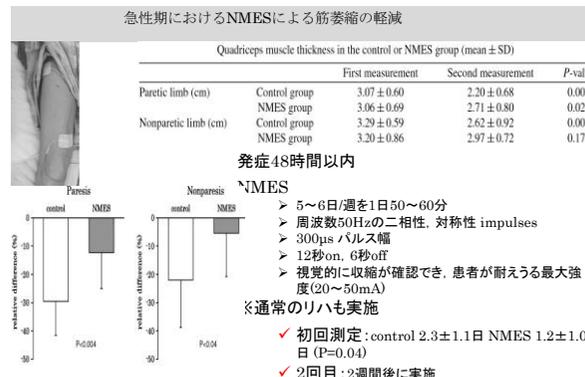


Figure 5 Quadriceps muscle thickness in the control or NMES group (mean ± SD)
 Figure 6 Relative difference (%) in quadriceps muscle thickness in paretic and non-paretic limbs at first and second measurements.
 発症48時間以内
 NMES
 5~6日/週を1日50~60分
 周波数50Hzの二相性、対称性 impulses
 300µs パルス幅
 12秒on, 6秒off
 視覚的に収縮が確認でき、患者が耐えうる最大強度(20~50mA)
 ※通常のリハも実施
 初回測定: control 2.3±1.1日 NMES 1.2±0.1日 (P=0.04)
 2回目: 2週間後に実施

Nozoe M, Kanai M, Kubo H, Takeuchi Y, Kobayashi M, Yamamoto M, Furuchi A, Yamazaki M, Shimada S, Mase K. Efficacy of neuromuscular electrical stimulation for preventing quadriceps muscle wasting in patients with moderate or

NMESによる血圧や心拍数の変動

ICU入室中の重症患者
 外側広筋、内側広筋、長腓骨筋に45Hz, 400µs, 12s on 6s off, 40~80mAで約45分
 収縮期血圧と心拍数の変化がそれぞれ+6mmHgと+5拍/分

Evaluation	Before EMS		After EMS		Control Group (n = 6)	
	Initial Measurement	After 45 Min	Initial Measurement	After 45 Min	Initial Measurement	After 45 Min
Hemoglobin, g/dL	10 ± 2	10 ± 2	10 ± 2	10 ± 2	10 ± 2	10 ± 2
Hematocrit, %	29 ± 5	29 ± 5	29 ± 5	29 ± 5	29 ± 5	29 ± 5
Temperature, °C	37 ± 0.6	37 ± 0.6	37 ± 0.6	37 ± 0.6	37 ± 0.6	37 ± 0.6
Heart rate, beats/min	114 ± 16	99 ± 16*	114 ± 16	99 ± 16*	114 ± 16	114 ± 16
Systolic BP, mm Hg	127 ± 21	133 ± 23*	127 ± 21	133 ± 23*	127 ± 21	127 ± 21
Diastolic BP, mm Hg	66 ± 15	67 ± 17	66 ± 15	67 ± 17	66 ± 15	66 ± 15
Mean arterial pressure, mm Hg	86 ± 15	88 ± 17	86 ± 15	88 ± 17	86 ± 15	86 ± 15
Respiratory rate, breaths/min	18 ± 6	19 ± 7	18 ± 6	19 ± 7	18 ± 6	18 ± 6
FiO ₂ , %	50 ± 12	50 ± 12	50 ± 12	50 ± 12	50 ± 12	50 ± 12
SpO ₂ , %	98 ± 2	99 ± 1	98 ± 2	99 ± 1	98 ± 2	98 ± 2
Lactate, mEq/L	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.7	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.7	1.4 ± 0.8	1.4 ± 0.8
Arterial blood gas measurements†						
SaO ₂ , %	99 ± 2	99 ± 2	99 ± 2	99 ± 2	99 ± 2	99 ± 2
PaO ₂ , mm Hg	139 ± 46	138 ± 42	139 ± 46	138 ± 42	139 ± 46	139 ± 46
PaCO ₂ , mm Hg	39 ± 7	37 ± 8	39 ± 7	37 ± 8	39 ± 7	39 ± 7
pH	7.42 ± 0.04	7.43 ± 0.05	7.42 ± 0.04	7.43 ± 0.05	7.42 ± 0.04	7.42 ± 0.04
Central venous blood gas measurements‡						
PaCO ₂ , mm Hg	43 ± 7	43 ± 8	43 ± 7	43 ± 8	43 ± 7	43 ± 7
pCO ₂ , mm Hg	42 ± 7	44 ± 7	42 ± 7	44 ± 7	42 ± 7	42 ± 7
SevO ₂ , %	76 ± 9	75 ± 9	76 ± 9	75 ± 9	76 ± 9	76 ± 9

Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsilos T, Markaki V, Zervakis D, Routsis C, Roussos C, Nanas S. Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. Chest. 2008 Nov;125(5):1340-1346.

NMESによる血圧や心拍数の変動

心大血管外科手術後患者
 手術翌日からNMESを施行し、NMES施行中に収縮期血圧の20mmHg以上の変動や心拍数の20拍/分以上の変動、そして術後の新規心房細動発症率の増加を認めない
 両側の大腿四頭筋と下腿三頭筋へ200Hzに続き20Hzで実施し、30分から60分

Table 2 Cardiovascular response during first session

Measure	Rest	NMES					
		10min	20min	30min	40min	50min	60min
SBP	106.6±13.6	106.7±14.1	108.7±15.0	106.8±14.6	107.4±13.4	107.3±14.2	107.0±13.7
ΔSBP	NA	0.1±5.7	2.1±6.8	0.2±6.8	1.2±6.8	0.9±7.5	0.4±7.0
HR	84.8±11.1	85.0±11.0	85.6±12.1	86.0±10.9	86.3±11.3	86.9±11.3	87.2±11.2
ΔHR	NA	0.2±3.1	0.8±4.3	1.1±3.4	1.4±3.3	1.4±3.3	1.7±3.8

Iwatsu K, Yamada S, Iida Y, Sampei H, Kobayashi K, Kainuma M, Usui A. Feasibility of neuromuscular electrical stimulation immediately after cardiopulmonary bypass. Arch Phys Med Rehabil. 2015 Jun;96(1):63-8.

下肢運動障害の比例回復

ΔFugl Meyerの予測変数の線形回帰分析
 (発症48日-3ヶ月後) ΔFM

Predictor	β	95% CI	Adj R ²	F	P value
Complete cohort (n=32)					
FM	0.74	0.60 to 0.88	0.65	226.28	<0.001
Therapy dose, min	-0.001	-0.005 to 0.002			0.569
TMS (n=20)					
FM	0.81	0.65 to 0.99	0.84	106.28	<0.001
MEP (+MEP-)	-3.38	-6.97 to 0.202			0.083
Therapy dose, min	0.000	-0.005 to 0.003			0.96
MR (n=2)					
FM	0.71	0.550 to 0.891	0.65	96.50	<0.001
Lesion load	0.051	-0.056 to 0.158			0.33
Therapy dose, min	-0.001	-0.005 to 0.002			0.41

CI indicates confidence interval; FM, Fugl-Meyer; MR, initial motor impairment; MEP, motor-evoked potential; MR, magnetic resonance imaging; TMS, transcranial magnetic stimulation.

Smith MC, Byblow WD, Barber PA, Steiner CM. Proportional Recovery From Lower Limb Motor Impairment After Stroke. Stroke. 2013;44(12):1400-1403.

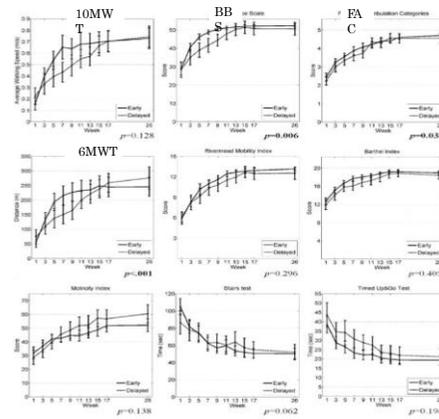
短下肢装具の提供のタイミングが6ヶ月後までの歩行能力などに与える影響

Inclusion時(発症約30日)から
 1週目にAFOを提供: early
 9週目にAFOを提供: delayed

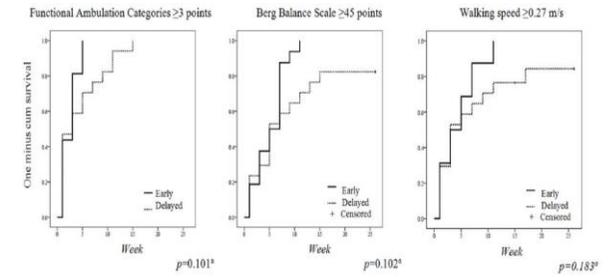
Nikamp CD, Burke JH, van der Palen J, Hermens JH, Rietman JS. Six-month effects of early or delayed provision of an ankle-foot orthosis in patients with (sub)acute stroke: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2017 Dec;31(12):1616-1624.

Inclusion時の評価

26週時の結果



• BBS
• 6分間歩行
• FAC
初期の11~13週までは群間で変化が異なる。

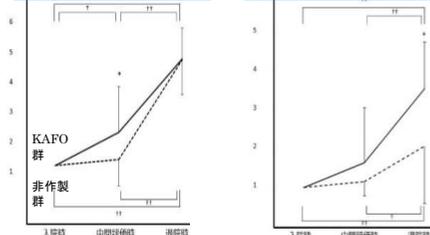


統計学的有意差はなかったが、BBSと歩行速度はEarly群は全員がカットオフを超えたのに対し、Delayed群は3人が超えなかった。

KAFOの使用と歩行や階段昇降自立度

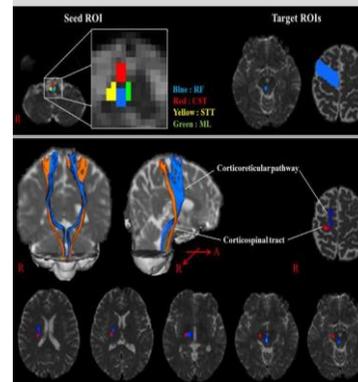
- ✓ KAFOを作製して理学療法を継続した症例群
- ✓ 急性期では作製せずに回復期へ移行して理学療法を継続した症例群

(非作製群はKAFOの使用自体も少なかった)
FIM歩行項目の経時的な変化 FIM階段項目の経時的な変化



阿部浩明, 2017, トピックス記事『長下肢装具を用いた急性期から行う重度片麻痺例に対する積極的歩行』

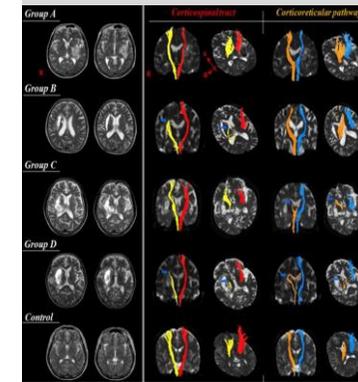
皮質脊髓路と皮質網様体路



皮質脊髓路
皮質網様体路

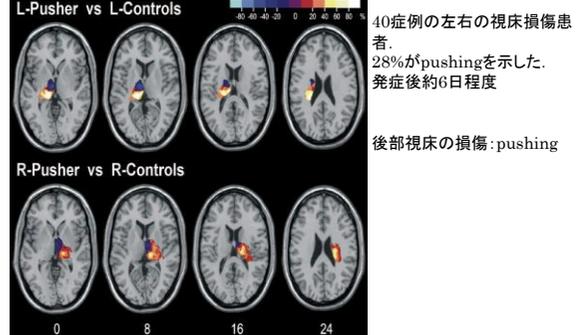
Yeo SS, Chang MC, Kwon YH, Jung YI, Jang SH. Corticoreticular pathway in the human brain: diffusion tensor tractography study. Neurosci Lett. 2012 Feb 2;508(11-9):12.

被殻出血後の皮質脊髓路と皮質網様体路の損傷



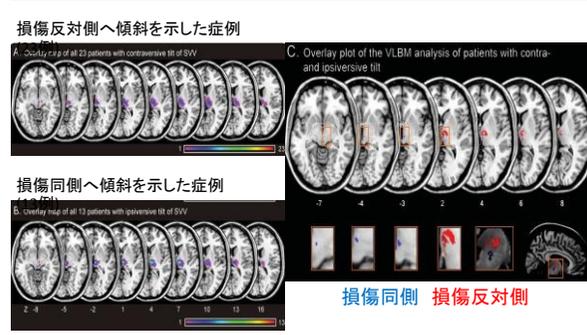
- 発症8~30日でDTIを評価
 - A: 皮質脊髓路, 網様体路とも損傷 - FAC: 4.0 ± 0.0
 - B: 皮質脊髓路のみ損傷 - FAC: 2.8 ± 0.9
 - C: 皮質網様体路のみ損傷 - FAC: 2.5 ± 1.8
 - D: 皮質脊髓路, 網様体路とも損傷 + FAC: 0.6 ± 0.9
- Yoo JS, et al. Characteristics of injury of the corticospinal tract and corticoreticular pathway in hemiparetic patients with putaminal hemorrhage. BMC Neurol. 2014 Jun 6;14:121.

視床損傷と



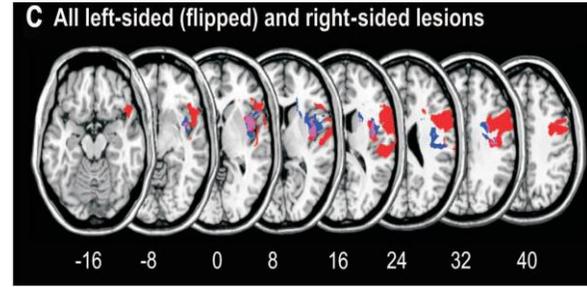
Karnath HO, Johannsen L, Broetz D, Küker W. Posterior thalamic hemorrhage induces "pusher syndrome". Neurology. 2005 Mar 22;64(6):1014-9. Erratum in: Neurology. 2005 Sep 27;65(6):819.

視床の損傷部位とSubjective Visual Verticalの傾斜方向



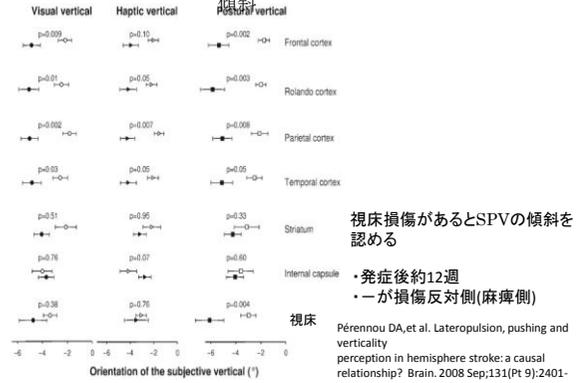
Baier B, Conrad J, Stephan T, Kirsch V, Vogt T, Witting J, Müller-Forell W, Dieterich M. Vestibular thalamus: Two distinct graviceptive pathways. Neurology. 2016 Jan 12;86(2):134-40.

島皮質の損傷によるSVVの傾斜

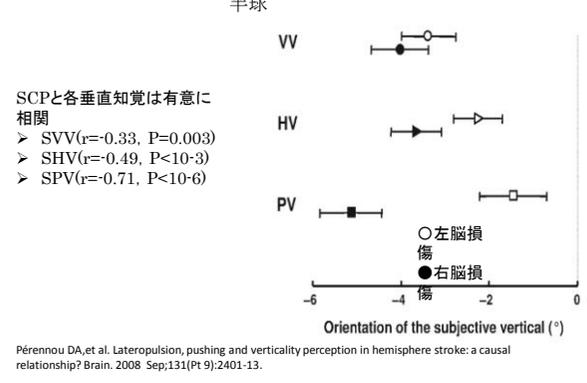


左右半球損傷のoverlap領域紫色が示しており、島皮質である。
Baier B, Suchan J, Karnath HO, Dieterich M. Neural correlates of disturbed perception of verticality.

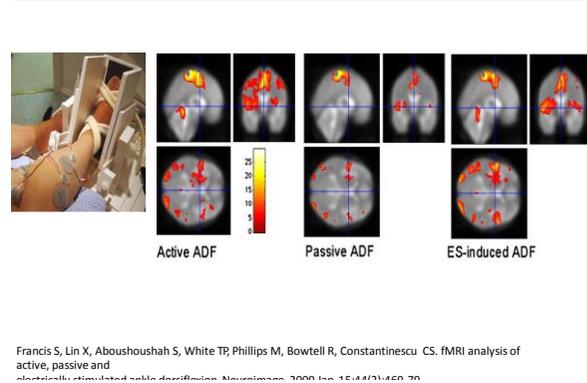
視床損傷とSPVの傾斜



垂直軸と左右脳半球



電気刺激による背屈時の脳活動



急性期における臨床評価からの歩行の予後予測

選択基準

- (a)初発の前循環脳梗塞
- (b)rTPAの有無に限らず72時間以内に麻痺が存在
- (c)身体障害の既往歴(発症前のBI \geq 19)
- (d)18歳以上
- (e)意思疎通、記憶、理解に重篤な障害がない (f)歩行不可(72時間以内のFAC<4)

- 発症3日以内, 5, 9日目に19変数を評価
- 目的変数: 6ヶ月後の歩行が見守り以上
- 対象は154例

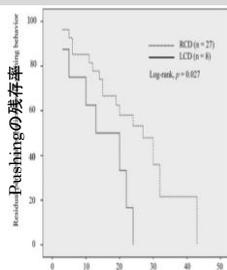
Veerbeck JM, et al; EPOS Investigators. Is accurate prediction of gait in nonambulatory stroke patients possible within 72 hours
 stroke. 2014;25(12):268-74

Patient Characteristics	Total
N	154
Gender, male/female	61/93
Mean (SD) age, years	67.54 (14.15)
Mean (SD) BMI	25.87 (4.46)
Social support, no/yes	60/94*
Hemisphere of stroke, right/left	87/67
rTPA, yes/no	44/110
Conscious at onset, no/yes	28/126
Mean (SD) time between stroke onset and first assessment, days	2.24 (1.32)
Second assessment, days	5.52 (1.38)
Third assessment, days	9.00 (1.84)
Type of stroke (Bamford)	
LACI	64
PACI	57
TACI	33
Inattention or extinction, yes/no	75/79
Impairments of vision	
Hemianopsia, yes/no	52/102
Conjugate deviation, yes/no	45/109
Sensory loss, yes/no	92/62
Comorbidity, yes/no*	129/25
Sitting balance, no/yes	49/104*
MI arm (0-100) ^b	33 (33, 65)
MI leg (0-100) ^b	17 (6, 25; 25, 25)
FM arm (0-66) ^b	12 (4, 43, 25)
TCT (0-100) ^c	62 (25, 87)
BBS (0-56) ^d	5 (1, 23)
FAC (0-5) ^e	0 (0, 2)
BI (0-20) ^f	6 (2, 10)
BI urinary incontinence, yes/no ^g	85/69*

Determinant	Odds Ratio	95% CI	p
Gender (male/female) ^a	0.89	0.40-2.00	.784
Age (0 \geq 70; 1 = <70) ^a	2.20	0.96-5.03	.062
BMI (0 = overweight; 1 = normal and underweight) ^b	0.77	0.33-1.78	.767
Social support (0 = no; 1 = yes) ^c	2.23	1.00-4.96	.049
Comorbidity (0 = yes; 1 = no) ^d	7.60	0.99-58.43	.052
Hemisphere of stroke (right/left) ^e	1.93	0.84-2.42	.120
Consciousness at onset (0 \geq 1; 1 = 0) ^d	4.88	2.01-11.87	.000
Days between stroke onset and first assessment	1.07	0.76-1.52	.690
Type of stroke (0 = TACI/PACI; 1 = LACI) ^f	6.77	2.24-20.48	.001
Extinction or inattention (0 \geq 1; 1 = 0) ^d	5.14	2.07-12.81	.000
Hemianopsia (0 \geq 1; 1 = 0) ^d	5.60	2.43-12.93	.000
Conjugate deviation (0 \geq 1; 1 = 0) ^d	5.40	2.36-12.35	.000
Sensory loss (0 \geq 1; 1 = 0) ^d	26.30	3.48-198.86	.002
BI urinary incontinence (0 \leq 1; 1 = 2) ^g	36.00	4.76-272.53	.001
TCT-s (0 < 25; 1 = 25) ^b	33.33	10.57-105.11	.000
MI leg (0 < 25; 1 = 25) ^b	20.84	7.63-56.91	.000
MI arm (0 < 11; 1 = 11) ^b	9.24	3.66-23.36	.000
FM leg (0 < 10; 1 = 10) ^b	16.00	5.96-42.97	.000
FM arm (0 < 10; 1 = 10) ^b	30.75	7.00-135.14	.000

15個の項目が6ヶ月後の歩行自立度と関連した。

Pushingの左右半球損傷による予後の違い



初回評価からの日数

早期退院や意識障害, 認知症などを除いた35例で回復経過を調べると, **右半球損傷者は左半球損傷者よりも回復が遅かった**($p=0.027$)

Abe H, Kondo T, Oouchida Y, Suzukamo Y, Fujiwara S, Izumi S. Prevalence and length of recovery of pusher syndrome based on cerebral hemispheric lesion side in patients with acute stroke. Stroke. 2012 Jun;43(6):1654-6.

入院前の身体活動と予後

- 2006~2009年で脳卒中患者39835人を調査
- 活動的: 仕事や家事、通勤を除いた時間に、積極的な身体活動を1日30分間を週3回、6ヶ月以上継続
- 1、3、6ヶ月後の機能回復が良好

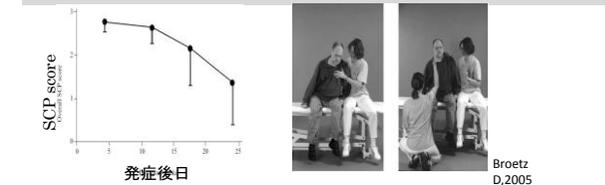
Wen CP, Liu CH, Jeng JS, Hsu SP, Chen CH, Lien LM, Chen AC, Lee JT, Chen PK, Hsu CS, Chern CM, Chen CC, Hsu MC, Lu K, Chen HJ, Wang HK, Muo CH, Hsu CY. Pre-stroke physical activity is associated with fewer post-stroke complications, lower mortality and a better long-term outcome. Eur J Neurol. 2017 Dec;24(12):1525-1531.

FAC \geq 4 at 6 Months

Determinants	体幹機能TCT-s	下肢機能ll leg	FAC \geq 4 at 6 Months				p
			True Negatives, n	False Negatives, n	False Positives, n	True Positives, n	
Cutoff	25	\geq 25					
Model <72 hours			$P = 1 / (1 + (\exp^{(-0.962 - 2.691 * TCTs - 2.083 * MI leg)})$				
発症後72時間以内	+	+	24	9	8	112	.98
	+	-					.85
	-	+					.75
	-	-					.27
Model day 5			$P = 1 / (1 + (\exp^{(-1.236 - 2.815 * TCTs - 1.684 * MI leg)})$				
発症後5日	+	+	20	7	12	115	.96
	+	-					.83
	-	+					.59
	-	-					.23
Model day 9			$P = 1 / (1 + (\exp^{(-2.226 - 2.629 * TCTs - 1.864 * MI leg)})$				
発症後9日	+	+	24	5	8	117	.96
	+	-					.80
	-	+					.40
	-	-					.10

- Trunk control test-sittingが25点以上(30秒以上座位保持可能)
- 麻痺側下肢のmotricity indexの3項目が25点以上(3つの関節が目に見える収縮可能か, 1関節で弱い抵抗に対して運動可能)

Pushingに対する視覚フィードバック練習



Broetz D, Johansen L, Karnath HO. Time course of 'pusher syndrome' under visual feedback treatment. Physiother Res Int. 2004;9(3):138-43.

◆ 即時の効果は体性感覚入力(動作練習を通した)よりも視覚(鏡), 聴覚フィードバックの方があったが, 後効果はあまりなかった。

Paci M, Nannetti L. Physiotherapy for pusher behaviour in a patient with post-stroke hemiplegia. J Rehabil Med. 2004

歩行練習の効果とバランス機能

Table 1. Baseline and demographic characteristics of subjects

Characteristic	Value
Age (yr)	31.38±11.94
Duration of disease (wk)	13.21±5.47
Stroke	
Hemorrhage:infarction	52.6:47.4
Right:left	68.4:31.6
Cortical:subcortical	36.8:63.2
Gender (male:female)	63.2:36.8
FAC	1.00±0.69
MRS	3.21±0.41
BBS	10.84±9.33
MBI	40.44±14.12
FMS	12.94±4.84
MMSE	20.26±7.97

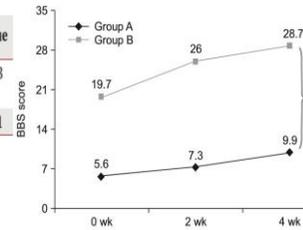
- Lokomatを使用し1日30分を2回・週5回を4週間実施
- 1~1.5km/h
- 50%免荷

Kim SJ, Lee HJ, Hwang SW, Pyo H, Yang SP, Lim MH, Park GL, Kim EJ. Clinical Characteristics of Proper Robot-Assisted Gait Training Group in Non-ambulatory Subacute Stroke Patients. Ann Rehabil Med. 2016; Apr; 40(2):193-9

Values are presented as mean±standard deviation or percent (%).

Variable	Standardized coefficients (β)	p-value
Baseline duration of disease (wk)	-0.302	0.013
Baseline BBS	0.628	<0.001

重回帰分析の結果
 基線時のBBS
 ・発症から介入までの期間が介入後のFACの点数に関与



BaselineのBBSを9点で群分け
 ➢ 介入前後のBBSの改善率に差
 歩行機能にも影響?

体幹トレーニングによる機能的座位バランスの改善

Study	TET			Control			Mean Difference IV, Fixed, 95% CI	Mean Difference IV, Fixed, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
KARTHIKBABU 2011	7.93	1.28	15	4.87	1.25	15	3.06 [2.15, 3.97]	
KUMAR 2011	6.96	1.28	10	3.13	1.24	10	3.83 [2.73, 4.93]	
LEE 2012	3.71	2.27	14	0.86	1.35	14	2.85 [1.47, 4.23]	
SAEYS 2011	8.72	1.97	18	2.87	2.39	15	5.85 [4.34, 7.36]	
VERHEYDEN 2009	4.82	2.9	17	3.31	2.75	16	1.51 [-0.42, 3.44]	

Fig. 4. Trunk performance. Trunk impairment scale (total score).

Cabanas-Valdés R, Cuchi GU, Bagur-Calafat C. Trunk training exercises approaches for improving trunk performance and functional sitting balance in patients with stroke: a systematic review. NeuroRehabilitation. 2017; 40(1):1-11.

重度歩行障害の脳卒中患者に対する異なる速度の歩行練習

慢性期の歩行障害が重度の患者を2群に分け、Lokomatを使用し1日30分を週5・6週間実施

- Fast(i.e., rhythmic) robot-assisted locomotor training on a BWST
- Slow(i.e., discrete) robot-assisted locomotor training on a BWST

TABLE 1. Study intervention protocol

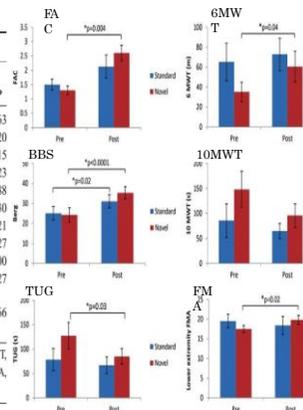
Week	Body Weight Support	Fast (Rhythmic) Protocol Treadmill Speeds	Slow (Discrete) Protocol Treadmill Speeds	Guidance Force
1	~40%	Most comfortable per subject report (~1.4 km/hr)	Initially at most comfortable per subject report, followed by progressive decrease of speed in each session. Each session maximized cortical challenge and required the subject to initiate the movement.	Maximal decrease in guidance force while maintaining a gait pattern within normal limits
2	40%	Increase 0.1 km/hr		
3	30%	Increase 0.1 km/hr		
4	<30%	Increase 0.1 km/hr		
5	<20%	Increase 0.1 km/hr		
6	<20%	Increase 0.1 km/hr		

Rodrigues TA, Goroso DG, Westgate PM, Carrico C, Batistella LR, Sawaki L. Slow Versus Fast Robot-Assisted Locomotor Training After Stroke: A Randomized Controlled Trial. Am J Phys Med Rehabil. 2017 Oct; 46(10 Suppl):11-16E

TABLE 2. Baseline characteristics: descriptive statistics

Baseline Characteristics	Fast (Rhythmic) Protocol	Slow (Discrete) Protocol	P
FAC	1.5 (1-2)	1 (1-2)	0.63
TUG	78.3 ± 63.7	127.1 ± 86.4	0.20
6MWT	65.3 ± 52.9	35.3 ± 30.4	0.15
10MWT	85.3 ± 95.2	148.2 ± 114.2	0.23
BBS	25.0 ± 9.7	24.2 ± 11.4	0.88
FMA	19.5 ± 4.6	17.5 ± 2.8	0.30
Age	59.3 ± 13.8	50.6 ± 14.4	0.21
Time since stroke, mo	13.0 ± 5.0	16.1 ± 6.2	0.27
Sex (male:female)	4/4	6/4	1.00
Type of injury (ischemic/hemorrhagic)	5/3	9/1	0.27
More affected lower limb (left/right)	3/5	5/5	0.66

FAC, Functional Ambulation Category; TUG, Time Up and Go; 6MWT, 6-min walk test; 10MWT, 10-m walk test; BBS, Berg Balance Scale; FMA, Fugl-Meyer Assessment.



シンポジウム

「中枢神経系疾患の歩行トレーニング」

2. 回復期脳卒中における歩行トレーニングの要点

講師経歴

藤田 暢一 (ふじた のぶかず) 氏
 社会医療法人大道会 森之宮病院 リハビリテーション部 理学療法科

略歴	所属学会
平成19年3月 金沢大学医学部保健学科理学療法学専攻 卒業	日本理学療法士協会
平成19年4月 特定医療法人 (現、社会医療法人) 大道会 森之宮病院 入職	
	活動
	なし
	資格・免許
平成19年5月 理学療法士免許 取得	主な著書
平成21年4月 認定理学療法士 (脳卒中・発達障害) 取得	なし
平成21年1月 3学会合同呼吸療法認定士 取得	

2018.01.14. 日本神経理学療法学会
 第10回 サテライトカンファレンス大阪

日本理学療法士学会
 JSPT

シンポジウム2.中枢神経系疾患の歩行トレーニング

回復期脳卒中における 歩行トレーニングの要点

社会医療法人大道会 森之宮病院
 リハビリテーション部 理学療法科
 藤田 暢一

本演題に関して、演者に開示すべき利益相反はありません。
 本演題は、森之宮病院倫理委員会の承認を得て行っています(受付番号0311)

2

回復期病棟 = 社会復帰に繋げる

急性期病棟から転院…
 徐々に機能回復が生じ始めている

**機能回復へのアプローチ
 病院環境に合わせた早期ADL自立**

**患者個人に合わせた環境への対応
 →社会復帰(自宅退院・職場復帰)**

森之宮病院 森田秋子, 回復期リハビリテーション病棟における脳血管疾患患者の理学療法. 理学療法. 2017. p219-227

3

社会復帰のための歩行能力

多様な環境に適応できることを目指す

森之宮病院 大道会

4

移動手段としての歩行

**移動方向、床面の形状・材質・角度、
 注意を向ける方向、障害物など**

森之宮病院 大道会

5

歩行能力を改善するには 何を考え、どんな介入を行えば

麻痺側で体重を支えることが出来るようになる

森之宮病院 大道会

6

重心の移動

全歩行周期を通して動的バランスを取ることが出来る

森之宮病院 大道会

7

考え方

機能 Function → 構成要素 Component → 潜在性 Potentiality

Component: 関節運動, 筋活動, アライメント, etc

Intervention (治療) → Potentiality → Function

治療により構成要素の潜在性を探る

森之宮病院 大道会

8

考え方

- 脳卒中片麻痺患者は、的確な運動指令が生じない事により筋・腱・皮膚なども正常な状態でない。
- そのための確かな情報を中枢に送ることができない。
- 的確な運動を行うために、これらの組織的状况を改善させる必要がある(柔軟性・可動性・位置など)。
- よりの確かな運動指令と運動-感覚情報のサイクルの中で、応用的な運動学習を行っていく。

森之宮病院 大道会

9

筋紡錘 筋の長さや伸びを感知

ゴルジ腱器官 筋の緊張や張力を感知

筋が張力を持つことで 筋肉・腱組織からの固有感覚情報が入りやすくなる

森之宮病院 大道会

10

考え方

- 姿勢と運動は表裏一体 運動は姿勢の連続
- 座位や立位の問題が立ち上がりや歩行でも出現する
- 歩行の開始姿勢は立位。立位の治療介入が良い歩行を導くための準備として必要

森之宮病院 大道会

11

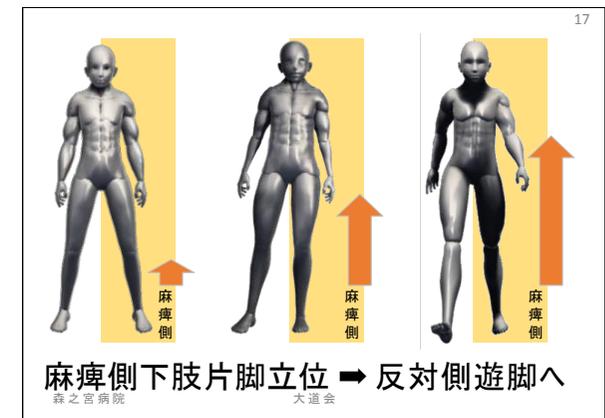
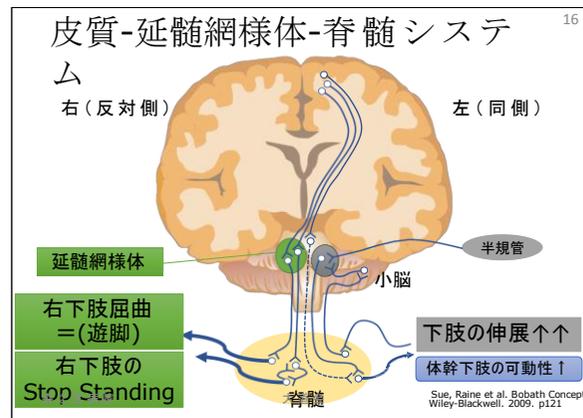
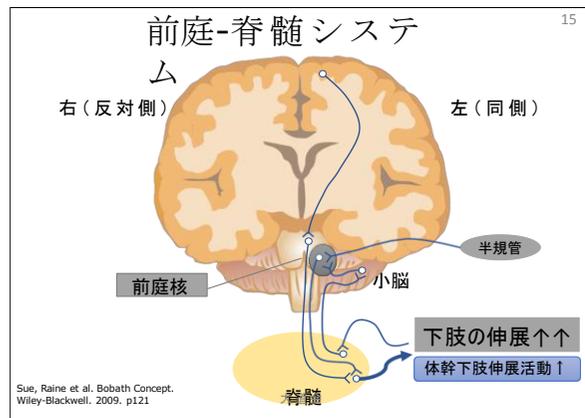
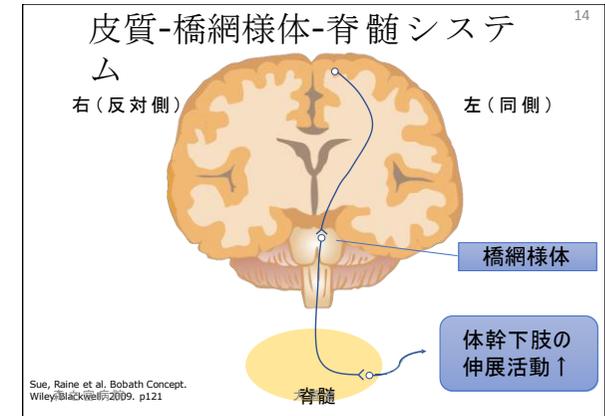
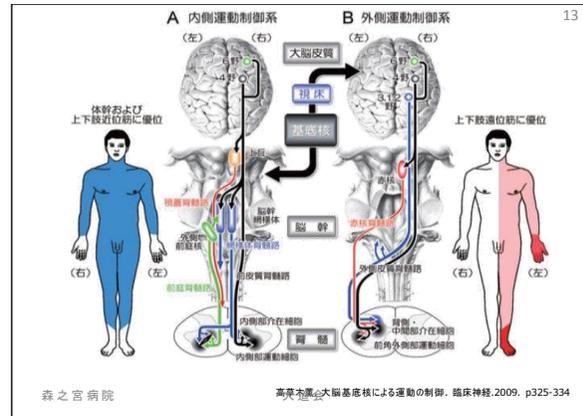
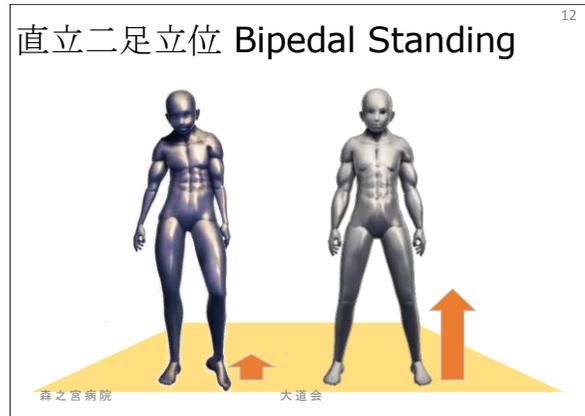
良い立位(支持)とは

必要と思われる構成要素(例)

- 支持基底面の中に重心を保持できる
- 重心を高く保つことができる
- 左右対称もしくは左右どちらも同じ運動機能
- 一側下肢でバランス
- 足関節でのバランス
- 頭部、肩甲帯が体幹と分離して動く

単体で考えるのではなく、各々の関係性を考える必要がある

森之宮病院 大道会



18

回復期病棟における歩行の要点

回復期病棟は機能障害の改善と共に、退院後の生活に沿った個別の目標に向けて介入していく必要がある。

- 的確な運動を促すために、的確な感覚情報を取り入れることが大切。感覚情報をもとに運動をコントロールしていく。
- 脳卒中片麻痺患者への歩行機能回復のためのアプローチとして、麻痺側下肢の動的バランスの改善が大切な視点の一つ。
- 十分な構成要素への介入により、その後の歩行練習における運動学習の効率化を行う。

森之宮病院 大道会

19

症例提示

治療場面 3つ

森之宮病院 大道会

24

治療場面3つ

運動課題

- 全歩行周期
 - 体幹前傾 股関節屈曲
- 立脚初期
 - 足底全接地 **踵接地↓**
- 立脚中期
 - 体幹外側変位・骨盤下制
 - 反張膝
- 立脚後期
 - **体幹右側屈 蹴り出し↓**

治療① 足部
→ 足底アーチ 足底の柔軟性

治療② 体幹
→ 骨盤の選択運動 股関節の分離運動

治療③ 蹴り出し
→ 股関節伸展 下腿三頭筋の活動

森之宮病院 大道会

25

治療プラン

- 治療① 足部の準備
- 治療② 体幹の抗重力伸展活動
- 治療③ 立脚後期の蹴り出し

森之宮病院 大道会

26

足部機能

- ゴルジ腱器官への刺激
 - アライメント
- 足底のメカノレセプターへの圧・接触刺激
 - 足底の柔軟性
- 小趾外転筋
 - 横アーチと外側アーチ
- 足関節背屈可動域
 - 足関節戦略

森之宮病院

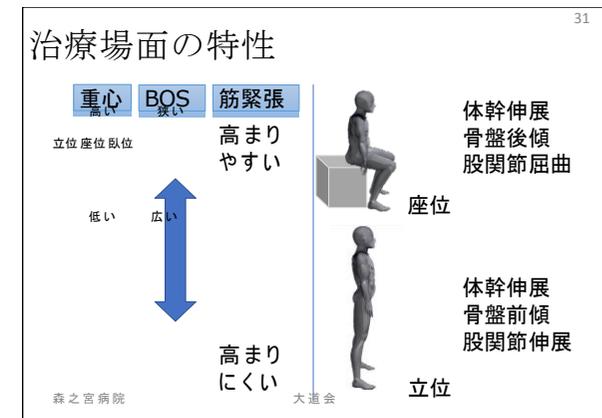
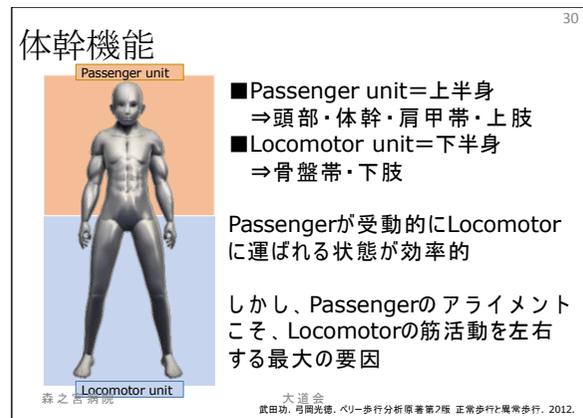
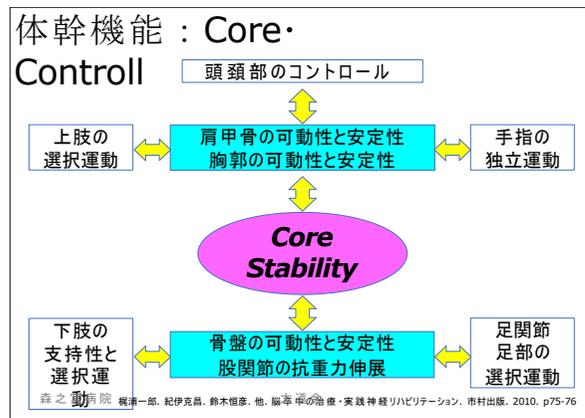
Human Anatomy Atlas ビジブル・ボディのご厚意による画像
月城慶一、山本達平、正原龍弘、益子原秀三、観察による歩行分析、医学書院、2005、p56

28

治療プラン

- 治療① 足部の準備
- 治療② 体幹の抗重力伸展活動
- 治療③ 立脚後期の蹴り出し

森之宮病院 大道会



長下肢装具の使用

- 膝折れの防止
体幹、肩甲帯、上肢の介入
- 立位の特性
抗重力活動伸展活動
覚醒の改善
足底荷重 刺激量の調節
脊柱・骨盤・大腿骨・下腿骨のアライメント
- 立位時間の延長
耐久性の改善

森之宮病院 大道会

治療プラン

治療① 足部の準備

治療② 体幹の抗重力伸展活動

治療③ 立脚後期の蹴り出し

森之宮病院 大道会

立脚後期の蹴り出し

立脚中期に 重心を高く持ち上げるため 必要

- 股関節の可動性
- 足関節・MP関節の可動性
- アキレス腱のアライメント
- 近位ハムストリングス・下腿三頭筋の活動

森之宮病院 大道会

課題設定

37

強化学習

誤差学習

新しい課題へのチャレンジ 少し努力すればできる難易度

森之宮病院 森岡周, 理学療法における脳科学と運動学習理論の応用, 理学療法, 2017, p391

課題を分解し、組み合わせるチカラ

38

森之宮病院 大道会

課題を分解し、組み合わせるチカラ

39

道具は、運動療法と合わせて初めて効果が期待できる

森之宮病院 大道会

脳卒中ガイドライン

2015

歩行障害に対するリハビリテーション

歩行や下肢訓練量を多くする	A
内反尖足に対して短下肢装具を使用する	B
筋電・関節角度のバイオフィードバック	B
トレッドミルを使用する	B
発症3か月以内の歩行不能例に対して歩行補助ロボットを使用する	B

森之宮病院 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会, 脳卒中治療ガイドライン2015, 協和企画, p281-291

まとめ

45

- 回復期病棟は機能障害の改善と共に、退院後の生活に沿った個別の目標に向けて介入していく必要がある。
- 脳卒中片麻痺患者への歩行機能回復のためのアプローチとして、麻痺側下肢の支持が大切な視点の一つ。
- 十分な構成要素への介入により、その後の歩行練習における運動学習の効率化を行う。
- 道具は運動療法を行う上での大切な手段。道具を使用して何を改善したいのかを常に考え続ける必要がある。
- 最新の論文から情報を獲得、臨床の中で患者個別の課題に対してどのように進めていくのが良いのかを一人ひとりが考えること。

森之宮病院 大道会

シンポジウム

「中枢神経系疾患の歩行トレーニング」

3. 脊髄損傷における歩行トレーニングの要点

日本神経理学療法学会 第10回サテライトカンファレンス大阪 2018

講師経歴

鳥山 貴広 (とりやま たかひろ) 氏
 神奈川リハビリテーション病院 理学療法科

略歴

平成 22 年 3 月 長野医療技術専門学校理学療法学科 卒業
 平成 22 年 4 月 神奈川リハビリテーション病院 入職

活動

平成 27 年～ 理学療法士講習会
 (神奈川 脊髄障害に対する理学療法の実践) 講師

資格・免許:

平成 22 年 5 月 理学療法士免許 取得
 平成 20 年 4 月 認定理学療法士 (脊髄障害) 取得
 平成 20 年 11 月 国際 IPR 協会認定セラピスト

主な著書

・重度不全四肢麻痺 (C6) から屋内歩行が自立した一症例。
 リンジャーナル (印刷中)
 ・歩行練習にロボットスーツ HAL 補助用を併用した脊髄障害の
 一症例: ロボットを併用した理学療法介入の取り組み- リハ
 ビリテーション・エンジニアリング (印刷中)
 ・脊髄損傷リハビリテーションマニュアル第3版 医学書院
 共著 (発行予定)

所属学会

日本理学療法士協会
 日本脊髄障害学会
 日本リハビリテーション工学協会



神奈川リハビリテーション病院 理学療法科
 認定理学療法士 (脊髄障害) 鳥山貴大



自家嗅粘膜移植による脊髄再生医療

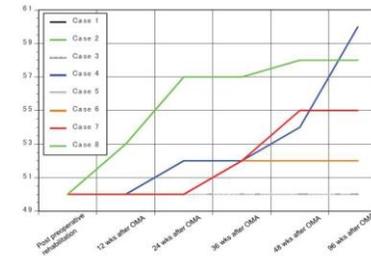


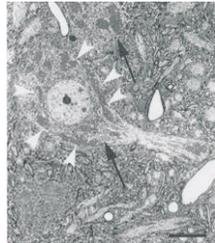
Fig. 1 ASIA motor scores. The preoperative post-rehabilitation ASIA motor score improved from 50 in all cases to 52 in case 2, 60 in case 4, 52 in case 6, 55 in case 7, and 58 in case 8 at 96 weeks after OMA. ASIA: American Spinal Injury Association, OMA: olfactory mucosa autograft.

Koichi MATSUKI et al: A Pilot Clinical Study of Olfactory Mucosa Autograft for Chronic Complete Spinal Cord Injury. *Neurologia medico-chirurgica*. 2016; 6: 1-8.

脊髄損傷後、不動により

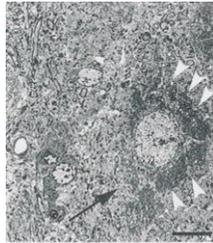
脊髄の神経細胞が変性する

両足固定なしのラットの脊髄



神経細胞は形や大きさが正常

両足ギブス固定のラットの脊髄



神経細胞は黒くなり変性した

Ohnishi Y, Iwatsuki K et al. Disuse muscle atrophy exacerbates motor neuronal degeneration caudal to the site of spinal cord injury. *Neuroreport* 2012; 23:157-61.

脊髄の可塑性と歩行練習

■ 運動により損傷した脊髄の神経栄養因子 (BDNF; brain-derived neurotrophic factor) が増加する。運動量とも強い相関が認められた

Zhe Ying, et al: Exercise restores levels of neurotrophins and synaptic plasticity following spinal cord injury. *Experimental Neurology*. 193 (2005)411-419.

■ 不全型脊髄損傷者は皮質, 皮質下, 損傷部位の上位及び下位の脊髄において活動依存性の可塑性を有する

Raineteau O, et al: Plasticity of motor systems after incomplete spinal cord injury. *Nat Rev Neurosci*. 2001 Apr; 2(4):263-73.

■ 受動的な歩行練習と比べ、随意的な歩行練習は脊髄損傷部位の機能的な可塑性を促進する

van den Brand R, et al: Restoring voluntary control of locomotion after paralyzing spinal cord injury. *Science*. 2012 Jun 1; 336(6085):1182-5.

Complete (AIS/A) の状態から積極的な立位歩行練習を始めることが求められる

完全対麻痺者の歩行練習

- トレッドミル上での体重免荷式の介助歩行練習によって完全脊髄損傷者の筋活動を誘導することができた。この筋活動のパターンとタイミングは健常者における筋活動と類似していた。

Dietz V et al: Locomotor activity in spinal man. Lancet. 1994; 344(8932):1260-3.

- 装具を用いた歩行時に完全対麻痺者の歩行周期と一致した周期的な筋活動が観察された。

Kojima N, et al: Phase-dependent electromyographic activity of the lower-limb muscles of patient with clinically complete spinal cord injury during orthotic gait. Exp Brain Res. 1998; 120(1): 139-42

日本経済新聞 2016/4/19

iPSとロボで脊髄損傷治療 慶大とサイバーダイナミクス



慶応義塾大学とロボットベンチャーのサイバーダイナミクスは18日、iPS細胞を利用した再生医療と医療ロボット「HAL」を組み合わせた、脊髄損傷に対する新たな治療法の開発に乗り出すと発表した。iPS細胞による再生医療と先端的な医療ロボットは、ともに日本が開発した技術。日本の強みを生かして、根本的な治療法がない脊髄損傷の治療を目指す。

引用: http://www.nikkei.com/article/DGXLASGG18H437_Y6A410C1EA1000/

ロボット技術を用いた歩行練習の担った脊髄機能に対する効果



生理的に近い歩行動作の反復

脊髄の歩行様筋活動を強化 代償の少ない動作戦略の学習

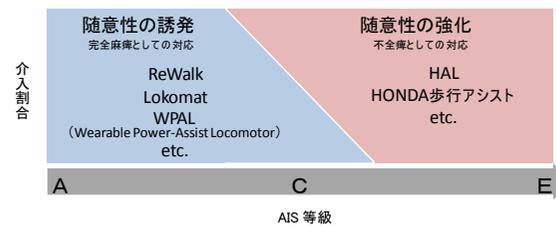
下肢の抗重力的な支持機能の改善

ロボットを用いた歩行練習

- ロボットを用いた歩行練習は通常の歩行練習に比べ飛び抜けて高い効果があるわけではないが、セラピストがロボットを道具として使いこなすことができれば、有 力な手段になる¹⁾²⁾。

1) Fisahn C, et al: The Effectiveness and Safety of Exoskeletons as Assistive and Rehabilitation Devices in the Treatment of Neurologic Gait Disorders in Patients with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. Global Spine Journal, 6(6), 822-841, 2016
2) 和田太: 歩行機能再建のための歩行支援ロボット, PTジャーナル, 45, 333-340, 2011

AIS等級とロボットを用いた治療戦略

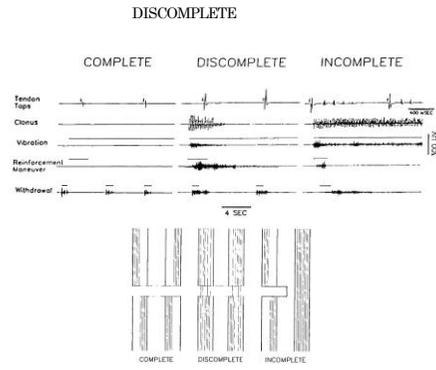


当院での実証実験



対象/経過

症例	年齢 (歳)	受傷からの期間 (年)	レベル	訓練時間 (時間)	10m歩行時間 (秒)	筋力の改善
症例1 (屋内歩行)	30	3	T6	20.5	64	
症例2 (屋内歩行)	21	1	T8	63	38.5	
症例3 (屋内歩行)	35	11	T9	29	46	
症例4 (屋内歩行)	30	1	T11	23	35	
症例5 (屋内歩行)	31	4	T12	20	37	
症例6 (屋内歩行)	44	8	L1	21.5	51	
症例7 (屋内歩行)	44	15	T5	20	31	
症例8 (屋内歩行)	52	10	T4	43.5	45	+
症例9 (屋外歩行)	25	3M	T7	60	20.5	+
症例10 (屋外歩行)	21	6M	T12	40.5	24.4	+
症例11 (屋外歩行)	43	1	T4	40	24	

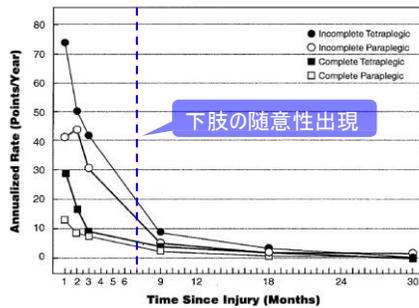


Dimitrijevic MR. Neurophysiology in spinal cord injury. Paraplegia. 1987 Jun;25(3):205-8.



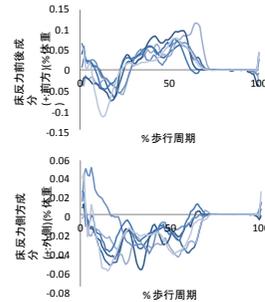
完全麻痺 (Th12)

完全/不全損傷別の長期的回復状況

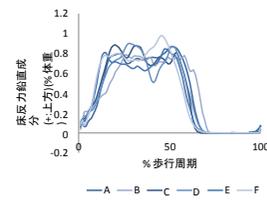


A S. Burns, J F Diunno et al. Establishing prognosis and maximizing functional outcomes after spinal cord injury: A review of current and future directions in rehabilitation management

床反力成分

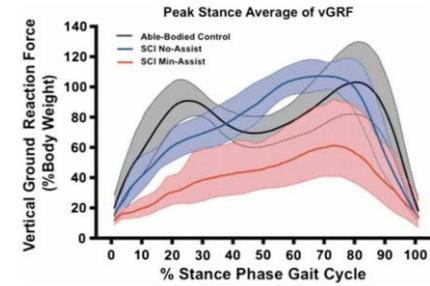


屋内歩行獲得時



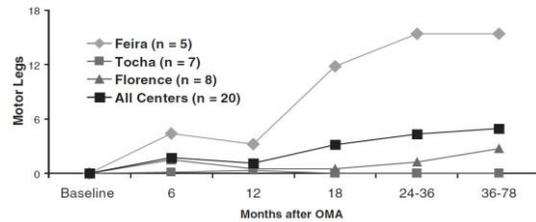
浅井直樹: 外骨格型ロボット装置ReWalkを用いた完全対麻痺者の歩行能力の検討. 第4回ReWalk研究会. 2016

床反力と歩行自立度



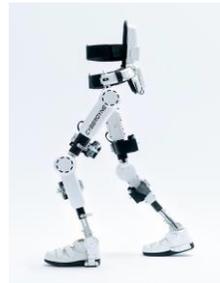
Fineberg DB, Asselin P, Harel NY, et al. Vertical ground reaction force-based analysis of powered exoskeleton-assisted walking in persons with motor-complete paraplegia. J Spinal Cord Med. 2013; 36:313-321.

自家嗅粘膜移植後のリハビリテーション



Carlos Lima, et al: Olfactory Mucosal Autografts and Rehabilitation for Chronic Traumatic Spinal Cord Injury. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2009

当院での実証実験



医療機器承認

HAL医療用下肢タイプは2015年11月に神経・筋疾患患者を対象に医療機器の承認を受け、2016年4月からは保険適用が承認された。
2017年12月FDA(米国食品医薬品局)からも医療機器としての市販承認を取得。



対象となる緩徐進行性の神経・筋疾患(8疾患)

- 【1】脊髄性筋萎縮症(SMA) 【2】球脊髄性筋萎縮症(SBMA)
【3】筋萎縮性側索硬化症(ALS) 【4】シャルコー・マリー・トゥース病(CMT)
【5】遠位型ミオパチー 【6】封入体筋炎(IBM) 【7】先天性ミオパチー 【8】筋ジストロフィー

診療報酬としての課題

■ 神経・筋難病疾患患者

- (1) 初回の治療時に算定できる点数は、1回あたり最大8,510点(85,100円)
- (2) 2~9回目に算定できる点数は、1回あたり最大6,860点(68,600円)
- (3) それ以降は1回あたり最大4,960点(49,600円)
- (4) 以後、効果が確認される場合には、回数に制限なく算定可能

「希少難治性脳・脊髄疾患の歩行障害に対する生体電位駆動型下肢装着型補助ロボット(HAL-HN01)を用いた新たな治療実用化のための多施設共同医師主導治験の実施研究」

(脊髄障害)

HALの効果

■ HALを用いた歩行練習は神経可塑性を促す

Kawamoto H et al: Pilot study of locomotion improvement using hybrid assistive limb in chronic stroke patients. *BMC Neurol*. 2013 Oct 7;13:141

■ HAL訓練後、大脳皮質のマッピングが変化する

Szczesny-Kaiser M et al: HAL® exoskeleton training improves walking parameters and normalizes cortical excitability in primary somatosensory cortex in spinal cord injury patients. *J Neuroeng Rehabil* 2015 Aug 20;12:68

■ 医療用HAL®は慢性期脊髄損傷患者の10mWT, 6MTを改善させた

Dennis Gasmucko, et al: Against the odds; what to expect in rehabilitation of chronic spinal cord injury with a neurologically controlled Hybrid Assistive Limb exoskeleton. A subgroup analysis of 55 patients according to age and lesion level. *Neurosurg Focus* Volume 42 - May 2017

HALのエビデンス

■ HALトレーニングは脳卒中患者や脊髄損傷患者に対して歩行機能や歩行自立度に有効であるようだが、これを結論付けるためにはさらに質の高い研究が必要である。

Wall A, et al: Clinical application of the Hybrid Assistive Limb (HAL) for gait training - a systematic review. *Front Syst Neurosci*. 2015. 25:9-48.

■ HALトレーニングの効果の確証を得るにはRCTが必要である。さらに、HALトレーニングの適応となる対象者の特性、最適な量や頻度の検討も行われるべきである。

Kawamoto H et al: Pilot study of locomotion improvement using hybrid assistive limb in chronic stroke patients. *BMC Neurol*. 2013 Oct 7;13:141

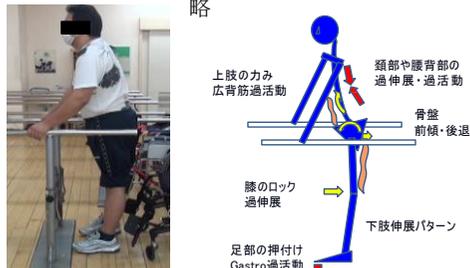
HAL (ロボット) の適応



Th12不全対麻痺

不全麻痺者の立位アライメントの特徴

膝折れ回避のための姿勢戦略



歩行では伸展パターンが優位
立脚期/膝のロック・過伸展 遊脚期/振出が難しい

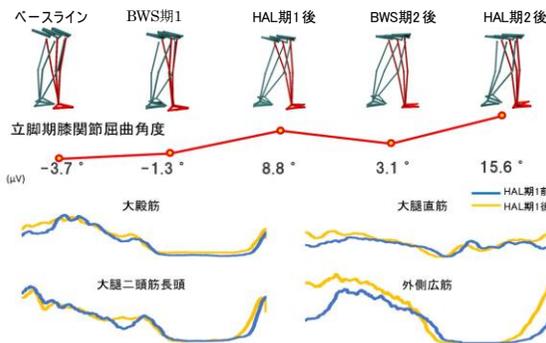
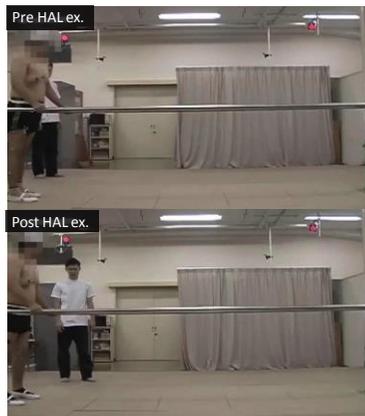
Single Case Trial ①

—歩行パターンと筋活動の検討—

【症例】30代男性
【診断名】胸腰椎OPLL (224病日)
Th3-L2後方固定術施行
【障害名】Th10不全対麻痺 AIS/D
ABABデザイン
両条件とも体重の30%を免荷
練習: 最大歩行速度にて20分間



浅井直樹, 他: 不全型脊髄損傷1症例に対するロボットスーツHALを用いた歩行練習の検討. 日本脊髄障害医学会誌29(1)



反張膝の改善、筋活動のタイミングに改善がみられた

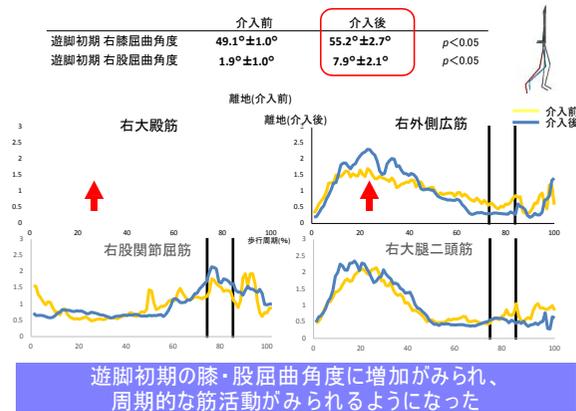
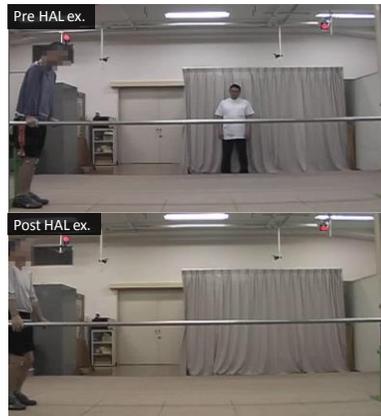
Single Case Trial ②

【症例】50代男性
【診断名】急性大動脈解離(137病日)
【障害名】Th6不全対麻痺 AIS/D

練習: HAL+免荷式歩行器
頻度: ≤30min × 12回 (週2回 × 6w)
※週3日は通常の理学療法を実施



鳥山貴大, 他: 不全型脊髄損傷者に対するロボットスーツHALを用いた歩行練習の効果—表面筋電図による筋活動パターンの検討—. 第17回日本神経理学療法学会学術集会2014



脊髄損傷者に対するHALの適応と効果

適応

- 不全麻痺者 (AIS/C or D)
- 重篤な痙縮がない
- HAL装着時の歩行が非装着時よりも良好
- 耐久性

期待できる効果

- 立脚期/膝関節軽度屈曲位での支持
- 遊脚期/振り出しのアシスト

徒手的な介入では高頻度・反復的に難しかった点

歩行再建へのアプローチ
- 介入すべき運動要素 -



藤縄光留, 他: 不全型脊髄損傷者の歩行再建と理学療法. PTジャーナル 43: 203-211, 2009

歩行予後予測

- 年齢 (65歳以下or以上), 受傷後7~15日以内のL3とS1のMotor ScoreおよびLight touch Scoreの5項目から受傷1年後の屋内歩行自立の確率を導くことができた.

Joost J van Middendorp, et al: A clinical prediction rule for ambulation outcomes after traumatic spinal cord injury: a longitudinal cohort study. Lancet 377:1004-1010, 2011

- 脊髄損傷者87名を対象に調査した. 予測因子として屋内歩行獲得にはAIS, 麻痺の分類, 動作能力, WISCI, FIM認知, 屋外歩行獲得には年齢, 立位が挙げられた.

古関一則, 他: 脊髄不全損傷者の歩行能力の予後予測に関する研究. 理学療法学 42: 271-279, 2015

歩行獲得に影響する身体機能的要因

- 歩行自立度には下肢機能と同様に上肢機能も重要であり、上肢機能の低下は歩行補助具の使用を制限する

Robert L Waters, et al: Motor and sensory recovery following incomplete tetraplegia. Arch Phys Med Rehabil 75: 306-311, 1994

- 不全頸髄損傷者 (40名, AIS:D) の歩行自立22名と非自立18名を比較した結果, 地域内歩行自立には下肢筋力に加えて上肢筋力が関与していた

T Hasegawa, et al: Physical impairment and walking function required for community ambulation in patients with cervical incomplete spinal cord injury. Spinal Cord 52: 396-399, 2014

- 股関節屈曲, 伸展, 外転筋力が在宅生活を送る不全型脊髄損傷者の歩行能力を決定するに重要な因子である

OM Kim, et al: Level walking and ambulatory capacity in persons with incomplete spinal cord injury: relationship with muscle strength. Spinal Cord 42: 156-162, 2004

重度不全四肢麻痺（C6）から屋内歩行が自立した一症例



屋内歩行獲得の要因

- 歩行に必要な最低限の支持機能を獲得
- 転倒しなだけの立位バランスを獲得

屋外歩行困難の要因

- 応用的な立位バランス能力(姿勢制御)の低下
- 耐久性低下、歩行速度の問題等

鳥山貴大、他:重度不全四肢麻痺(C6)から屋内歩行が自立した一症例、PTジャーナル (印刷中)

脊髄損傷の治療には質と量の双方が必要

- 質 適切な動作の獲得に
- 量 動作学習を強固に
ウィークネスへの対応として

【memo
】



The END