

課題名：低侵襲な知覚・運動支援により脳神経系の再構築を促す心身覚醒RT

氏名：岩田浩康

機関名：早稲田大学

1. 研究の背景

脳卒中を発症すると半身に麻痺をきたし、歩行障害等を起こし得る。リハビリで真の運動機能回復を図るには、適切な感覚入力に注意を向けつつ適切な運動パターンの反復訓練を行い、脳を活性化させる必要がある。近年、注目を集めつつある脳の認知理論(知覚－注意－記憶－判断－言語)に基づく認知運動療法では、麻痺側の身体状態を問う認知課題を繰返し行い、麻痺側の体性感覚刺激への知覚・注意を高めることで機能回復を試みる。しかしながら、感覚障害患者は表在覚・深部感覚が鈍麻・脱失しているため、体性感覚情報への十分な集中が難しい。これが、原理として本質的な療法と評価される一方で、認知運動療法がリハビリテーションの主流となれない原因の一つと考えられる。

2. 研究の目標

この問題をロボット工学(RT)と脳科学の融合で解決するべく、注意を向けにくい麻痺半身の知覚情報を感覚が良好な健側部位にバイパス呈示し、リハビリ効率を向上させる“知覚支援RT”を開発すると共に、運動学習に関わる脳機能を知覚支援RTの活用で効果的に高めるリハビリ方法を確立することを目指す。

具体的には、麻痺のため知覚しづらくなっている片麻痺患者の麻痺側足圧を非麻痺側肢体にバイオフィードバックすることで、片麻痺患者が身体イメージを再構築してゆくプロセスを支援する新しいバイオフィードバック(BF)型“知覚支援RT”の最適設計法の導出、BF活用で麻痺肢への気づきを促す運動学習法の構築、知覚支援RTによる効能の脳神経学的検証を目的とする。

3. 研究の特色

近年、リハビリの本質は、環境との相互作用を通じて麻痺肢の動かし方を再学習させることにあると指摘されている。この仮説が正しいならば、運動機能の支援だけでなく、知覚機能の支援(上記の“知覚支援RT”)も不可欠なことは明らかである。これまで、運動補助を目的とした装置は数多く提案されているものの、運動リハの本質である知覚と運動の再組織化を促進するべく、麻痺半身と環境との相互作用を患者自らに気づかせる仕掛けを有する“知覚支援RT”の提唱はもとより、脳の活性化合いを観測しつつ麻痺半身への注意を高めるRTのリハ活用法を導出した例は世界的に皆無である。

4. 将来的に期待される効果や応用分野

患者の訓練意欲の向上と医師・療法士の負担軽減を図れることに加え、確かなエビデンスの蓄積が病院の経営健全化にも寄与する。また、急性期リハ病院の患者をはじめ、早期退院せざるを得ない患者の回復期支援、そして長期にわたり自宅療養する患者のデイケアまで、入院・通院・在宅の全ての環境で利用されると予想される。従来の運動補助RTとの併用により、画期的な脳卒中リハの“質”的革命を起こすことが期待され、国民のQOL向上に大きく貢献する基盤技術になると考えられる。

問題

脳卒中による片麻痺 => 運動麻痺のみならず (×左脳 => ×右側半身) **感覚障害**も併発し得る

~~麻痺側の感覚フィードバックに注意を集中~~

感覚障害のため

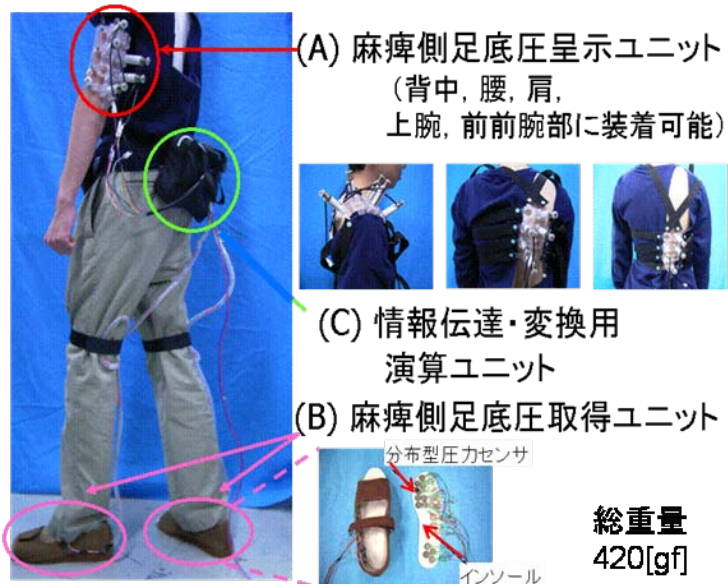
認知訓練が困難



患足で接地すると、同時に背中に刺さる感覚を自覚し、同時に背中に踏まれた感覚を自覚する => 背中を刺さる感覚を自覚する

装置

患者の麻痺具合に応じて5箇所に取り付け可能. 1.5m/s歩行速度まで対応可.



(A) 麻痺側足底圧呈示ユニット (背中, 腰, 肩, 上腕, 前腕部に装着可能)



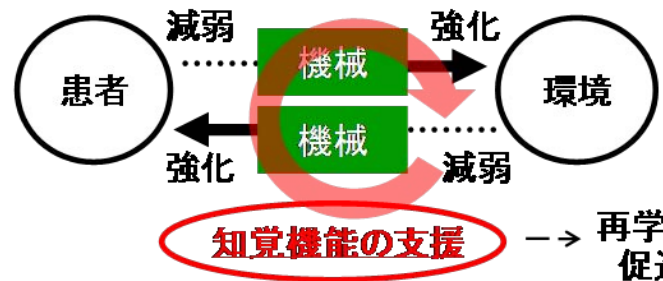
(C) 情報伝達・変換用演算ユニット

(B) 麻痺側足底圧取得ユニット
分布型圧力センサ
インソール
総重量 420[gf]

原理

患側の接地状態を健側肢体に 触覚バイオフィードバック(BF)

(HAL, リアライブ等) 運動機能の支援



リハビリの本質は麻痺肢の動かし方の再学習にあり

効果

- ▶ 患側の接地状態を自身で感じ取れる
- ▶ 患側の異常状態への気づき・修正
- ▶ RTを利用した脳可塑性の促進

やらされている, 療法士に治してもらって 受け身なリハビリテーション

リハビリ界の変革

患者自身が意欲的になれる 能動的なセルフ・リハビリテーション

医師・療法士・患者のすべてから高いニーズ

- ・患者: セルフ・リハの推進, 訓練意欲の向上
- ・医師・療法士: ポイントのみ指導, 負担軽減 (入院・通院・在宅時の全ての環境で利用可能)

課題

患側の接地状態を健側肢体にBFすることで病巣脳が賦活化するという仮説(右図)を脳神経学的に立証

脳神経学的検証 & RT制御法

適正な知覚・運動の組織化

BFによる心身統御

- ・気づき時の脳賦活機序の検証
- ・気づき効果を高めるパラメータ調整
- ・誤学習の回避, 運動学習の定着
- ・運動精度の向上
- ・心的不安解消
- ・最大限の残存能力の発揮

(y) 筋・脳神経刺激装置

機能的電気刺激(FES)、
経頭蓋磁気刺激(TMS)
による触媒的效果

(z) 運動補助装置

筋力や運動機能が低下している
患者のための運動支援

(a) 触覚バイオフィードバック
知能装具(知覚支援)

知能向上のための
システム
パラメータ
調整法

fNIRS
fMRI Compatibility
脳科学に基づく
評価・検証

(b) リハビリ
プログラム
(訓練方法)

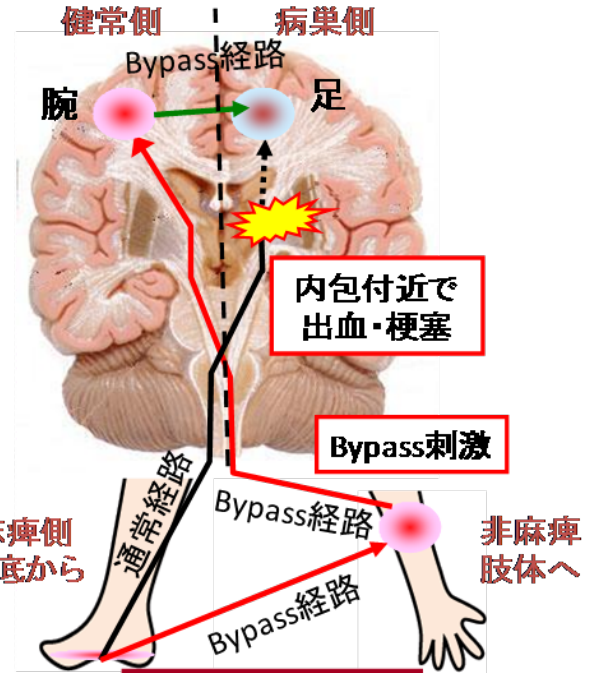
脳科学に基づく
評価・検証
治療計画の修正

(c) 脳機能
イメージング技術
(診断・効能評価)

認知科学・現象学
の知見

Bypass刺激への
意識の集中

病巣側足底
支配部の賦活化



麻痺側足底圧を非麻痺側肢体に触圧刺激
でバイパスするバイオフィードバック装置

目標

ロボットテクノロジー(RT)
を活用した次世代の
認知神経リハビリテーションの
基礎理論を導出(左図)

- (a)BF型知覚支援RTの設計論
- (b)BFの活用で気づきを促す運動学習法
- (c)BFによる気づき効能の脳機能的検証
- (y,z)リハ効能を促進する触媒的技術の構築