

『日本基礎理学療法学会とその意義』

代表運営幹事 河上 敬介

【日本基礎理学療法学会の活動】

近年の社会情勢や needs の変化に伴い、理学療法の職域は医療分野だけではなく、福祉分野や健康増進などの領域まで拡大しています。しかし、医学的基礎に基づいたエビデンスが必要不可欠であることは変わらないと考えます。一般に医療技術は、沢山の培養細胞・動物を用いた検証実験が行われ、その一部がヒトへの臨床試験が許可され、ランダム化比較試験を行いながら臨床に用いられています。しかし、依然として培養細胞・動物による検証、そして成果としての情報が理学療法において少ない現状にあります。一方、器官系で大別された個々の疾患別理学療法における理論体系の構築は進みつつありますが、理学療法の対象者に多い複数器官系にまたがる病態に対する総合的な応答を検証する学問体系が整っているとは言い難い状況です。

そこで当学会は、疾患領域に基づく縦断的な研究体系に対して、理学療法学における横断的かつ学際的な学問を統合する基盤の場として資することを通じ、臨床における理学療法効果の根拠となる知見を得るための学問分野として、真に科学的な理学療法学の発展に寄与することを目的に設立されました。

本学会は以下の3条項を設立の趣旨として掲げ、学術活動を展開しています。

- 一、各領域における理学療法を科学的視点から裏付けるとともに、更なる効果的な理学療法の開発への礎となる
- 二、他の学際領域に無い理学療法刺激に対する疾患領域の枠を越えた刺激-応答系に関する学問体系を構築する
- 三、全世界への情報を発信し医学的・科学的な理学療法を国際的にリードする

当学会の学問領域としては「動物・培養細胞を対象とした基礎研究領域」および「ヒトを対象とした基礎研究領域」の2つを有し、次ページの表1に示した研究領域を包括しています。これらの5領域における研究成果を統合し、理学療法を支える新たな基盤的学問体系を創造し、その成果を広く発信することにより、理学療法の科学的検証に資することを通じて、広く世界の人々の健康と幸福に貢献することを使命としています。

学術団体としての確固たる地位を築くべく、学際領域としての基礎理学療法学の構築に努めるよう運営幹事および会員の方々と努力しております。毎年、臨床家や基礎理学療法学の研究者、他の関連学際領域の基礎研究者が集い、議論できる場として「基礎理学療法学 夏の学校」を主催しています。情報交換の活性化も積極的に行っておりますのでご参加ください。そして、日本基礎理学療法学会の学術大会への多数の参加もお待ちしております。

表 1 日本基礎理学療法学会における 5 つの研究領域

構造・機能・情報学	解剖・組織学、生理学、生化学、病理学、細胞生物学、分子生物学、遺伝子工学等に関する理学療法学領域の基礎研究（運動や物理的刺激による生体反応の解明、痛みの原因解明・治療法の開発に関する研究を含む）
身体運動学	運動学、運動力学、生体工学に関する理学療法学領域の基礎研究（機能解剖に関する研究、筋電図、超音波診断装置を用いた研究を含む）
神経生理学	神経科学、認知科学、心理学に関する理学療法学領域の基礎研究（運動制御・運動学習に関する研究を含む）
生体評価学	理学療法評価学に関する基礎研究（筋力、可動域、感覚などに関する評価法の開発や信頼性、妥当性の検証に関する研究を含む）
運動生理学	運動生理学に関する理学療法学領域の基礎研究（呼吸・循環・代謝機能、体液調整、腎機能、自律神経機能、体温調整、筋肥大・筋力増強、筋萎縮に関する研究を含む）

……………第 23 回日本基礎理学療法学会学術大会 受賞演題紹介……………

2018 年 12 月に開催されました第 23 回日本基礎理学療法学会学術大会（テーマ：身体運動学を極める・学術大会長：市橋則明）において、学会長賞、大会長賞および奨励賞を受賞された演題抄録を次に紹介いたします。

○第 23 回日本基礎理学療法学会学術大会 学会長賞

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
八木 優英

『 弾性率を用いた新たな筋張力指標の確立 』

【はじめに、目的】

動作中の筋への負担を把握するために、個々の筋の張力を測定することは重要である。近年、せん断波エラストグラフィにより計測された弾性率から個々の筋張力を推定可能となった (Bouillard et al., 2012)。ただし、弾性率は筋断面積に影響を受け、同じ強さの筋力発揮中でも筋断面積の大きい被験者ほど、小さな弾性率が計測されてしまう (Dresner et al., 2001)。そのため被験者間や筋間で弾性率を比較するためには、弾性率に筋の大きさを反映させ、発揮筋力の絶対値と強く関連する指標を確立する必要がある。そこで、本研究では弾性率を筋の大きさに補正した指標が、弾性率より発揮筋力の絶対値と強く関連するかを検討することとした。

【方法】

健康成人男性 12 名が本研究に参加した。被験者を腹臥位とし、肩関節を外転 90°、肘関節屈曲 90° でダイナモメーター (BIODEX Medical Systems) に固定した。超音波診断装置 (SuperSonic Imagine) を使用して、B モードで上腕三頭筋の筋厚、筋断面積を測定した。そしてダイナモメーターで最大等尺性肘伸展筋力を計測した。その後、10 秒間の等尺性肘伸展運動中に上腕三頭筋の弾性率を超音波診断装置のエラストグラフィ機能で測定した。課題の開始負荷を 5Nm とし、最大等尺性肘伸展筋力の 60% を超えるまで 5Nm 毎に負荷を漸増させた。なお、測定中に発揮筋力を一定に保てない場合にはその時点で測定を終了した。そして弾性率と筋厚または筋断面積を掛けた筋張力指標 (弾性率×筋厚、弾性率×筋断面積) を算出した。発揮筋力と弾性率、二種の筋張力指標との Pearson の相関係数を算出した後に、3 つの相関係数を統計的に比較した。また発揮筋力ごとに各指標の変動係数を算出し、指標ごとに加算平均した。有意水準は 5% とし、相関係数の比較では Holm 法で補正した。

【結果】

発揮筋力と弾性率、2 つの筋張力指標間には、有意な正の相関をそれぞれ認めた (図 1)。発揮筋力と弾性率との相関係数 (0.780) より、発揮筋力と弾性率×筋厚および弾性率×筋断面積との相関係数 (それぞれ 0.928、0.950) の方が有意に高かった。一方で筋張力指標間では発揮筋力との相関係数に有意差がなかった。そして、変動係数は弾性率×筋断面積、弾性率×筋厚、弾性率の順に小さかった。

【考察】

筋の大きさやモーメントアームなどのバイオメカニクスの要因の影響により、発揮筋力と弾性率との関係に個人差が生じると考えられる (Hug et al., 2015)。弾性率に筋の大きさを掛けることでその個人差が取り除かれたために、筋張力指標が弾性率より発揮筋力の絶対値と強く関連したと考えられる。

【結論】

弾性率に筋断面積または筋厚をかけた筋張力指標は発揮筋力と強く関連する。そのため、筋張力指標は筋張力の個人間比較に適した指標である。

【図表】

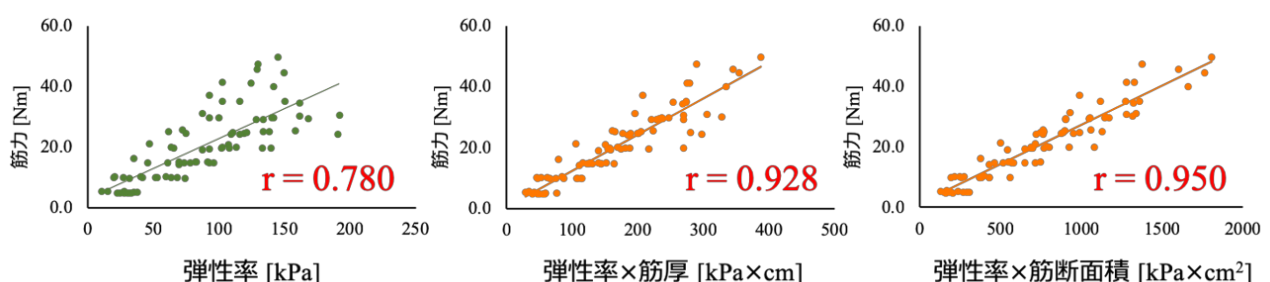


図 1

【参考文献】

- Bouillard, K., Hug, F., Guével, A., Nordez, A., 2012. Shear elastic modulus can be used to estimate an index of individual muscle force during a submaximal isometric fatiguing contraction. *J. Appl. Physiol.* 113, 1353–61.
- Dresner, M.A., Rose, G.H., Rossman, P.J., Muthupillai, R., Manduca, A., Ehman, R.L., 2001. Magnetic resonance

elastography of skeletal muscle. J. Magn. Reson. Imaging 13, 269–76.

Hug, F., Tucker, K., Gennissou, J.L., Tanter, M., Nordez, A., 2015. Elastography for Muscle Biomechanics: Toward the Estimation of Individual Muscle Force. Exerc. Sport Sci. Rev. 43, 125–133.

○第23回日本基礎理学療法学会学術大会 大会長賞

新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科

平林 怜

『 同時収縮中の収縮強度の割合が Ia 相反抑制と D1 抑制に与える影響 』

【はじめに、目的】

痙性疾患，小脳性失調症，パーキンソン病，脊髄損傷などの上位運動ニューロン障害では，主動作筋のみの運動が要求される時，拮抗筋に対して抑制が働かず，過剰な同時収縮を引き起こす．我々は前脛骨筋（TA）とヒラメ筋（Sol）の筋活動量を同程度にした最大随意収縮（MVC）の15%MVC以下でIa相反抑制が機能し，30%MVCでIa相反抑制が機能しないことを明らかにした．しかし，同時収縮中はTAとSolの収縮強度の割合が変動するため，我々は筋活動と関節トルクを併用して詳細に脊髄相反性抑制を検討する必要があると考える．そこで，本研究の目的は，TAとSolの収縮強度の割合変化がIa相反抑制とシナプス前抑制（D1抑制）に及ぼす影響を明らかにすることとした．

【方法】

対象は健常成人20名とした．測定肢位は股関節 100° ，膝関節 120° ，足関節 110° とし，足関節はトルクセンサーを取り付けたフットプレートに固定した（竹井機器工業）．筋電図はTAとSolに貼付し，サンプリング周波数は10kHz，バンドパスフィルターは10Hzから1kHzとした．電気刺激は電気刺激装置（日本光電）を用いて条件刺激（腓骨神経）をM波閾値の刺激強度で刺激し，試験刺激（脛骨神経）をH反射振幅値（H-reflex）が最大M波振幅値（Mmax）の15-25%になる刺激強度で刺激した．刺激条件は条件 - 試験刺激間隔（CTI）を-2 ms，2 ms，20 msと条件刺激をしない試験刺激のみのsingleの4条件に設定し，刺激回数は4条件をランダムに各条件15回とした．同時収縮課題は，Sol vs TA（A: 0%MVC vs 0%MVC，B: 5%MVC vs 5%MVC，C: 15%MVC vs 15%MVC，D: 5%MVC vs 15%MVC，E: 15%MVC vs 5%MVC）の5課題としランダムに実施した．統計解析は，Sol H-reflexのpeak-to-peak値を算出し，H-reflex / Mmaxで刺激条件間を比較した．刺激条件間での比較には，反復測定二元配置分散分析を行い，事後検定として対応のあるt検定にBonferroni補正を行った．関節トルクの比較には反復測定一元配置分散分析を行い，事後検定としてTukey-Kramerを行った．有意水準は5%とした．

【結果】

関節トルクの結果は表1に示す．

表 1. 関節トルク

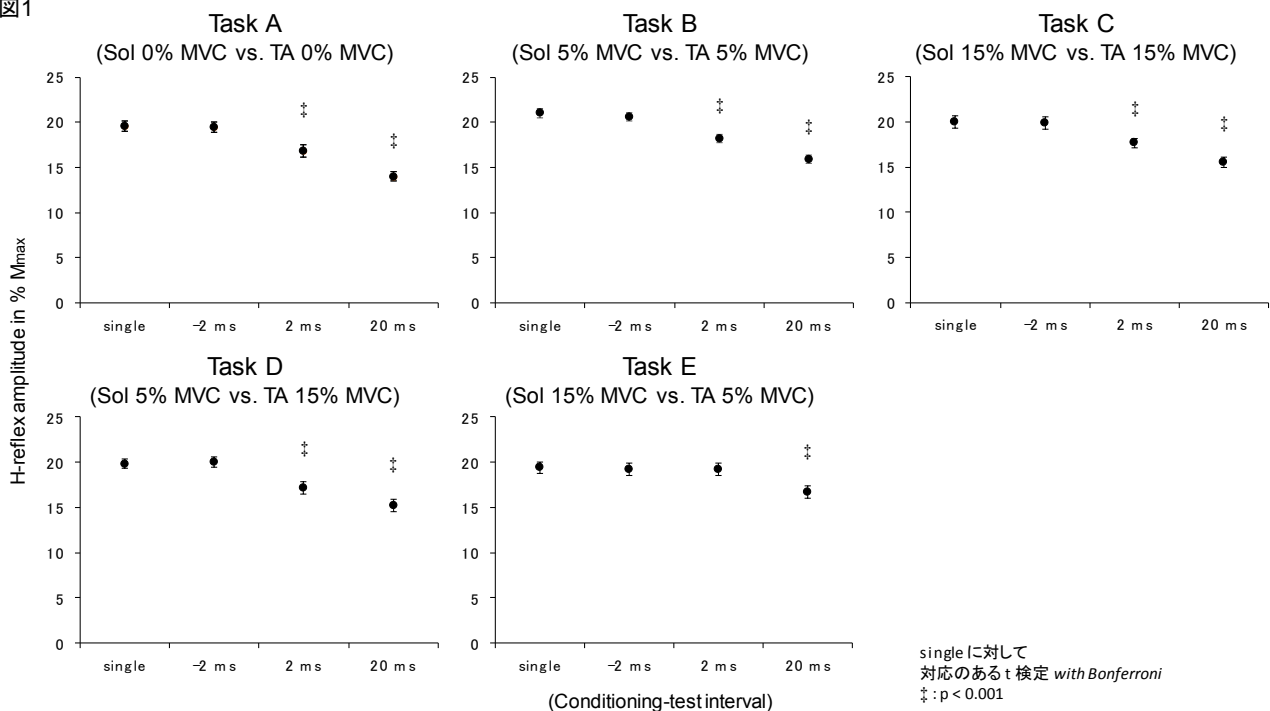
task A	task B	task C	task D	task E
0.01 ± 0.02	0.10 ± 0.16	3.31 ± 0.83 ^{*,†}	-2.81 ± 0.47 ^{*,†,‡}	6.80 ± 0.68 ^{*,†,‡,§}

(Nm) (Mean ± standard error) (+: plantarflexion, -: dorsiflexion) $p < 0.05$

*: vs Task A, †: vs Task B, ‡: vs Task C, §: vs Task D

同時収縮課題 A, B, C, D は single と比較して CTI 2 ms ($p < 0.001$), CTI 20 ms ($p < 0.001$), 課題 E は CTI 20 ms ($p < 0.001$) で H-reflex / Mmax が有意に減少した (図 1).

図1



【考察】

CTI が 2 ms での抑制は Ia 相反抑制, 20 ms での抑制は D1 抑制であることが多く報告されている (Mizuno et al. 1971). 本研究の結果より, Ia 相反抑制は課題 A, B, C, D で機能し, D1 抑制は全ての課題で機能していることが明らかとなった. 脊髓相反性抑制は同時収縮で機能しないことが先行研究で報告されているが, 本研究の筋活動と関節トルクを用いて詳細に検討した結果, Ia 相反抑制は関節トルクでなく, TA / Sol ratio に依存している可能性が示唆された. また, D1 抑制も TA / Sol ratio に依存して抑制量が増減するが抑制機能は保たれていることが明らかとなった.

【結論】

Ia 相反抑制は同時収縮中の TA / Sol ratio に依存して変化することが明らかとなった. D1 抑制は TA / Sol ratio に依存して抑制量が増減するが消失することはなく機能していた.

『 経頭蓋交流電気刺激による運動学習能力の変調 』

【背景・目的】 近年、脳の生理的律動周期に同調して経頭蓋的に交流電気刺激を加える「経頭蓋交流電気刺激法 (tACS)」が注目されている。特に、一次運動野の α 、 β および γ 帯域の脳律動をターゲットとした tACS が運動機能を変調することが明らかにされつつある。一方で、tACS によって生じる運動機能の変調と脳機能との関連性を詳細に調べた研究はあまり無い。そこで、本研究では tACS による運動学習能力の変調と脳機能との関連性に着目して検討を行った。

【倫理的配慮】 本研究は、大分大学医学部倫理審査委員会（研究者所属機関）および潤和会記念病院倫理委員会（研究実施機関）の承認を得たうえで実施した。実験は、全てヘルシンキ宣言に則り、研究目的・方法・研究によって起こり得る事象を被験者に文書で説明し、同意を得たうえで実施した。

【方法】 研究参加への同意が得られた 52 名の健常成人を対象とし、10Hz、20Hz、70Hz での tACS 群と偽刺激群にそれぞれ無作為に振り分けた。各被験者の運動学習能力を評価するために、tACS 前後に運動学習課題の一種である系列反応時間課題 (SRTT) を行い、その際の脳活動を脳磁図 (Vector View; ELEKTA, Neuromag) にて計測した (図 1)。

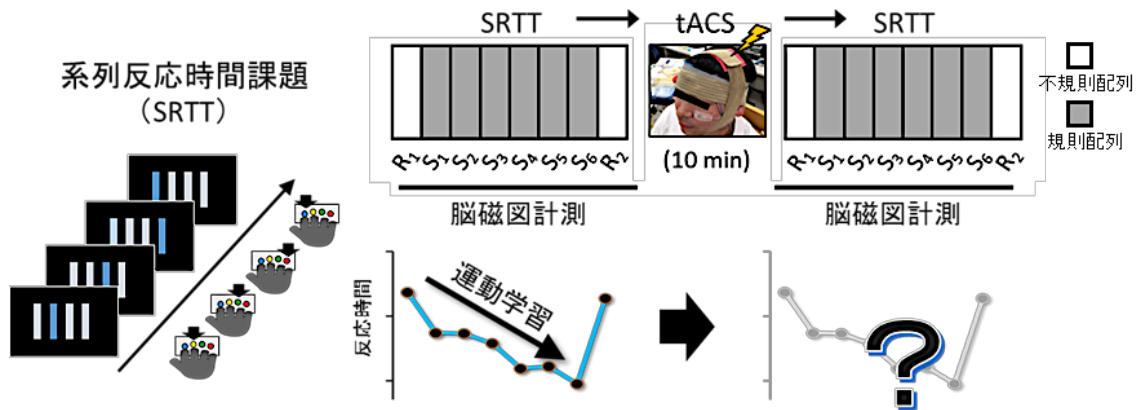


図 1 実験の概要

tACS (DC Stimulator Plus, NeuroConn) の刺激電極および参照電極はそれぞれ左の一次運動野および右前額部とし、1mA の強度で 10 分間の刺激を実施した。運動解析では、tACS に伴うボタン押し反応時間の変化を算出し、脳律動解析では空間フィルタ解析とヒルベルト変換を用いて、tACS 前後の脳律動のパワー変化を算出した。

【結果】 偽刺激群と比較して、70Hz 群において tACS 後のボタン押し反応時間が短縮した (** $p < 0.05$) (図 2A)。また、70Hz 群では一次運動野における β 帯域のパワーの上昇が tACS 後に認められた (* $p < 0.05$) (図 2B)。さらに、tACS 後に β 帯域のパワーが上昇した被験者ほど、運動学習能力が向上す

ることが明らかとなった ($p < 0.05$) (図 2C)。

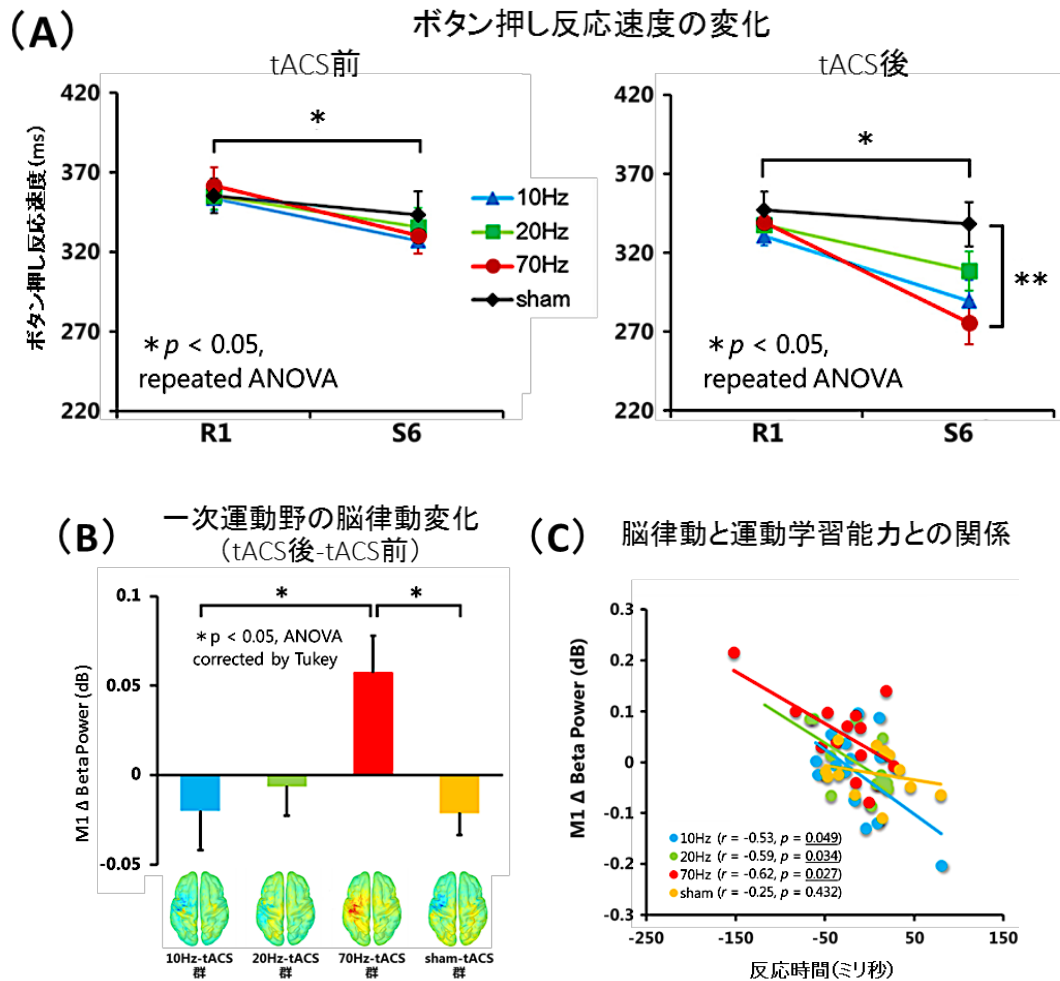


図 2 tACS による運動学習能力および脳機能の変化

【考察】 運動学習の際には一次運動野における興奮性シナプスと抑制性シナプスの活動バランスの可塑的变化が生じること知られており、これらの変化には β および γ 帯域の脳律動変化が関与する可能性が指摘されている。本研究では、 γ 帯域をターゲットとした70Hz群において、運動学習能力が向上するとともに、一次運動野における β 帯域のパワーが有意に増強した。近年、tACSは周波数特異的に脳律動の変調を引き起こすという報告がある一方、刺激周波数とは異なる周波数の脳律動成分に影響を及ぼす現象も報告されている (cross-frequency modulation)。本研究では、70HzでのtACSによって β 帯域の脳律動が変調されたことから、このcross-frequency modulationによって興奮性シナプスと抑制性シナプスの活動バランスに可塑的变化が生じ、その結果として運動学習能力が変調されたと考えられる。

【結論】 70HzでのtACS介入により偽刺激と比較して運動学習能力が有意に向上した。脳卒中などで運動機能障害を有する患者への理学療法介入前に、70HzでのtACSを行うことで、理学療法の効果を更に向上できる可能性が示された。

名古屋市立大学大学院医学研究科脳神経生理学分野¹

石田 章真¹、小林 憲太²、伊佐 正³、飛田 秀樹¹

2: 生理学研究所ウイルスベクター開発室

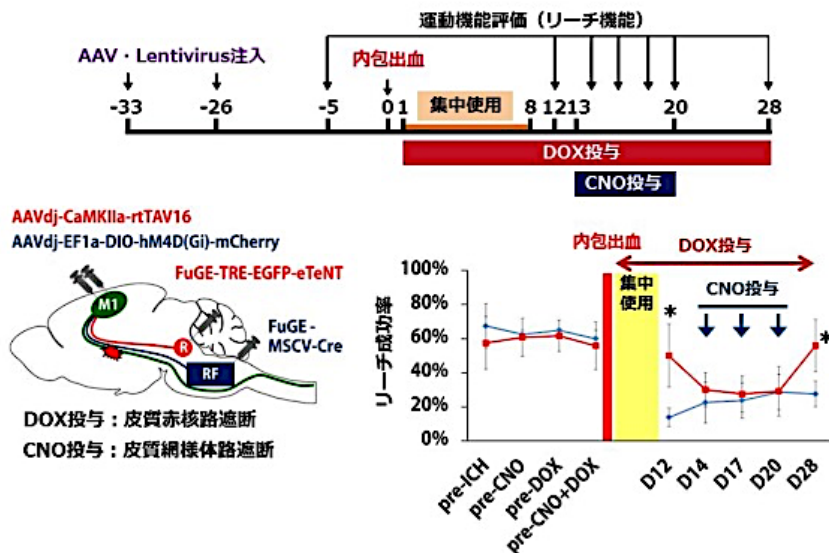
3: 京都大学大学院医学研究科神経生物学講座

『 集中リハビリテーションによる機能代償における皮質赤核路と皮質網様体路の相互作用 』

脳損傷後には中枢神経系の構造的・機能的再編が生じ、これらは障害された機能の再獲得における生物学的基礎であると考えられる。本報告では、集中的なりハビリテーションが神経回路の再編、特に皮質-脳幹系においてどのような作用を及ぼすかを捉えることを目的とする。

Wistar系雄ラットの内包部にcollagenaseを注入し、内包出血モデルを作成した。出血後1-8日目において非麻痺側前肢を拘束することで麻痺肢を集中的に使用させた。運動野に神経トレーサーであるbiotinylated dextran amine (BDA)を注入し、出血後12および51日後の赤核および網様体への軸索投射を観察した。更に、皮質赤核路および皮質網様体路の機能を選択的に遮断するため、赤核および網様体にレンチウイルスベクター (NeuRet-TRE-EGFP, eTeNT/NeuRet-MSCV-Cre)を注入し、引き続いて運動野にアデノ随伴ウイルスベクター (AAVdj-CaMKII-rtTAV16/AAVdj-Flex-DIO-hM4D-mcherry)を注入した。これにより、doxycycline (DOX) およびclozapine-N-oxide (CNO)投与により、皮質赤核路および皮質網様体路の機能を遮断することが出来る系を構築した。同モデルを用い、内包出血および集中使用後に各経路を選択的に遮断し、運動機能(リーチ機能)の変化を確認した。全ての実験処置は生理学研究所および名古屋市立大学における動物実験指針に従い行った。可能な限り使用する動物を低減し、動物の苦痛を最小限にするよう取り計らい実験を実施した。

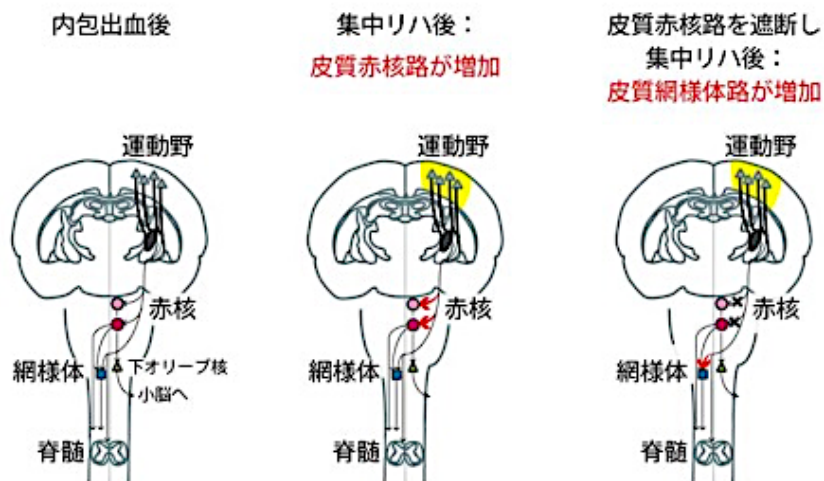
皮質赤核路と皮質網様体路の同時遮断による効果



内包出血後 1-8 日後の麻痺肢の集中使用により、リーチ機能の継続的な改善を認めた。出血後 12 および 51 日目において、赤核では集中使用群で多数の BDA 陽性線維を認めたが、網様体では対照群の間に差を認めなかった。加えて、集中使用後に DOX を投与し皮質赤核路を遮断すると改善したリーチ機能が再度悪化した。CNO 投与による皮質網様体路の遮断では機能の変化はみられなかった。興味深いことに、皮質赤核路を遮断した状態で集中使用を実施した場合には、リーチ機能の改善が生じ、且つ網様体において BDA 陽性線維が有意に増加した。この皮質赤核路を継続的に遮断した動物において、追加で皮質網様体路を遮断したところ、リーチ機能の有意な低下が確認された。

内包出血モデルにおける集中的なリハビリテーションにより、前肢のリーチ機能に関しては主に皮質赤核路が機能代償を担うことが示唆された。しかし興味深いことに、皮質赤核路を遮断した状態でリハビリテーションを実施した場合、皮質網様体路が機能代償に関与することが示された。これらの結果は皮質-脳幹路系のダイナミックな再編を示しており、リハビリテーションにおける機能代償の一端を担うものであると推察される。

結果のまとめ



- 内包出血後の集中リハは皮質赤核路を増強し、同経路は運動機能回復と因果関係を持つ
- 皮質赤核路が機能しない状況では、速やかに皮質網様体路の動員および機能代償が生じる