

オープニングセミナー1

関節可動域制限に対する理学療法

ー凹凸の法則とストレッチングのエビデンスー



京都大学大学院医学研究科 人間健康科学系専攻
市橋 則明

1) 凹凸の法則のエビデンス (凹凸の法則に根拠はない)

ROM 運動では関節内の動きを考慮して骨運動を行うことが非常に重要である。その際、関節内運動の方向を判断する方法として、Kaltenborn らが提唱した凹凸の法則が用いられることが多い。凹凸の法則では、関節の運動方向は関節表面の形状により決定される。すなわち、凹面に対して凸の関節面を持つ骨が可動する場合には骨運動とは反対方向に凸の関節面が滑り（凸の法則）、凸面に対して凹の関節面を持つ骨が可動する場合には、骨運動と同一方向に凹の関節面が滑る（凹の法則）というものである。このように凹凸の法則は定義されているが、関節の動きは関節面の形状だけでコントロールできるとは考えられない。関節面の構造だけでなく、関節包、靭帯、筋などの総合的な関わりにより滑りや転がりが起こっている。

凹凸の法則がどのような運動学的研究を基に考えられたかを調べたが、何の記載もなく、明確な根拠となるデータは見当たらなかった。実際に凹凸の法則に従って関節内運動が生じているわけではないため、骨運動に伴い生じる関節内運動の運動学的知見を基に ROM 運動を行うことが重要である。本講演では、膝関節・肩関節を中心に関節内運動に関する運動学的な報告を紹介する。

2) ストレッチングのエビデンス

ストレッチングが ROM に与える即時効果や継続的实施効果に関しては、ROM の増加の有無および増加の程度という内容で数多く効果を示した報告がなされている。ただし、ストレッチングの効果を示したそれらの報告のほとんどは、徒手による他動的な ROM テストの結果をアウトカムとしており、信頼性が低いという指摘がなされている。すなわち、ストレッチングによる柔軟性向上の指標としての他動的 ROM は、痛みや伸張刺激に対する耐性（慣れ）などの心理的要因の影響を受けるため、筋や腱、靭帯および関節包の粘弾性を評価するには不適切であるとされている。そこで、ROM に代わる柔軟性の評価の指標として、他動的に関節を動かした時の受動的トルクが推奨されている。この受動的トルクと関節角度との関係は、トルク角度曲線として描くことが可能であり、その傾きを筋腱複合体全体のスティフネスとして定義する方法が考案されている。これらの方法を使ってストレッチングの効果を調べた報告では、効果が無いとしたものも多く、一致した見解にはなっていない。本講演では、スタティックストレッチング(SS)が筋腱複合体(MTU)や筋の柔軟性に及ぼす影響に関して、健常若年者の腓腹筋を対象に 1)柔軟性を増加させるために必要な持続時間、2)SS の介入効果、3) SS とホールドリラックスストレッチングとの効果の違いを検討した我々の研究結果を紹介する。

オープニングセミナー2

高齢者の運動機能障害に対する運動療法の理論と実際



京都大学大学院医学研究科 人間健康科学系専攻
池添 冬芽

1. 高齢者に対する運動機能評価法

1) バランス能力の評価

高齢者のバランス機能の評価としてファンクショナルリーチ (FR) がよく用いられているが、FR は最大随意重心移動能力すなわちバランス能力をあまり反映していないという指摘もされている。本セミナーでは高齢者のバランス能力の評価としてのFRの適切な測定方法について我々の研究を紹介しながら提案する。

2) 歩行速度の評価

一般的に歩行速度測定にあたっては、数mの加速路を設けて「定常」とされる歩行速度が測定される。しかし、歩行が定常となるにはどれくらいの加速路が必要なのか、定常歩行を測定する歩行路の距離はどれくらいが適切なのかについては明らかではない。そこで今回、高齢者の歩行速度を測定するうえでの歩行路の設定条件について研究データをもとに考察する。

3) 敏捷能力の評価

敏捷能力の評価については反応時間や運動の素早さを指標として、さまざまな評価方法が用いられているが、高齢者の介護予防や転倒予防の観点からどのような評価方法が良いのかについて検討している研究は少ない。そこで高齢者に推奨される敏捷能力の評価法について考えてみたい。

4) 虚弱高齢者の転倒を予測するための運動機能スクリーニング法

運動機能の低下によって転倒することが多い虚弱高齢者の転倒リスクを予測するためには、運動機能を多面的に評価することが重要である。本セミナーでは施設入所の虚弱高齢者の転倒を予測するのに有効な運動機能スクリーニング法について、我々の先行研究に基づき提案する。

2. サルコペニアおよび骨格筋の「質」の改善に対する筋力トレーニングの有効性

加齢に伴い、筋量が低下する(サルコペニア)だけでなく、筋内の非収縮組織(脂肪や結合組織)の増加や筋スティフネス(筋硬度)の減少というような骨格筋の質的要素も変化する。我々はこの骨格筋の「質」の低下も高齢者の筋収縮能力低下を招く重要な因子であることを報告してきた。今回、サルコペニアおよび骨格筋の質的要素の改善に対する筋力トレーニングの有効性について、我々の高齢者研究の最新の知見を踏まえながら解説する。

3. 高齢者に対する姿勢制御トレーニングの実際

高齢者の日常生活動作自立や転倒予防のためには姿勢制御トレーニングを含んだプログラムが重要であることがエビデンスとして示されている。しかし、どのような姿勢制御トレーニングが有効であるかについては、あまり多く議論されていないのが現状である。本セミナーではシステマティックレビューや研究報告の紹介とともに、高齢者に対する姿勢制御トレーニングの重要性およびトレーニングの実際について述べる。

特別講演

特別講演 1

13:45 ～ 14:40

イベントホール

ロボットリハビリテーションの潮流と今後の展望

産業医科大学リハビリテーション医学講座
蜂須賀 研二 先生

司会：並河 茂 先生
(一般社団法人京都府理学療法士会会長)

特別講演 2

14:45 ～ 15:40

イベントホール

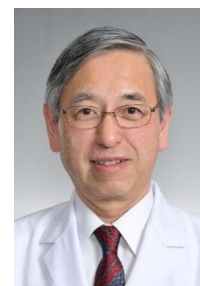
再生医療の現況と展望

京都大学再生医科学研究所
iPS細胞研究所
戸口田 淳也 先生

司会：黒木 裕士 先生
(京都大学大学院医学研究科)

特別講演 1

ロボットリハビリテーションの潮流と今後の展望



産業医科大学リハビリテーション医学講座
蜂須賀 研二

厚生労働省の平成 23 年人口動態統計によれば原因別死因数は、脳血管疾患は 12.4 万人であり順位は第 4 位と下がってきた。しかし、脳血管障害患者の入院受療率は最も高く、これらの患者を自宅復帰させ在宅生活を維持するには、多大な医療福祉資源の投入が必要である。一方、我が国では高齢化が進行し、2010 年の高齢化率は 25%、2060 年には 40%になり、脳卒中患者のリハビリを担当し支援するには、外国人労働者の導入あるいはロボット型訓練装置の開発普及が必須の状況になりつつある。

ロボットは使用目的や機能に応じて、産業用ロボットと非産業用ロボットに大別することができ、医療・福祉分野で用いるロボットは非産業用ロボットであり、1)自立支援ロボット、2)介護支援ロボット、3)訓練支援ロボット、4)就労支援ロボットなどに分けられる。

3) 訓練支援ロボットとしては上肢用と下肢用の装置がある。上肢訓練支援ロボットには、ロボット・アームの先端にあるグリップを握りディスプレイの表示に合わせて操作して上肢訓練を行う MIT-MANUS、手関節屈伸または前腕回内外の鏡像運動を行う Bi-Manu-Track、1本のスティックを握り、ディスプレイの表示に合わせて前後、左右、上下に動かし上肢訓練を行う ReoGo など多くの装置がある。下肢訓練支援ロボットには、体幹を上方に懸垂して装置の周辺を周回する Rehabot、足板を前後に駆動する Gait Trainer、体幹を懸垂し外骨格構造で駆動装置を装着する Lokomat、下肢の動きをロボット・アームが制御する歩行支援ロボット (Gait-Assistance Robot, 安川電機・産業医科大学) などがある。その他に、我々は北九州産業学術推進機構と北九州市立大学と共同で福祉施設や自宅で使用することを念頭に置いた簡易な上肢訓練ロボットも開発した。

ロボット支援訓練の meta-analysis によれば、Kwakkel らは上肢ロボット支援訓練は作業療法士訓練と機能回復は同等であり、上肢近位部に限定すると有意な回復を認めたと報告し、Mehrholz らは下肢ロボット支援訓練は歩行自立度は改善するが通常訓練と能力に相違はないと報告した。我々の ReoGo (上肢訓練ロボット) と GAR (下肢訓練ロボット) の前向比較研究を紹介し、これらの結果と meta-analysis の成果を踏まえ、ロボット支援訓練の今後の展望に関して報告する。また、ロボット支援訓練が普及するためには、操作が簡単で、療法士の負担が軽減でき、適度な大きさで、病院が購入できる価格となることが重要である。

特別講演 2

再生医療の現況と展望



京都大学再生医科学研究所
iPS 細胞研究所
戸口田 淳也

「再生医学・再生医療」という言葉が、生命科学の壇上に登場してから久しいが、一つの学術領域としての活動が開始されてからの歴史はまだ浅い。最も大きな関連学会である国際幹細胞学会も昨年度に日本で第 10 回総会が開催されたばかりであり、現在 4,000 名近い会員を有する学会となった「再生医療学会」も本年度第 12 回を迎えたに過ぎない。このように学術領域としてはまだ発展途上の段階であるが、医療現場への応用の期待は大きい。様々な形態の再生医療が探求されているが、最も注目されている分野は細胞を用いた再生医療であり、中でも間葉系幹細胞を用いた細胞治療は、既に臨床応用が開始されている。間葉系幹細胞とは間葉系の組織を構成する多種類の細胞へ分化する能力をもつ体性幹細胞であり、骨髄間質を始め臍帯血や脂肪組織など多くの組織中に存在しているとされている。しかしその細胞起源、あるいは細胞と特定するための特異的表面抗原などは未だ明確になっていない。すなわち現時点での「間葉系幹細胞を用いた細胞治療」とは、殆ど全てが「間葉系幹細胞を含む細胞群を用いた細胞治療」であり、従ってそれぞれの治療で用いられている「間葉系幹細胞」が同等なものである保証はない。しかしその潜在的能力を応用した細胞治療が有効であることは複数の臨床試験によって示されている。科学的基盤が不確実なまま、臨床応用が先んじているという点で、ある意味、現在の再生医療全体を象徴する細胞である。

この間葉系幹細胞よりはるかに大きな能力をもつ細胞が iPS(induced pluripotent stem)細胞である。iPS 細胞とは皮膚線維芽細胞のような最終的に分化した細胞に遺伝子を導入するという人為的な方法により作製された多能性幹細胞である。理論的には細胞治療に用いられる全ての細胞に分化することが出来る細胞であり、脳神経細胞などこれまで得ることが困難であった細胞を用いた細胞治療が可能となった。更に特定の個人由来の多能性幹細胞が得られることから、特に遺伝性疾患の患者さん由来の iPS 細胞を用いて、病態の解明、更に創薬へと様々な応用が進められている。本邦発の革新的技術であり、国の支援としても 2011 年度より「再生医療の実現化ハイウェイ」プロジェクトが開始され、2013 年度よりは細胞移植用の iPS 細胞バンク設立を含む巨額の支援プログラムがスタートした。更に法制度による支援として「再生医療支援法案」という法律が制定されようとしている。以上の 2 種類の幹細胞に関する話題を中心に再生医療の現況と展望について紹介する。

教育講演

教育講演 1 10:35 ～ 11:30 イベントホール
スポーツ損傷に対する理学療法 ―治療と予防への取り組み―
大阪電気通信大学医療福祉学部 一般社団法人アスリートケア代表理事
小柳 磨毅 先生

司会: 建内 宏重 先生 (京都大学大学院医学研究科)

教育講演 2 10:35 ～ 11:30 アネックスホール 1
歩行の神経制御
畿央大学健康科学部理学療法学科
冷水 誠 先生

司会: 真下 英明 先生 (舞鶴赤十字病院)

教育講演 3 11:35 ～ 12:30 アネックスホール 1
摂食嚥下リハビリテーションにおいて期待される理学療法士 (PT) の役割
兵庫医療大学リハビリテーション学部・大学院医療科学研究科
野崎 園子 先生

司会: 石井 光昭 先生 (佛教大学保健医療技術学部)

教育講演 4 13:45 ～ 14:40 アネックスホール 1
生活を組み立てる役割である理学療法士に必要な「力」
～急性期から在宅まで～
生き生きサポートセンターうえるば高知
下元 佳子 先生

司会: 関 恵美 先生 (京都民医連第二中央病院)

教育講演 5

14:45 ～ 15:40 アネックスホール 1

医工学的視点に立脚した福祉支援機器開発における理学療法の役割

東京大学先端科学技術研究センター人間情報工学分野

田中 敏明 先生

司会: 依岡 徹 先生 (京都市身体障害者リハビリテーションセンター)

教育講演 6

15:45 ～ 16:40 イベントホール

バランス障害の評価とアプローチの考え方

文京学院大学保健医療技術学部理学療法学科

望月 久 先生

司会: 布川 雄二郎 先生 (済生会京都府病院)

教育講演 7

15:45 ～ 16:40 アネックスホール 1

Brain machine interface による神経機能の補填と修飾

大阪大学大学院医学系研究科 脳神経外科

柳澤 琢史 先生

司会: 梅田 匡純 先生 (京丹後市立弥栄病院)

教育講演 1

スポーツ損傷に対する理学療法

—治療と予防への取り組み—



大阪電気通信大学医療福祉学部
一般社団法人アスリートケア代表理事
小柳 磨毅

スポーツ損傷の治療と予防に対する取り組みを紹介し、現状と課題について述べる。

1. 医療機関における治療

スポーツ外傷として頻発する膝前十字靭帯 (ACL) 損傷に対し、わが国だけで年間、数万件の再建手術が行われている。理学療法の臨床に運動器の解像度が飛躍的に高まった超音波画像診断装置を用いることで、評価は ROM-test のように単に尺度化を行うだけではなく、可動域制限の原因を推定することが可能となった¹⁾。

再建術後の理学療法において最も大きな課題の一つとして、膝伸展域での大腿四頭筋筋力による前方剪断力の抑制が挙げられる。これに対して腹臥位で下腿近位を支点とし、大腿後面から負荷を加える **resisted front bridge exercise** を開発した。画像と力学的な分析により、剪断力を制御しつつ膝伸筋力を強化するトレーニングとしての安全性と有効性が検証され²⁾、多施設での臨床使用を行っている。

これまで自覚的な膝関節の不安感が、荷重下の姿勢に及ぼす影響は明らかではなかった。そこで片脚立位で下腿の前傾を抑制し、体幹を後傾させる姿勢評価を考案した。これにより ACL 不全膝では、健側や比較対照群と比べて不安感が増大し、体幹後傾の角度や距離が減少することが明らかとなった³⁾。また片脚立位で対側下肢を移動させる **star excursion balance test (SEBT)** をビデオ画像から定量解析し、競技復帰前には関節運動や速度が術前健側と同等に回復していることを明らかにした^{4) 5)}。さらに工学者と連携し、SEBT の移動する足部に電磁ブレーキで制御された抵抗を加えることにより、荷重下の並進運動において等抵抗や等速度運動を可能とするトレーニング機器を開発し、効果を検証している⁶⁾。

2. スポーツ現場での予防⁷⁾

春夏の高校野球甲子園大会では1994年から整形外科医師と理学療法士による投手の肩肘機能検査が行われ、翌95年からは甲子園大会の全試合を通して、主催者より委託された10名を越える理学療法士が交代で活動している。試合前の warming up やテーピング、急性外傷に対する応急処置、熱中症予防のための補水環境の整備、試合後のストレッチングや予約制のコンディショニングなどを実施している。こうした支援活動は全国に波及し、40以上の都道府県で選手権大会の予選や春季および秋季大会を支援する活動が行われている。

さらに2006年から近畿圏を中心に複数の高校運動部に対する縦断的な予防活動を始め、2010年からは教育委員会からの公式な要請と経費支弁を受け、複数の公立高校で全校生徒を対象としたスポーツ損傷の予防事業を展開している。

こうした活動はスポーツ損傷の治療と予防に関心を持つ理学療法士が1995年に設立し、2011年にはさらなる社会貢献を目指して一般社団法人として認可を受けた「アスリートケア」(URL <http://athlete-care.jp>) により、組織的に運営されている。2013年、理学療法士による学校保健への先進的な取り組みとして評価され、運動器の10年日本協会から「平成24年度 運動器の10年・世界運動普及啓発推進事業」の奨励賞を授与された。

1) 木村佳記、小柳磨毅他：関節鏡視下術後の膝引っかかり症状：エコー所見と理学療法。整形外科リハビリテーション学会 学会誌 (印刷中) .2013

2) N Nakae, M Koyanagi et al : Safe and effective quadriceps femoris muscle exercise of resisted front bridge with a leg support in patients with anterior cruciate ligament insufficiency. Br J Sports Med. 45:365 2011.

3) 小川卓也、小柳磨毅他：体幹後傾テストの ACL 不全評価に対する有用性の検討 .Sports injuries. (on line journal <http://sports-injury.jp/program>). 2013

4) 小川卓也、小柳磨毅他：ACL 再建術後における側方レッグリーチの経時的変化。体力科学 58(6):754. 2009

5) 横谷祐一郎、小柳磨毅他：ACL 再建術後における後方レッグリーチの経時的変化。体力科学 58(6):754. 2009

6) 木村佳記、小柳磨毅他：等抵抗負荷の側方抵抗レッグリーチ動作における支持脚の解析 臨床バイオメカニクス (印刷中) .2013

7) 小柳磨毅、井上悟他：アスリートケア —青少年期のスポーツ損傷予防の取り組み—。理学療法学 39 (8) 471-473. 2012

教育講演 2

歩行の神経制御



畿央大学健康科学部理学療法学科
冷水 誠

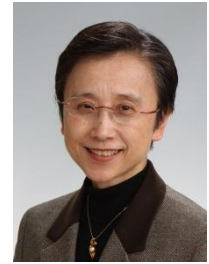
ヒトは直立二足歩行という他の動物と比較して極めて特異的な移動手段を用いる。この直立二足歩行は、四足歩行から上肢の自由度の確保と相互作用的に進化したと考えられており、上肢の自由度と移動性、さらにはエネルギー効率という要素を満たすため複雑に制御されている。この制御メカニズムを理解するためには、運動力学を中心としたバイオメカニクスの視点と神経科学的な視点が必要となる。今回はこのうち神経科学的な制御メカニズムについて、脊髄レベルから大脳皮質レベルまでを概観する。

歩行の神経制御メカニズムは実行、調整、計画と適応としてそれぞれ脊髄・脳幹レベル、基底核・小脳レベルそして大脳皮質レベルが担っていると考えられている。脳幹・脊髄レベルにおいては実行系システムとして、脳幹歩行誘発野からの指令から網様体脊髄路を介して、脊髄内にある **Central Pattern Generator (CPG)** を活動させる。そして、この実行システムを調整させるためには小脳の関与が必要不可欠である。特に、小脳虫部および中間部が中心となり、歩行のフィードフォワードおよびフィードバック制御に関与している。これら脳幹および網様体脊髄路と脊髄にある **CPG**、そして小脳は閉鎖神経回路を形成しており、いわゆる無意識的に歩行を制御していると考えられている。さらに、基底核はこの閉鎖神経回路の駆動と調整（筋緊張制御）に重要な働きを担っている。そして、大脳皮質レベルでは円滑な歩行の実行と調整に必要な歩行プログラムを生成すると同時に、常に実行されている歩行を監視しながら、変化する環境への予測と適応を可能にしている。

当日のセミナーでは、実行系である脊髄・脳幹レベル、調整系である小脳・基底核レベル、計画・適応系である大脳皮質レベルに従って、それぞれのレベルにおける歩行障害についても取り上げながら神経科学分野における知見を中心に述べる。

教育講演 3

摂食嚥下リハビリテーションにおいて期待される 理学療法士 (PT) の役割



兵庫医療大学 リハビリテーション学部・大学院医療科学研究科
野崎 園子

Dysphagia という用語は、ギリシャ語の *dysphagein* から由来し、*dys* (difficult) + *phagein* (to eat) という意味である。すなわち、摂食（食物の取り込み）＋嚥下（のみ込み）障害を示す。口腔への食物の取り込みに始まって、口腔内の食物を処理する運動能力、食塊移送、嚥下反射の発現、咽頭収縮、輪状咽頭筋の弛緩、食道への食塊の送りこみに至る広範な段階の障害である（Groher M.E.）。

若い PT の皆さんの中には、摂食嚥下リハビリテーションは言語聴覚士 (ST) がおこなうものと思っている方がいる方もいるかもしれない。

摂食嚥下リハビリテーションの基本である、姿勢や体力の安定化がなければ、せっかく口腔・咽頭の嚥下機能が向上してきても、食事を安全に摂ることはできない。PT の果たすべき役割はとて大きく、責任重大なのである。

まず、基礎知識として、摂食嚥下にかかわる器官（嚥下関連筋など）の解剖生理と神経支配、年齢による変化、疾患による摂食嚥下障害の違いを理解する。これなくしては、正しい評価を導き出すことが出ず、リハプランを立てることができない。

摂食嚥下リハビリテーションにおける PT の役割は、リハ開始直後からはじまり、合併症予防、在宅の環境整備まで多岐にわたる。

リハビリテーション開始時には、ベッドサイドにおける間接訓練となるが、四肢体幹の廃用症候群予防、特に頸部の良肢位の保持とリラクゼーション、肺炎発症または再燃予防のための呼吸理学療法が必要である。この介入が適切に行えないと、その後のリハプランが進まない。

直接訓練（食物を用いた訓練）が開始されると、摂食嚥下動作が自立できるように、嚥下関連筋の筋力強化や姿勢保持、座位保持の安定化について介入する。食事動作が自立できている場合でも、呼吸理学療法による排痰促進や廃用症候群の予防、体力の維持などが必要である。

在宅療養に移行した後、病院で指示された姿勢保持や体力の維持ができず、摂食嚥下能力が低下することがある。在宅リハビリテーションとしての PT 介入が必要となることも少なくない。

以上が PT の主な役割である。他のリハビリテーション同様、摂食嚥下リハビリテーションはチーム医療であり、他の職種（特に OT/ST）の介入方法とその意義、訓練効果については常に情報交換を行い、理解しておく必要がある。所属施設の事情に対応して、ボーダレスの相互補填型チーム医療（Transdisciplinary Approach）が求められることもある。

食は人間の基本的欲求であり、そのサポートに関わることは医療者としての喜びでもある。PT なくして、摂食嚥下リハビリテーションはできないことを、ぜひ心に刻んでいただきたい。

教育講演 4

生活を組み立てる役割である理学療法士に必要な「力」

～急性期から在宅まで～



生き生きサポートセンターうえるば高知
下元 佳子

理学療法士は、ケガや病気などで身体に障害のある人や障害の発生が予測される人に対して、基本動作能力（座る、立つ、歩くなど）の回復や維持、および障害の悪化の予防を目的に、運動療法や物理療法などを用いて、自立した日常生活が送れるよう支援する医学的リハビリテーションの専門職であると位置づけられている。理学療法士を一言でいうならば「動作の専門家」とも位置づけられている。「動作・姿勢」の専門家である。そして大切なことは、直接的な目的は運動機能の回復にあるが、日常生活活動（ADL）の改善を図り、最終的にはQOL（生活の質）の向上をめざすこと、活動や参加において結果を出すことが求められているということである。対象者の病気・障害の程度にかかわらず、安心して健康的な生活を保障することが私たちの使命である。「動作・姿勢の専門家」である理学療法士は、向き合う時間帯だけ、動作の反復トレーニングをすることで生活の保障ができるのだろうか。

維持期である、施設や在宅では、病気が引き起こす障害以上の機能低下を引き起こしている方に多く出会う。徐々に機能低下を引き起こし、単なる筋力低下ばかりではなく、拘縮を引き起こし、食事や排泄・呼吸に至るまでの二次障害を呈していることも少なくない。これは理学療法士の介入の量・頻度による差なのだろうか。どの時期からこのような機能低下が起こっているのだろうか。維持期だけでなく、急性期や回復期においても、廃用性の機能低下を引き起こしている方は少なくない、また、実際にそう感じている理学療法士も多いのではないだろうか。

「生活を見る」という視点。これは、何をどのように見るのか、何をすべきなのか。人の生活は24時間。この生活の中で、どのように過ごしてもらおうのか、どのような動作を行っていくのか、それを組み立てていくことが私たちに求められている。このように考えると、どのステージであるかは関係ないはずである。人の24時間は姿勢と動作で組み立てられており、これをどのように過ごすのかを、環境とともに考え自分が実施するだけでなく他職種に伝えていく。これがどのステージにおいても求められていることであり、二次障害から体を守り、かつ、自立支援につなげていくために必要なことである。私たちが具体的にすべきことを考えてみたい。

教育講演 5

医工学的視点に立脚した福祉支援機器開発における理学療法士の役割



東京大学先端科学技術研究センター人間情報工学分野
田中 敏明

近年、高齢者や障がい者が社会の一員として自然に参加するための保健・医療・福祉の充実および環境整備の重要性がクローズアップされ、患者・障害者のバリアーを解消するため医学と工学が融合した機器開発研究が徐々に認知されつつある。そのなかで理学療法士が医療福祉機器開発に関する公的研究助成に応募する頻度が増えてきている。ただ、機器開発に至るプロセスを十分に理解し開発に着手する段階にはまだ至っていないように思われる。

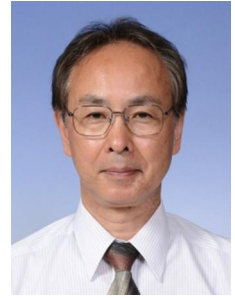
福祉・支援機器の開発のプロセスとしては、まず現場のニーズを把握することである。このニーズとは患者、障がい者、介助者、医療スタッフなどから情報を得ることになる。この課題、問題点に関して開発者、研究者がその課題の重要性を分析し、かつ、自らの技術でそれが実施可能であるかを含め、開発すべき課題を決定し課題解決方法を考案する。その後、課題の解決を可能とする機器を具体的にデザインし、プロトタイプを製作する。ここで開発者は試作機器によって課題解決が可能かを十分吟味し、修正を加えた後、現場へ試作機器を持ち込み検証する。これを繰り返すことによって製品化を目指す。この製品が商品と同義と考えた場合、機器開発に参加する企業との共同作業が重要となる。特に、企業としての利益も念頭に入れて企業にアプローチしないと商品化は難しい。

上記のプロセスを実施した具体的な例として、筆者が開発した、もしくは開発中の機器に関して紹介する。一つは、高齢者・障がい者の立位・歩行のための保健・医療・支援機器開発である。高齢者や障がい者のバランス維持・改善のための体性感覚・視覚刺激を用いたバランストレーニング機器を開発し商品化した。次に、マサチューセッツ工科大学(MIT)との共同研究により、MITが開発した上肢リハビリゲームに筆者らが開発した振動装置をコンバインさせ、バーチャルリアリティ技術を応用しより現実に近い日常生活環境を在宅の患者・障がい者に提供しトレーニングを実施するための日本版の遠隔ヘルス・リハビリテーションシステムを開発中である。さらに、視覚障害のバリアー解消機器として、空間無視症状を呈する患者・障がい者のための視覚情報呈示装置開発を行っている。この装置は、視覚情報を画像修正呈示し、認知できない領域に注意を促すための検査・トレーニング機器である。高次脳機能障害には多様な症状を克服するためのリハビリテーションおよび支援する機器開発が求められるが、本障害は脳機能の解明を進めながら同時に支援方法を開発する必要もあるためハードルが高い課題である。その他、地域に根ざした機器開発も行っている。

欧米では、理学療法士が保健・医療・福祉分野において機器開発に工学系と共同で開発に参画している。特に機器開発のプロセスにおいて重要であるニーズの把握において、理学療法士は患者・障がい者・その家族・医療従事者等から直接かつ密にその障害に関する様々な情報を得ることが可能である。また、ユーザーの障害を科学的に分析し、開発する機器の検証においても理学療法士が重要な役割を担いつつある。

教育講演 6

バランス障害の評価とアプローチの考え方



文京学院大学保健医療技術学部理学療法学科
望月 久

バランスは姿勢や動作の安定性を表しており、バランスがよいことは動作の自立の1つの要件になるため、理学療法士にとってバランスの評価やバランス障害に対するアプローチは重要である。バランスは姿勢保持や動作を実行しているときに観察することができる特性である。したがって、バランスについて考えることは姿勢や動作を安定性の観点から考えることになる。演者は「観察される姿勢や動作の安定性」を「バランス」、バランスを担っている身体機能を「バランス能力（またはバランス機能）」として、区別して用いている。バランスまたはバランス能力には様々な定義があるが、Shumway-Cook らによる「バランス（能力）は、身体重心の投影点を安定性限界（stability limits）と呼ばれる支持基底面内の範囲内に保持する能力である」はよく知られている。

時系列的に姿勢制御（バランス機能）を考えると、まず、環境や身体の状況を視覚・体性感覚・前庭感覚などを介して受け取り、これから行う動作を企画する（運動前機能）。つぎに企画した動作を実行する際に予想されるバランスの変化を予測した運動プログラムを計算し伝達する（予測的機能または予測的姿勢調節）。そして、目的とする運動プログラムを伝達し、動作を実行する。最後に実行した動作が不十分であったり、バランスが乱れたりすれば、それを修正する運動プログラムを伝達する（反応的機能）。このような過程を実行するためには、感覚機能、環境や身体の状況を把握する認知機能、運動の企画やプログラム作成に関わる大脳運動関連領野・大脳基底核・小脳の機能、自動的な姿勢調節や情報の伝達を担う脳幹・脊髄・末梢運動神経の機能が必要であり、バランス能力には神経系全体、そして伝達された信号を運動として発現する筋骨格系の機能関わっている。さらに、同じバランス能力であっても課題の難易度や環境によって動作の実行状況（バランス）は変化する。つまり、バランスはバランス能力・課題・環境によって変化する。バランス能力は様々な要素からなる複合的な身体機能と捉えることができる。バランス能力を構成する要素に関しては様々な考え方があり、Shumway-Cook らは、内的表象、適応的機構、予測的機構、感覚戦略、個々の感覚系、神経筋協同収縮系、筋骨格系を下位システムと想定している。バランス能力をいくつかの下位システムから構成されるシステムとしてとらえることによって、バランスの評価や理学療法介入に対する1つの理論的な枠組みが得られる。講演では、バランスやバランス能力の捉え方に基づいて、演者らの研究例も含めながら主なバランス能力の評価指標について解説する。そして、システム論的立場を中心にバランス障害に対するアプローチ方法について基本的な考え方や事例を紹介する。

教育講演 7

Brain machine interface による神経機能の補填と修飾



大阪大学大学院医学系研究科 脳神経外科
柳澤 琢史

Brain-machine interface (BMI)とは、脳信号を読み解くことで体を動かさずに機械を操作したり、脳へ情報を入力することで感覚機能を補填する技術である。この技術により、筋萎縮性側索硬化症 (ALS) や脳卒中、脊髄損傷などにより重度の運動機能障害がある患者でも、自分が思うようにロボットアームを動かしたり、意思伝達を行うことができると期待されている。また、ニューロフィードバックとして用いることで脳機能を修飾し、リハビリテーション等の治療にも応用されつつある。

BMI技術は脳信号計測、信号解読、外部機器操作の3つの要素からなる。特に脳信号計測・解読はBMI技術の根幹である。脳信号計測方法としては、外科的手術により頭蓋内へ電極を留置する侵襲的計測と頭皮脳波や脳磁図、NIRSなどの非侵襲的計測が挙げられる。侵襲的方法としては針電極を脳へ刺入し神経細胞発火を計測するmulti-unit activity (MUA)が米国を中心に多く研究されている。既に、頸髄損傷や脳卒中患者などを対象に臨床研究が開始され、患者が念じるだけでロボットアームを制御し、食事をしたり、思い通りにパソコンのカーソルを制御出来る事が示されている。ただ、信号の安定性が悪く、脳への侵襲も大きい事が臨床応用への障壁となっている。そこで、信号安定性に優れ、比較的精度の高い脳情報が得られる皮質脳波が注目されている。皮質脳波は脳表に皿状電極を置く侵襲的計測だが脳を傷つけず、年単位で安定した信号を得られる。また、てんかんや難治性疼痛等の治療で長く用いられてきた手法であるため、安全性が確認されている。我々を含む多くの脳外科施設で、てんかん治療などで一時的に計測された皮質脳波を用いて、皮質脳波をBMIに応用する研究がなされ、義手をリアルタイムに制御したり、カーソル等を制御出来る事が示された。これらの結果を受けて、我々は実際にBMI技術を必要とするALS患者に対して皮質脳波BMIを適用する臨床研究を開始した。対象は人工呼吸器を用いる最重症ALS患者で、臨床研究への参加を自分で意思表示できる患者3名とした。被験者の感覚運動野に電極を3週間留置し、皮質脳波を用いてパソコンに文字を入力したり、義手で物を把持する訓練を行い良好な結果を得つつある。今後は、体内完全埋め込み型のデバイスを開発し、臨床応用することを目指している。

一方、非侵襲的計測によるBMIはこれまでも、リハビリテーションへの応用など多くの研究がなされてきた。最近では、Decoded neuro-feedback (DecNef)と呼ばれる新しい方法が開発され、神経疾患の新たな治療法に繋がると期待されている。本講演では我々が開発を進めている、脳磁図を用いたBMIによる新たな治療法開発を中心に最近の研究動向について概説する。

シンポジウム

変形性膝関節症とメカニカルストレス

11:35 ～ 12:45 イベントホール

基礎研究の視点から

神戸大学大学院保健学研究科
森山 英樹 先生

変形性膝関節症の歩行の特徴

広島国際大学総合リハビリテーション学部
木藤 伸宏 先生

理学療法診療ガイドラインの観点から

埼玉県立大学
金村 尚彦 先生

司会：黒木 裕士 先生
(京都大学大学院医学研究科)

基礎研究の視点から



神戸大学大学院保健学研究科
森山 英樹

変形性関節症（osteoarthritis, OA）は、関節軟骨の変性を主病変とする疾患である。過剰なメカニカルストレスが発症の主な誘因となり、基質分解酵素や炎症性サイトカインが産生され、関節軟骨が変性・破壊に至る。

関節軟骨には、静水圧、剪断力、張力などのメカニカルストレスが加わっている。これらのメカニカルストレスが過剰となることで、MMP-13やADAMTS-5などのⅡ型コラーゲンやアグリカンといった軟骨基質を構成するタンパク質を分解する酵素の発現が刺激される。また、これらの基質分解酵素によって切断されたⅡ型コラーゲンやフィブロネクチンなどの軟骨基質の断片がIL-6などの炎症性サイトカインを誘導する。一方、運動療法など、メカニカルストレスの増加ともいえる理学療法介入がOAの保存療法に有効であることから、メカニカルストレスの増加がOAを増悪させるとは一概に言えない。実際、メカニカルストレスを加えることで、軟骨基質の合成あるいは代謝回転が促進されること、炎症抑制効果があることが報告されている。すなわち、メカニカルストレスが過剰であれば関節軟骨の破壊に、適度であれば修復に作用する。

現時点では、何をもって適度と判断するかは基準はないが、この観点は、OAの治療体系にパラダイムシフトを引き起こし、理学療法の可能性を拓くことにつながる。メカニカルストレス単独の影響をみた基礎研究から、関連する知見について取り上げたい。

変形性膝関節症の歩行の特徴



広島国際大学総合リハビリテーション学部
木藤 伸宏

変形性膝関節症（Knee osteoarthritis ; Knee OA）はいまや60才以上の3人に1人が罹患している疾患である。その発症にはメカニカルストレスが重要な役割をなしていることが報告され、歩行時の外部膝関節内転（内反）モーメントは、メカニカルストレスを反映する可能性について多くの報告がなされてきた。近年では外部膝関節内転モーメントは、膝関節内側コンパートメントに加わるメカニカルストレスを反映するというこ

とに関しては否定的な報告が多いが、このモーメントが増加することは下肢の内反に関わっていることは間違いないと思われる。

今回の発表では以下の点について報告する。

1. 歩行時の外部膝関節内転モーメントと Knee OA の重症度との関係

→ 重度の膝 OA 罹患者は歩行時の外部膝関節内転モーメントは増加する。

2. 歩行時の外部膝関節内転モーメントと臨床症状との関係

→ 歩行時の外部膝関節内転モーメントは身体機能障害と関係する。

3. 歩行時の外部膝関節内転モーメントと下肢筋力との関係

→ 歩行時の外部膝関節内転モーメントと下肢筋力は関係があるが、膝関節周囲筋よりも股関節周囲筋との関係が大きい。

4. 歩行時の外部膝関節内転モーメントと股関節周囲筋との関係

→ 立脚初期の内部股関節外転モーメントは、歩行時の外部膝関節内転モーメントと関係がある。

以上の事より、Knee OA 罹患者にとって、外部膝関節内転モーメントを減少させることは治療戦略上重要であり、それに対して決定的なエビデンスは未だ存在しないのが現状である。

理学療法診療ガイドラインの観点から



埼玉県立大学
金村 尚彦

社団法人日本理学療法士協会では、2011年10月に理学療法診療ガイドラインを発刊した。変形性膝関節症理学療法診療ガイドライン（班長：木藤伸宏先生：広島国際大学）では、論文数228編（1999年1月から2010年4月まで）について、推奨グレードとエビデンスレベルを策定した。変形性膝関節症のリスク要因として、加齢、肥満、遺伝、年齢（50歳以上）、女性であるなどの素因や、膝関節外傷後、膝関節靭帯の弛緩、大腿四頭筋筋力低下、マルアライメントなどのメカニカルストレスの影響、スポーツによる膝関節の酷使や職業的な側面から生活習慣的因子など影響が大きいということが示唆された。OARSI (Osteoarthritis Research Society International; 2008年2月) やAAOS (American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2008年12月) の治療ガイドラインにおいて、疼痛緩和や身体機能を改善するための適切な運動療法は、理学療法士による評価と指示・助言を受けることが有益であることが謳われているが、さらなる詳細な効果検証が必要である。膝関節の変形に伴う関節軟骨への過剰なメカニカルストレスに対し、生物学的関節内環境の変化と病態運動学的視点から理学療法がどのように貢献できるのか、治療に対するパラダイムシフトが求められている。