
The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (JPFMSM)

Official Journal of the Japanese Society of Physical Fitness and Sports Medicine

Volume 4, Number 1 March 25, 2015

CONTENTS

Review Articles

Effectiveness of cardiac arrest prevention during exercise
T. Abe 1

Promotion of physical activity guidelines and behavior change
K. Harada and Y. Nakamura 9

Physical exercise and renal function
M. Suzuki 17

Tool-body assimilation in the brain
M. Miyazaki and T. Higuchi 31

Physiological stimuli necessary for muscle hypertrophy
H. Ozaki, T. Abe, AE. Mikesky, A. Sakamoto,
S. Machida¹ and H. Naito 43

**Mechanical stress regulates gene expression via Rho/
Rho-kinase signaling pathway**
T. Kaneko-Kawano and K. Suzuki 53

**Etiology and nature of intervertebral disc degeneration
and its correlation with low back pain**
K. Koyama, K. Nakazato and K. Hiranuma 63

**Possibility of small-molecule-based pharmacotherapy
for sarcopenia**
Y. Watanabe and Y. Miyagoe-Suzuki 73

**Cellular mechanotransduction of physical force and
organ response to exercise-induced mechanical stimuli**
H. Yano, ME. Choudhury, A. Islam, K. Kobayashi and
J. Tanaka 83

**Significance of 5'AMP-activated protein kinase in me-
tabolomic regulation by skeletal muscle contraction**
L. Miyamoto 93

Short Review Articles

**Association between childhood obesity and ERP measures
of executive control**
K. Kamijo 103

**Locomotor adaptation: Significance and underlying
neural mechanisms**
T. Ogawa, N. Kawashima and K. Nakazawa 107

Epidemiology of sarcopenia in elderly Japanese
A. Yuki, F. Ando, R. Otsuka, Y. Matsui, A. Harada and
H. Shimokata 111

Regular Articles

**Enhanced activity of eccentric contraction induces alter-
ations in *in vitro* sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ handling
in rat hindlimb muscles**
S. Matsunaga, K. Kanzaki, T. Mishima, J. Fukuda,
S. Matsunaga and M. Wada 117

**Neural regulation of hindlimb muscle contraction-in-
duced glucagon-like peptide-1 and peptide YY secretion
in rats**
S. Ueda, H. Nakahara, K. Manabe and T. Miyamoto 125

**Muscle activation of plantar flexors in response to dif-
ferent strike patterns during barefoot and shod running
in medial tibial stress syndrome**
B. Noh, T. Ishii, A. Masunari, Y. Harada and
S. Miyakawa 133

Abstracts

The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (JPFSM)
Vol. 4, No. 1 March 2015

Review Articles**運動時における心肺停止予防の効果 (p. 1-8)**

早稲田大学人間科学学術院

安部 猛

運動時の急な心肺停止 (SCA) および心突然死 (SCD) は、稀な事象ではあるが患者および家族にとって壊滅的な影響を及ぼす。本稿では、学校およびスポーツイベント関係者に対し、運動時に推奨されるスクリーニングテストや循環器系救急措置対応計画といった予防の全体像を明示すると共に、SCAとSCD予防に対する最新の状況と課題について考察した。特にSCAとSCDの予防と推奨されるプログラムについて考察した。スクリーニングテストとしては、全米心臓協会による運動参加前循環器スクリーニング12要素・競技スポーツ選手向けが推奨されているが、12誘導心電図の運動参加前実施については議論の余地がある。予防としての遺伝学的検査については適切でない可能性があることを指摘した。また、本稿では今後の研究実施への課題について考察した結果、厳密な方法論と解析方法による観察研究の実施が可能であり、比較対象試験と同等かそれ以上の知見が得られる可能性があることを指摘した。

身体活動ガイドラインの普及と行動変容 (p. 9-15)¹国立長寿医療研究センター, ²早稲田大学スポーツ科学学術院原田和弘¹, 中村好男²

国民の身体活動を促すため、各国で身体活動ガイドラインが策定されている。これらのガイドラインには、通常、行動変容技法に関する内容が含まれている。身体活動ガイドラインが身体活動促進に寄与するためには、ガイドラインに対する人々の認知を高める必要がある。本総説では、身体活動ガイドラインの認知度および認知に関連する社会人口学的要因に関する研究の動向と、身体活動ガイドラインの認知と行動変容に関する研究の動向について概説した。カナダ (20.7-37.3%) や米国 (32-36.1%) における各国の身体活動ガイドラインの認知度と比較すると、我が国における我が国の身体活動ガイドラインの認知度は低い (6.1-12.3%)。我が国でもより積極的なガイドラインのプロモーションが必要である。また、国の違いによらず社会経済的地位 (教育歴や世帯収入) が高い者の方が身体活動ガイドラインを認知している傾向にある。ガイドラインに対する認知度の格差を減らすには、社会経済的地位が低い者を主ターゲットとしたプロモーションが必要であることを指摘した。横断研究では、身体活動ガイドラインの認知と身体活動の実施に関する肯定的な関連性が報告されているが、縦断研究では両者の肯定的な関連性は示されていない。また、介入研究では、身体活動ガイドラインの提供による行動変容の促進効果は確認されていない。そのため、身体活動

ガイドラインの認知が行動変容に及ぼす影響は限定的であると推定される。最後に、身体活動ガイドラインの事例とは異なり、我が国における食生活のガイドラインに関しては、普及による健康的な食生活の促進に成功していることを指摘した。

運動と腎機能 (p. 17-29)

東京慈恵会医科大学

鈴木政登

腎臓は、運動によって変動を受けた酸-塩基平衡および水-電解質代謝の調節において重要な役割を果たす。しかし、スポーツ医学領域では、呼吸・循環機能、神経-筋機能および代謝領域の研究に比較し、健康人または競技選手を対象とした運動時の腎機能に関する研究は極めて少ない。本総説では、1) 腎血漿流量 (RPF)、糸球体濾過量 (GFR) に及ぼす運動強度の影響、2) 血漿水-電解質代謝調節関連ホルモンおよび尿中電解質排泄に及ぼす運動強度の影響、3) 激運動後の腎機能の推移に及ぼす加齢の影響、4) 健康人の運動性利尿現象出現機序、5) 健康人の運動性蛋白尿出現機序、6) 肥満-糖尿病モデルラットを用いた糖尿病性腎症進展に及ぼすアンギオテンシン変換酵素阻害薬 (ACE-I) と運動療法併用の影響、について要約した。先進諸国における肥満・糖尿病患者数は年々増加しており、日本の人口あたり血液透析 (HD) 患者数は世界一である。糖尿病性腎症患者の約42%が毎年HD療法を導入している。規則的な運動は、糖尿病患者の必須の療法であると考えられているが、腎症患者には積極的な運動は奨められて来なかった。また、腎症を合併した糖尿病患者の運動処方についても知見が少ない。今後、糖尿病性腎症患者の運動処方に関する研究の推進が望まれる。

脳における道具と身体の同化 (p. 31-41)¹山口大学時間学研究所, ²首都大学東京大学院人間健康科学研究科宮崎 真¹, 樋口貴広²

道具は、しばしば身体の一部に喩えられる。「身体の一部としての道具」、それが単なる比喩ではなく、脳における事実であることを示す神経科学的、心理学的証拠が20世紀末から積み重ねられてきた。本稿の導入では、この研究領域にブレークスルーをもたらしたサルに脳に関する神経生理学的研究を解説し、続いて、ヒトに関する研究を解説した。その第一部では、道具と手の知覚的同化を示す心理物理学的研究、および、その神経相関を報告した神経イメージング研究を説明した。第二部では、荷運びや車椅子利用といった移動行為に関する行動科学研究に基づき、道具や外的物体の把持にともなう行為の可能性の空間的変容について論じた。これらの知見に基づき、道具と身体との相互作用に関する現在、そして今後の研究を、神経機序および応用の観点から考察した。

筋肥大に必要な生理的刺激 (p. 43-51)

¹順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科, ²順天堂大学大学院医学研究科, ³日本学術振興会, ⁴The University of Mississippi, ⁵Indiana University Purdue University Indianapolis, ⁶順天堂大学スポーツ健康医科学研究科
尾崎隼朗^{1,2,3}, 安部 孝⁴, Alan E. Mikesky⁵, 坂本彰宏⁶, 町田修一¹, 内藤久士¹

本稿では、機械的刺激と代謝的刺激の重要性を示し、筋肥大のための高負荷トレーニングに関する従来の考え方を見直すため、様々なタイプのトレーニングが引き起こす筋肥大効果について再検討した。各セットを挙上できなくなるまで実施した場合、低負荷トレーニングであっても、高負荷トレーニングに匹敵する筋肥大を引き起こすことが可能である。これは挙上不可能な状態にまで達する低負荷トレーニングによってもたらされるより大きな仕事量や代謝的刺激に起因し、運動時間を延長することにもなる。ウォーキングやサイクリングなどの持久的な運動も筋肥大を引き起こしうるが、筋の成長速度が比較的ゆっくりであることに加え、その効果は限られた筋群や年代でのみ認められる。しかし、活動筋における血流制限は代謝的疲労の蓄積を促し、低負荷トレーニングや持久性運動におけるこうした時間的な問題を軽減する。しかし、高負荷トレーニングは鍛錬者に対してでさえ、より大きな筋力の獲得やパフォーマンスの改善をもたらすために、このような代替的なトレーニングの方法に完全に取って代わられることはないかと推定できる。従って、代替的なアプローチ方法は高負荷トレーニングの実施に抵抗のある者や適切な器具を有しない者、または心臓血管系の患者において有益であるかもしれない。また低負荷レジスタンストレーニングや持久性運動であっても挙上不可能な状態や血流制限によって不快感を伴うことは心に留めておくべきである。本稿では、各々の方法の利点と欠点を理解することは顧客の目標やニーズに最も合ったトレーニングプログラムの提供に有用であることを指摘した。

Rho/Rho-kinaseはメカニカルストレスによる遺伝子発現を制御する (p. 53-61)

立命館大学薬学部

河野(金兒)貴子, 鈴木健二

運動は心血管系や骨格筋、骨などの機能を向上、肥満の改善などさまざまな生理的な効果を示し、せん断応答や引張応答などのメカニカルストレス（機械的刺激）を組織や細胞にもたらす。これらのメカニカルストレスは遺伝子発現を変化させ、組織や細胞において生理的・病理的な生体反応をもたらす。しかし、メカニカルストレスが遺伝子発現を制御する分子メカニズムについては十分に明らかではない。最近、メカニカルストレスがアクチン細胞骨格の再構成を介して、転写活性化補助因子であるMRTF (myocardin-related transcription factor) やYAP (Yes-associated protein)/TAZ (transcriptional co-activator with PDZ-binding motif) の核移行を制御することが明らかになった。単量体アクチンは、MRTFやYAP/TAZを細胞質に局在させる。このため、アクチンの重合はMRTFやYAP/TAZの核内への移行を促進し、多様な遺伝子の発現を制御する。Rhoファミリー低分子

量GTP結合タンパク質であるRho及びエフェクター分子であるRho-kinase (Rho-associated kinase) はアクチンの重合制御において重要な役割を果たすことが知られている。Rho/Rho-kinaseはLIMK (LIM-kinase) の活性を介して、アクチンの脱重合を促進するcofilinの活性を抑制する。メカニカルストレスはRho/Rho-kinase-LIMK-cofilinシグナルを介してアクチン重合を促進し、MRTFやYAP/TAZの核移行を亢進する。これにより、メカニカルストレス依存的な遺伝子発現を誘導する。本総説では、Rho/Rho-kinaseシグナルがメカニカルストレスによって誘導される遺伝子発現を制御する分子メカニズムについて概説した。

椎間板変性の特性および腰痛との関連性 (p. 63-72)

¹東京有明医療大学保健医療学部, ²日本体育大学大学院体育科学研究科

小山浩司¹, 中里浩一², 平沼憲治²

腰痛は一般人のみならずアスリートを悩ます疾患である。椎間板変性は、腰痛の原因のひとつとされているが、その関連性には様々な報告があり必ずしも一致した見解が得られていない。本総説では、まず、「椎間板変性とその特性」として椎間板変性の分類と定義、椎間板変性の発生割合および椎間板変性の危険因子についてまとめた。つぎに、「椎間板変性と腰痛の関連性」として、一般人とアスリートを対象にした研究の比較から椎間板変性と腰痛の関連性について紹介・考察した。

サルコペニアに対する低分子創薬の可能性 (p. 73-82)

¹アステラス製薬, ²国立精神・神経医療研究センター神経研究所

渡邊由香¹, 鈴木友子²

加齢による過度の筋萎縮・筋力低下はサルコペニアと呼ばれ、高齢者の日常の活動を著しく制限し、高齢化が進んでいる日本や欧米では治療を必要とする疾患として注目が高まっている。Duchenne型筋ジストロフィー症などの遺伝性筋疾患では、核酸を用いた治療法の進捗がめざましいが、より多くの人が罹患しているサルコペニアを適応とした取り組みはそれほど知られていない。しかし近年、選択的アンドロゲン受容体モジュレーターの開発が進み、臨床応用が近いと期待される。また、骨格筋の可塑性や再生を制御する分子機構も次々と明らかにされてきており、その知見に基づく薬剤の開発も進められている。特に低分子化合物による治療は利便性に優れ、期待度は高い。本稿では、サルコペニアの治療を目指す最近の創薬研究の状況について低分子化合物を用いたアプローチを中心に紹介し、さらに治療薬創製に向けた課題について考察した。

運動が与える身体的効果のメカノトランスダクションによる情報処理機構 (p. 83-91)

愛媛大学大学院医学系研究科

矢野 元, Mohammed E Choudhury, Afsana Islam,

小林加奈, 田中潤也

身体運動の負荷が生体に与える影響はすでに様々に知られている。しかし、運動による負荷以外に生体に常時与えられる重力も無視できない負荷であり、それが生体

構築に不可欠であることが長期臥床や宇宙滞在による筋肉・骨の退縮から理解できる。身体ひいては細胞の反応の少なからぬ部分を遺伝子発現や生化学的反応が担うことから、物理的入力である負荷を化学的なものに変換する機構が生体内で機能していることが容易に想像される。物理的刺激である「力」を細胞内において伝達し情報処理する仕組みをメカノトランスダクションと呼ぶが、近年その理解が進んできた。そこで本稿では、身体運動が生体に与える影響の理解が新たな段階へと移行しつつある様子を概説した。

収縮筋のメタボローム変化における5' AMP-Activated Protein Kinaseの重要性 (p. 93-102)

徳島大学薬学部

宮本理人

身体運動は多面的で強力な代謝改善作用を有することから、糖尿病や肥満といった代謝疾患の治療および予防に幅広く臨床応用されている。身体運動が及ぼす糖代謝、脂質代謝への作用には収縮筋における5' AMP-activated protein kinase (AMPK) の活性化が重要な働きをしていると考えられている。一方で、遺伝子改変動物の解析結果より、収縮筋における代謝状態の変化においてAMPKが必ずしも必要ではない可能性を示す報告もあり、AMPK非依存性経路の重要性も示唆されてきた。近年、生体内の小分子代謝中間体を網羅的に検出、定量可能なメタボロミクスの技術が代謝研究に応用されてきており、身体運動研究の領域にも応用が少しずつなされてきている。最近、私たちはCE-TOFMS (Capillary electrophoresis-Time-of-flight mass spectrophotometer) 法を用いたメタボローム解析を応用し、ラット単離骨格筋において、AMPKの活性化剤であるAICARによる刺激が電気刺激による骨格筋収縮時と極めて似た代謝状態の変化を引き起こすことを明らかにし、収縮筋のメタボローム変化におけるAMPK活性化の重要性とともにAMPK非依存性経路についても解明した。そこで本稿では、収縮筋における代謝状態の変化および、近年の身体運動研究領域におけるメタボロミクスの応用例について概説した。併せて収縮筋におけるメタボローム変化に対するAMPKの意義について考察した。

Short Review Articles

小児肥満と実行機能の関係－事象関連脳電位を用いた研究－ (p. 103-106)

早稲田大学スポーツ科学学術院

紙上敬太

小児肥満の蔓延は世界規模での主要な健康問題の一つとなっている。最近の研究によると、肥満の子供は標準体重の子供に比べて学力が劣っていることが示されている。すなわち、標準体重の維持は子供の認知発達に重要なものかもしれない。しかしながら、小児肥満と認知機能の関係に関する知見は乏しく、一致した見解も得られていない。そこで、著者らは小児肥満と高次認知機能(学力と密接に関わると考えられている実行機能)の関係について検討した。実行機能の評価には行動指標と事象関

連脳電位を用いた。概して、我々の研究は、小児肥満が実行機能の主要な下位機能である抑制と行動モニタリングにネガティブに関わっていることを示している。

ヒトの移動運動における適応：意義と内在する神経メカニズム (p. 107-110)

¹早稲田大学スポーツ科学学術院, ²日本学術振興会, ³国立障害者リハビリテーションセンター研究所, ⁴東京大学大学院総合文化研究科

小川哲也^{1,2}, 河島則天³, 中澤公孝⁴

ヒトの移動運動は外部環境や課題の変化に応じて柔軟に調節されていることから、日常生活場面における時々刻々と変化する環境のなかで歩いたり、走ったり、スキップなどができる。そのような柔軟な調節には、中枢神経系における「適応能」が重要な役割を担う。近年、移動運動を対象とした適応研究については、スポーツやリハビリテーションにおけるトレーニング戦略構築やヒトの移動運動に内在する基礎的な神経機構を検討する手段として大きな注目を集めてきた。そこで本稿では、移動運動における適応という概念がヒトの日常における移動運動動作にどのように関連するのか、過去10年ほどの間に蓄積されてきた知見に基づき、1) 移動運動の適応に内在する神経機構を含む一般的な特性、および2) 移動運動における課題特異的な神経機構の解明を目的とした適応研究の使用について概説した。移動運動の適応に関する知見は近年増えつつあるものの、研究分野自体がまだ発展の途上にあり、今後の更なる研究が必要な分野であることを強調した。

サルコペニアの疫学 (p. 111-115)

¹高知大学, ²愛知淑徳大学, ³(独)国立長寿医療研究センター, ⁴名古屋学芸大学大学院

幸 篤武^{1,3}, 安藤富士子^{2,3}, 大塚 礼³, 松井康素³, 原田 敦³, 下方浩史⁴

サルコペニアは高齢者の日常生活の障害となる。我が国ではサルコペニアの診断に必要な筋量、筋力、身体機能やその関連因子を包括的に捉えたコホート研究は少ないことから、サルコペニアの有症率について不明であった。本稿では無作為抽出された65~91歳までの高齢者949名を対象に、サルコペニアの有症率を算出した。対象者は「国立長寿医療研究センター・老化に関する長期縦断疫学研究(NILS-LSA)」の第7次調査(2010年7月~2012年7月)を完了した、男性479名、女性470名であった。低筋量、低筋力、低身体機能及びサルコペニアの判定はAsian Working Group for Sarcopeniaの診断基準を用いた。二重エネルギー X線吸収法に基づく低筋量の高齢者は男性で43.2%、女性で20.2%であった。握力に基づく低筋力の高齢者は男性で10.0%、女性で21.5%であった。歩行速度に基づく低身体機能の高齢者は男性で5.4%、女性で9.2%であった。サルコペニアの有症率は男性で9.6%、女性で7.7%となり、全国有症者数の推計によると男性は132万人、女性は140万人であった。今後、我が国においても治療法や予防法の開発などサルコペニアに関する対策が広く進むことが望まれる。

Regular Articles**伸張性収縮量の増大はラット後肢筋のin vitro筋小胞体のCa²⁺ハンドリング能力を変化させる** (p. 117-124)

¹宮崎大学教育文化学部, ²くらしき作陽大学食文化学部, ³八戸学院大学人間健康学部, ⁴南九州短期大学国際教養学科, ⁵広島大学大学院総合科学研究科

松永 智¹, 神崎圭太², 三島隆章³, 福田 潤¹, 松永須美子⁴, 和田正信⁵

伸張性収縮による強縮張力減少の要因を明らかにするため, 500回までの伸張性あるいは等尺性収縮をin situにて課したラット速筋の筋小胞体Ca²⁺取込・放出能力, 筋小胞体Ca²⁺ATPase活性および筋形質膜Na⁺-K⁺-ATPase活性を測定・解析した. 電気刺激60Hzにて測定した筋強縮力は, 伸張性収縮の方が等尺性収縮よりその減少量が大きかった. 筋小胞体Ca²⁺ATPase活性は伸張性収縮負荷により二相性を示し, 200回の収縮までは一時的に増加し, それ以降は減少した. また, Ca²⁺放出速度およびNa⁺-K⁺-ATPase活性は, 伸張性収縮100回までは減少し, それ以降は変化がなかった. 一方, 筋小胞体Ca²⁺ATPase活性, Ca²⁺放出速度およびNa⁺-K⁺-ATPase活性には等尺性収縮による変化はみられなかった. これらの結果より, 等尺性収縮と比較し伸張性収縮が負荷された筋において発揮張力の低下が大きいのは, 筋小胞体Ca²⁺放出チャネルかNa⁺-K⁺-ATPaseのどちらか一方, あるいは両方の機能が低下することに少なくともその一部の要因があることを示唆している.

ラットにおける後肢筋収縮誘発性のグルカゴン様ペプチド-1とペプチドYY分泌の神経性調節 (p. 125-131)

森ノ宮医療大学大学院保健医療学研究科

上田真也, 中原英博, 眞鍋 幸, 宮本忠吉

運動時に観察されるglucagon-like peptide-1 (GLP-1) やpeptide YY (PYY) の増加に関する生理学的機序については, 未だ明らかにされていない. 運動に関わらず, これまでの研究ではGLP-1やPYYの増加は神経経路を介していることが報告されている. そこで本研究では, ラットにおける後肢筋収縮モデルを用いて, 運動中のGLP-1やPYY分泌の神経性調節について検討した. 後肢筋収縮は20分間, 坐骨神経を電気刺激 (5 V, 5 Hz) することによって誘発した. まず, 空腹時の動脈採血

を行った (Baseline). その後, *in vivo*で20分間の後肢筋収縮を行い, 収縮終了直後に採血を行った. GLP-1とPYYは後肢筋収縮後, 有意に増加したが, 偽試行と迷走神経切断試行間に有意な差は認められなかった. 一方, GLP-1とPYYの坐骨神経求心路遮断試行は偽試行に比べて, 有意に低値であった. これらの結果は, 運動時に観察されるGLP-1やPYYの増加が活動筋由来の求心性神経を介しており, 迷走神経は介していないことを示唆している.

ランニング時の着地パターンとシューズ着用有無がシンスプリントを有するアスリートの底屈筋群筋活性度に及ぼす影響 (p. 133-141)

¹筑波大学大学院人間総合科学研究科, ²筑波大学スポーツResearch and Development Core, ³茨城県立医療大学医学科学センター

盧 炳周¹, 石井壮郎², 増成暁彦^{1,3}, 原田悠平¹, 宮川俊平¹

Medial Tibial Stress Syndrome (MTSS) は, 頻繁に発症しているランニング障害である. MTSSの発症は動作に関係するため, ランニングの動作分析等が検討されているが, 着地パターンの違いやシューズ着用の有無に着目した研究は見当たらない. そこで本研究では, ランニング時の異なる着地パターンとシューズの着用有無がMTSSを有するアスリートの底屈筋群の筋活性度に及ぼす影響について検討した. サッカー選手 (15名) をMTSS群 (7名), non-MTSS群 (8名) に分け, 3.3 m/sのランニングを行わせた際の動作を12台のViconカメラを用いて分析した. ランニングは前足部着地および後足部着地をシューズ着用の有無で実施した. 底屈筋群の筋活性度は0から1までの活性度の変化を筋骨格モデリング・解析システム (software for interactive musculoskeletal modeling; SIMM) により算出した. ランニングの着地時における底屈筋群の活性度はMTSS群が健常群より有意に高かった. 着地パターンの筋活性度は, 前足部着地 (FFS) が他の条件と比べてランニングの初期着地時に底屈筋群が有意に高かった. 以上の結果より, 前足部ランニングの着地時にMTSS群の底屈筋群は筋活性度が高く, より大きいストレスがMTSSの好発する脛骨後方の軟部組織に掛けられ, それによってMTSSが発症する可能性が高くなるものと推定できる.