

---

---

# The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (JPFMSM)

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

---

Volume 5, Number 2 May 25, 2016

## CONTENTS

### *Review Articles*

**Prevention of brain aging by green tea components: Role of catechins and theanine**

K. Unno .....117

**“Sense of effort” and M1 activity with special reference to resistance exercise with vascular occlusion**

Y. Takarada .....123

**Cytoskeletons in neuronal development**

H. Akiyama and S. Sakakibara .....131

**Effects of environmental and social stressors on biological rhythms**

H. Sakakibara, M. Torii Yasuda and K. Shimoi .....143

**Strategies for maximizing power and strength gains in isoinertial resistance training: Implications for competitive athletes**

A. Sakamoto, P.J. Sinclair and H. Naito .....153

**Age-related functional changes in hematopoietic microenvironment**

I. Tsuboi, T. Harada and S. Aizawa .....167

### *Short Review Articles*

**Possible contributions of group III/IV muscle afferent feedback to exercise performance**

R. Matsuura .....177

**A single bout of exercise and postprandial hyperglycemia caused by high-fat diet**

S. Numao .....181

### *Regular Articles*

**Relationships between lower-limb joint kinetic parameters of sprint running and rebound jump during the support phases**

Y. Kariyama and K. Zushi .....187

**Walking exercise combined with neuromuscular electrical stimulation of antagonist resistance improved muscle strength and physical function for elderly people: A pilot study**

R. Hashida, H. Matsuse, Y. Takano, M. Omoto, T. Nago and N. Shiba .....195

## Abstracts

## The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (JPFSM)

Vol. 5, No. 2 May 2016

## Review Articles

## 緑茶成分による脳の老化予防：カテキンおよびテアニンの作用 (p. 117-122)

静岡県立大学薬学部

海野けい子

わが国では急速に高齢者が増加しており、それに伴い認知症の患者も増加している。認知症の最も重要な危険因子は「加齢」であり、「脳の老化」を予防することは認知症対策の重要な柱となる。老化の要因の中で、酸化ストレスによる傷害の蓄積は重要であると考えられており、緑茶には強い抗酸化作用を示すカテキンと呼ばれる成分が含まれている。実験動物に緑茶カテキンを摂取させたところ酸化傷害が抑制され、脳の萎縮や脳機能の低下が抑制された。実験動物に中高齢期から緑茶カテキンを摂取させた場合も脳の老化抑制効果が認められたことから、ヒトの場合も同様に、老化を意識し始める中高齢期から緑茶カテキンの摂取を開始すれば、ある程度効果が期待できると考えられる。一方、現代は多くの人が何らかのストレスを抱えているが、長期にわたる精神的ストレスは寿命を短縮させ、脳の老化を促進することが動物実験から明らかとなった。しかし緑茶に含まれるテアニンという成分は、ストレスを軽減し老化を抑制することが見出された。ところがテアニンの作用は、緑茶に含まれる主要成分のカテキンやカフェインにより打ち消されることも見出された。毎日数杯の緑茶を摂取することは脳の老化予防の一助となると考えられ、またテアニン量の多い緑茶、あるいはカフェイン量の少ない緑茶は抗ストレス作用が期待される。脳の老化予防における緑茶成分の作用について、カテキンおよびテアニンを中心に概説した。

## 努力感と一次運動野の神経活動～血流制限下の筋力トレーニングとの関連で～ (p. 123-130)

早稲田大学スポーツ科学学術院

宝田雄大

局所的な血流制限下の筋力トレーニング（通称“加圧”トレーニング）がその低い運動強度にも関わらず、高強度の場合に匹敵する筋肥大を伴った筋力改善を引き起こすことはよく知られている。また当初から、運動実施者が大きな努力感を訴えることも分かっていた。しかし、それが客観的事実として発揮筋力に対する知覚（力覚）の増大とともに報告されたのはTakarada et al. (2006)が最初であった。この力覚増大は、主な求心性・遠心性神経機能を阻害することなく、そして筋活動に何らの変化も与えることなく、起こる。また、筋収縮を伴わない、局所的な上腕基部への圧迫は、経頭蓋磁気刺激法（Transcranial Magnetic Stimulation, TMS）による単発の一次運動野（M1）刺激の誘発筋電図（MEP）に

何らの変化も与えない。さらに、一次体性感覚野への低周波磁気刺激（low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation: rTMS）は力覚に何らの変化も与えない。これらは、力覚増大が、筋、腱、あるいは皮膚受容器を介した求心性神経活動というよりはむしろ、その筋収縮に注がれる運動司令の中枢性神経活動に起因することを示唆している。実際、fMRIとTMSを用いた研究で、M1神経活動は局所的な血流制限により高められることが確認されている。さらに、このM1神経活動増加は、rTMSによるM1機能低下後、力覚増大とともに被験者がより強い努力感を訴えたことから、補足運動野や運動前野などの運動関連領域からM1への興奮性入力増大によるものであると推察される。つまり、被験者は、M1後の随伴発射（遠心性コピー）によって検出できるような皮質脊髄路の興奮性強度ではなく、主に、そのM1の上位に位置する運動関連領域の神経活動に基づいて、力覚を増大させ、その実行にはより大きな努力が必要であると感じたわけである。以上のことから、血流制限下筋収縮においても同じようなメカニズムが作用したと考えられる。では、最大努力で筋力を発揮するとき、最大の力覚と努力感が生じることは想像に難くないが、その時、M1の神経活動は最大となっているのだろうか。本総説では、運動意思が意識に上る前の運動システム活動状態、特にM1とその神経活動、に焦点を当て、潜在筋力解放の可能性を探るについて概説した。

## 神経系発生における細胞骨格の役割 (p. 131-142)

早稲田大学人間科学学術院

秋山博紀, 榊原伸一

我々の体中に張り巡らされた神経回路網は、五感や運動など全ての脳神経系機能発現の基盤となっている。この精緻な神経回路網を構築するためには、神経系の発生を緻密に制御する必要がある。神経細胞の形態は発生に伴って大きく変化する。例えば、幹細胞から生まれた神経細胞が定められた位置まで移動する際は双極型への変形が必要であり、標的細胞とシナプスを形成するためには軸索突起を遠くまで伸ばさなければならない。このような神経細胞の形態変化には、細胞骨格と呼ばれる構造体の動態制御が必須である。本総説では、神経系発生の各段階（神経発生、細胞移動、神経突起形成、シナプス形成）における細胞骨格動態制御の重要性について概説する。

## 環境・社会的ストレスが生物時計が刻むリズムに与える影響 (p. 143-152)

<sup>1</sup>宮崎大学農学部, <sup>2</sup>静岡県立大学食品栄養科学部  
榊原啓之<sup>1</sup>, 保田倫子<sup>2</sup>, 下位香代子<sup>2</sup>

現代社会はストレス社会と呼ばれているように、我々は日常生活の中で外界からの多様なストレス刺激に曝さ

れている。我々の体内では、ストレス刺激に適応するために様々な生体応答を示し、グルココルチコイドやカテコールアミン類の血中への分泌が重要な応答の1つである。このような内分泌系の応答はストレス刺激に対して速やかに生じ、闘争・逃走反応 (fight-or-flight 反応) と呼ばれ、生体がストレス刺激に対して適応するために必要な反応である。一方、近年の研究において、生体内には広く生物時計が存在しており、ストレス刺激下で見られる内分泌系の応答を含めた様々な生命現象に、一日の中で活性が高い時間帯と低い時間帯、すなわち日内リズムが存在することが報告されている。加えて、生命現象が刻む日内リズムが攪乱されると、精神疾患や免疫異常、肥満や2型糖尿病などの生活習慣病の発症リスクが高まる。また、ストレス刺激が日内リズムの振幅や周期に作用する可能性が示唆されている。本総説では、ストレス刺激とストレス応答の関係について動物試験で得られた知見を中心に概説する。さらに、環境・社会的要因に起因するストレス刺激が生物時計の刻むリズムに対する影響についても言及する。

#### パワーと筋力の向上を最大に引き出すレジスタンストレーニング法 (p. 153-166)

<sup>1</sup>順天堂大学スポーツ健康医科学研究所, <sup>2</sup>Faculty of Health Sciences, The University of Sydney

坂本彰宏<sup>1</sup>, Peter James Sinclair<sup>2</sup>, 内藤久士<sup>1</sup>

人間の動態では慣性負荷 (isoinertial resistance) が常に掛かっており、骨格筋は様々な関節速度と角度のもとで収縮している。多くのスポーツでは、高い筋力をより速い速度で発揮出来る能力が競技成績の向上に繋がる。つまり、パワートレーニングを isoinertial resistance 環境で実施することで (自重, ウェイト, flywheel などを使用), 実践性に優れた適応を促せる。従来のパワートレーニングでは筋力系 (>70% 1RM) とスピード系 (<30% 1RM, 例: プライオメトリックトレーニング) の2つの方法を組み合わせることで、様々な負荷と速度に対応できる筋パフォーマンスを獲得していた。昨今では、最大パワー出力負荷 (30-70% 1RM) を用いる Pmax トレーニングが代用策として用いられており、従来の組み合わせ法と同等、又はより大きいトレーニング効果を発揮できると報告されている。しかし、1RM測定が容易ではないことや、最大下負荷挙上からの負荷予測 (レップ数や挙上速度からの推測) では正確性が損なわれること等の理由から、研究結果で推奨されるトレーニング負荷 (% 1RM) をトレーニング現場で厳密に再現する事はほぼ不可能である。一方で、昨今の研究ではトレーニング負荷よりも、各レップ内で最大エフォート (最大速度) を出し切ることがトレーニング効果に大きく影響することが分かってきた。これまで、負荷レベルの変更は挙上中のエフォートの増減を達する為に行われていたが、負荷選択はレップ内で到達できる最大加速度と速度を決定する因子と考えるべきであり、如何なる負荷においても最大エフォートで行う事でパワーや筋力の向上を最大に引き出すことが出来る。これが達成されないとトレーニング効果が軽減してしまう。しかし、スピード系を重視した低負荷でのレジスタンストレーニングでは、重りに勢いが付いてしまいコンセントリック局面の終盤が減速期

として使われてしまう。つまり全可動域にかけて力を入れ続けることが出来なくなり、エフォートを制限してしまう。そこで、対象物を減速させずに放物動作をすることでこの問題が解消できる (bench press throws, squat jumps)。また、stretch-shortening cycle による筋パワー向上効果を最大に活用することも、トレーニング効果を増大させるのに有効となる。パワートレーニングの実施や指導では、綺麗なフォームやスムーズな反復性といったキネマティック要因が重要視されがちである。しかし、技術取得後は各レップ内で全可動域に渡り最大エフォートで力を出し続け、最大加速度や最大速度に到達出来たか否か (キネマティック要因) を評価するべきである。本総説では、レジスタンストレーニングの効果を最大に引き出す方法について概説する。

#### 造血微小環境の加齢に伴う機能的変化 (p. 167-175)

日本大学医学部機能形態学系

壺井 功, 原田智紀, 相澤 信

ストローマ細胞と総称される細胞群より構成される造血微小環境は造血促進因子および抑制因子の両方を産生して造血幹細胞および造血前駆細胞を厳密に制御し、個体の一生涯にわたりすべての種類の成熟血液を供給し続ける。造血機能は加齢に伴い低下する。広範な研究により加齢に伴う造血機能低下は造血細胞の内在的原因によることは明らかとなったが、造血細胞を取り巻く環境による外的原因についての検討は十分にされていない。老化促進モデルマウス (senescence accelerated mouse: SAMP1) はわずか30週齢でストローマ細胞の機能低下を呈し、加齢に伴う造血機能低下におけるストローマ細胞の機能的変化を解析するうえでよいモデルである。加齢に伴い顆粒球造血は維持されているのに対しB細胞造血は著明に低下することはよく知られている。SAMP1マウスでは、加齢に伴いストローマ細胞のB細胞造血促進因子の産生が低下するのみならず抑制因子の産生も低下するため低濃度調節状態 (抑制的平衡状態) に陥る。定常状態の造血制御はきわめて微量のサイトカインで調節されているため、かろうじて加齢SAMP1マウスのB細胞造血は維持されている。しかし抗癌剤による骨髄破壊や炎症などのストレスにより造血亢進が必要な状況下では潜在的なストローマ機能低下が顕在化する。ストレス下における加齢SAMP1マウスのストローマ細胞は、造血促進および抑制因子の産生調節不全に陥り、B細胞造血のみならず、顆粒球造血、赤血球造血、肥満細胞造血など他の系統の造血も低下させる。これらの事実は、加齢に伴う造血機能低下は、単に造血細胞の内在的原因のみならず、ストローマ細胞が形成する造血微小環境の機能低下による外的原因により引き起こされることを示している。本総説では、造血微小環境の加齢に伴う機能的変化について概説した。

**Short Review Articles****グループIII・IV求心性神経フィードバックによる運動パフォーマンスの調節 (p. 177-180)**

上越教育大学大学院学校教育研究科, 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科

松浦亮太

我々は運動パフォーマンスを際限なく維持することはできない。すなわち、運動パフォーマンスは徐々に低下していく。伝統的に、筋活動を生み出すために必要とされる末梢機能および中枢機能が破綻すると、運動パフォーマンスが低下していくとされている。しかしながら、持続的に最大筋力を発揮し続けた場合でも、完全に筋収縮ができなくなったり発揮筋力が無になったりすることはなくよく知られている。さらに、タイムトライアルなどのレースにおいて、筋収縮機能の障害が大きくなるレース終了時に、中枢からの運動出力が増大して運動パフォーマンスが向上することはよく見られる現象である。これらは、筋活動を生み出すために必要とされる末梢機能および中枢機能の破綻のみによって、運動パフォーマンスが決定されないことを示している。最近の研究では、中枢神経系に対するグループIII・IV求心性神経の入力が、運動パフォーマンスの調節や制限に重要であることが明らかにされている。本総説では、運動パフォーマンスの調節に対するグループIII・IV求心性フィードバックの寄与について、2つの観点を概説する。

**急性運動と高脂肪食による食後高血糖 (p. 181-185)**

京都薬科大学

沼尾成晴

本総説では、高脂肪食により生じる食後高血糖に対する急性運動の効果について概説した。食後高血糖は、心疾患リスクの増加と関連がある。そのため、食後高血糖を予防することが重要である。日常生活における食事や運動は、食後高血糖のコントロールにとって重要な要因である。なかでも、高脂肪食の短期間の摂取は、食後糖代謝を悪化させる。一方、急性運動は食後糖代謝を改善することが知られている。しかしながら、急性の中強度持続運動は、短期間の高脂肪食摂取により引き起こされた食後糖代謝の悪化に対する効果はほとんどみられない。このことは、高脂肪食摂取が急性の中強度持続運動の食後糖代謝改善効果を減弱する可能性を示している。食後糖代謝の悪化を改善する効果的な運動処方を実現するためには、今後さらなる研究が必要である。

**Regular Articles****スプリント走とリバウンドジャンプの支持期における下肢関節キネティクスの関係性 (p. 187-193)**

筑波大学体育系

菊山 靖, 関子浩二

我々は、16人の陸上競技選手を対象に、全力でのスプリント走とリバウンドジャンプを行わせ、支持期における下肢関節キネティクスの関係性について検討した。スプリント走における速度とリバウンドジャンプにおけるRJ index (跳躍高を接地時間で除した値) を算出した。

支持期における下肢関節キネティクス (関節トルクとパワー) を、地面反力計測器と高速度ビデオカメラにより、被験者側方から収集したデータにより算出した。スプリント走速度とRJ indexとの間に有意な相関関係は認められなかった。しかしながら、スプリント走とリバウンドジャンプとの間には、足および膝関節におけるエキセントリック局面およびコンセントリック局面の平均関節トルク、そして足および膝関節における負の平均関節パワーに有意な相関関係が認められた。これらの結果から、スプリント走とリバウンドジャンプとの間には、スプリント走速度とRJ index間に関係性が無かったとしても、特にエキセントリック局面において、足関節と膝関節に力学的な類似性が存在することが示唆された。

**歩行運動中に拮抗筋の電気刺激による抵抗運動を組み合わせた訓練が高齢者の下肢筋力と身体機能を改善させた：先行研究 (p. 195-203)**

<sup>1</sup>久米大学病院リハビリテーション部, <sup>2</sup>国際医療福祉大学福岡保健医療学部理学療法学科

橋田竜騎<sup>1</sup>, 松瀬博夫<sup>1</sup>, 高野吉朗<sup>2</sup>, 大本将之<sup>1</sup>, 名護 健<sup>1</sup>, 志波直人<sup>1</sup>

有酸素運動と抵抗運動は高齢者の健康増進に推奨されている。ハイブリッドトレーニングシステム (HTS) は、自発筋収縮の運動抵抗として拮抗筋への電気刺激筋収縮を利用した、自発筋収縮と電気刺激を組み合わせた方法である。筆者らは歩行訓練中にHTSを使用して抵抗運動が行うことができる新しい訓練 (HTSW) を考案した。この研究はHTSWを歩行訓練単独と比較して筋力および身体機能への影響を調査した。対象は、骨折や脳血管疾患のない高齢者16名 (平均年齢67.2±2.6歳, 男性2名, 女性14名) で、ランダムにHTSW群とCTR群へ振り分けた。歩行訓練群 (CTR群) 8名, HTSを加えて歩行訓練を行う (HTSW群) 8名の2群とした。週3回12週間, CTR群は30分間の歩行を行い, HTSW群は30分の歩行中にHTSを同時に行った。訓練期間前後に、角速度60度での等速度性膝伸展・屈曲筋力, 下肢筋厚 (MV), 閉眼片脚立位時間, ファンクショナルリーチテスト, 10m最大努力歩行時間, Timed Up & Go Test (TUG), 6分間歩行テストを評価した。有意に改善が認められた項目はHTSW群では等速度性膝伸展筋力は12%増加 (p<0.05), 等速度性膝屈曲筋力は18%増加 (p<0.05), MVは8%増加 (p<0.05), 10m最大努力歩行時間は9%改善 (p<0.05), 6分間歩行テストは12%改善 (p<0.01), TUGは26%改善 (p<0.01)。一方W群では等速度性膝伸展筋力は15%増加 (p<0.05), 10m最大努力歩行時間は9%改善 (p<0.05), TUGは22%改善 (p<0.01), 6分間歩行テストは16%改善 (p<0.01)。両群とも歩行能力の改善を認め、さらにH群では膝伸展, 屈曲筋力ともに改善を認めた。HTSW群は有酸素運動効果だけではなく抵抗運動効果も同時に得られる運動法であると思われる。