
The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (JPFMSM)

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

Volume 2, Number 2 May 25, 2013

CONTENTS

Review Articles

- Lipid metabolism and exercise**
T. Hashimoto 149
- Anticipatory postural control during arm movements and floor translation**
K. Fujiwara 155
- Exercise-induced hypoxemia and anaerobic capacity in Thoroughbred horses**
H. Ohmura, A. Hiraga and JH. Jones 163
- Calcium kinetics of sarcoplasmic reticulum and muscle fatigue**
M. Wada, M. Kuratani and K. Kanzaki 169
- Molecular basis of muscle hypertrophy and atrophy: Potential therapy for muscular dystrophy**
N. Ito, Y. Miyagoe-Suzuki and S. Takeda 179
- Low back disorders among athletes and its prevention**
K. Kaneoka 185
- Neural control of muscle lengthening: Task- and muscle-specificity**
H. Sekiguchi, K. Nakazawa and T. Hortobágyi 191
- Muscle oxygenation monitoring using near-infrared spectroscopy**
T. Hamaoka 203
- The biomarkers of sarcopenia in elderly people**
K. Ogawa 209
- Metabolic and endocrine responses to hypoxic exposure**
K. Goto 215

Short Review Articles

- Effects of exercise on glucagon-like peptide-1 (GLP-1)**
S. Ueda, H. Nakahara and T. Miyamoto 221
- Mechanisms underlying ultraviolet radiation-induced dermal aging**
S. Kawada, S. Nakada and Y. Makanae 225
- Alpha-actinin isoform and skeletal muscle activity**
Y. Ogura, R. Kakigi and H. Naito 229
- Role of macrophages in exercise-induced enhancement of insulin sensitivity in skeletal muscle**
S. Ikeda and Y. Tamura 233
- Influence of amino acid supplementation on capillary growth in the heart and skeletal muscles**
J. Suzuki 237

Regular Articles

- Effects of cryotherapy on joint position sense and intra-articular blood flow volume in healthy knee joints**
T. Watanabe, N. Terabayashi, B. Shi, S. Shin, K. Kasuga, T. Yabumoto, K. Shimizu and T. Matsuoka 243
- Modulation of homosynaptic depression during voluntary contraction and muscle fatigue with different test reflex size**
R. Takahashi, T. Endoh, T. Nakajima and T. Komiyama 251

Abstracts

The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (JPFSM)

Vol. 2, No. 2 May 2013

Review Articles

脂質代謝と運動 (p. 149-154)

立命館大学スポーツ健康科学部

橋本健志

脂肪細胞では、トリグリセリド (TAG) の貯蔵庫である脂肪滴の表面で, perlipin, hormone sensitive lipase (HSL), adipose triglyceride lipase (ATGL) とそのコアクチベーターである CGI-58 など脂肪分解関連タンパク質の堅密な制御下に脂肪の合成と分解が制御されている。最近, 著者らは脂肪分解過程で微小な脂肪滴 (micro-lipid droplets: mLDS) が細胞質に出現し, その表面に脂肪分解関連タンパク質が協調して作用することにより活発な脂肪分解が起っていることを明らかにした。微小脂肪滴やその表面で作用する脂肪分解関連タンパク質の制御機構を明らかにすることは, 脂質に関連した代謝疾患に対する有効な対抗策を考える上で重要である。運動トレーニングなどの脂肪組織からの脂肪の動員と骨格筋での脂肪の燃焼を亢進させる生理的ストレスは抗代謝疾患に有効であると考えられるが, 運動効果に内在する分子機構については不明な点が多い。そこで本総説では, 脂肪分解制御機構と抗肥満に対する展望について概説した。

上肢運動および床移動時の予測的姿勢制御 (p. 155-161)

金沢大学医薬保健研究域医学系

藤原勝夫

随意的上肢運動や床移動時の動的姿勢制御については多くの研究が報告されてきた。それらの研究では前頭葉機能が関係する姿勢筋の予測的活性化に焦点が当てられてきた。本総説では上肢運動に先行する姿勢筋の活性化を対象として, 上肢運動のダイナミクス, 行為条件, 姿勢セットおよび姿勢運動パターンの影響について論じた。加えて, 一過性ないし周期的な床移動における予測的姿勢制御として運動準備, 注意の分配および前頭葉の活性化を検討するための事象関連電位の使用について論じた。

サラブレッドの運動誘発性低酸素血症と無酸素運動能力

(p. 163-168)

¹日本中央競馬会競走馬総合研究所, ²カリフォルニア大学デービス校大村 一¹, 平賀 敦¹, James H. Jones²

サラブレッドは数百年をかけて競走のために選抜された動物である。その高い運動能力は, たぐいまれな呼吸循環機能に支えられている。サラブレッドの運動誘発性低酸素血症は高い最大酸素摂取量が顕著にし, それほど高運動強度でない運動においても観察される。無酸素運動能力の指標である総酸素借は人や馬においても応用されている。加えて, 馬においては, 運動誘発性低酸素血

症と乳酸蓄積率を利用した方法によっても無酸素性運動能力を測定可能となった。これは, 馬の場合, 高酸素を吸入させることによって, 運動誘発性低酸素血症を改善し, それに伴って乳酸蓄積率が減少するためである。すなわち, 高酸素吸入による酸素摂取量は増加と乳酸蓄積率が減少の関係から, 馬の酸素の利用量が明らかとなるためである。そこで, 我々はこの二つの方法, 総酸素借および乳酸蓄積率による無酸素運動能力をサラブレッドにおいて測定・比較した。本総説ではこれらの結果について紹介した。

筋小胞体によるカルシウム動態と筋疲労 (p. 169-178)

¹広島大学大学院総合科学研究科, ²くらしき作陽大学食文化学部和田正信¹, 倉谷麻衣¹, 神崎圭太²

激しい筋収縮を行うとやがて筋力の低下が起り, この現象は筋疲労と呼ばれる。通常, 筋疲労は長時間継続し, 特に, 低頻度刺激で誘起された張力ではその傾向が顕著である。筋疲労のメカニズムに関する近年の研究では, 筋細胞内におけるCa²⁺制御機能に着目して検討が行われてきた。筋小胞体(sarcoplasmic reticulum: SR)は, 細胞質の遊離Ca²⁺濃度を制御する細胞内小器官である。筋疲労を招来する筋収縮によって, SRのCa²⁺取り込み機能と放出機能の両方が低下することが, 多くの研究によって示されている。SRの機能が低下するメカニズムは複雑であり, 多くの代謝的あるいは非代謝的要因が関与している。本稿では, 最初に, SRによるCa²⁺動態と筋のパフォーマンスの関係について, 次に, 主要膜タンパクおよび主要タンパクを制御するタンパクに着目して, SRがCa²⁺を制御する仕組みについて, 最後に, SRの機能低下の成因となる要因について述べた。

筋肥大・筋萎縮の分子メカニズムを起点とした筋ジストロフィーの治療法 (p. 179-184)

¹国立精神・神経医療研究センター神経研究所, ²東京工業大学大学院生命理工学研究科伊藤尚基^{1,2}, 鈴木友子¹, 武田伸一¹

骨格筋重量はタンパク質の合成と分解のバランスによって制御されている。このタンパク質合成/分解の制御は筋活動と密接に関連し, またその後の筋肥大/筋萎縮へと繋がっていく。最近, これらの筋肥大/筋萎縮を制御する分子機構は, 筋ジストロフィーの病態にも関与することが明らかになってきた。本稿では近年明らかになりつつあるタンパク質合成/分解を制御する分子機構, および筋肥大/筋萎縮を制御する分子イベントを主点とした筋ジストロフィーに対する新たな治療戦略について概説した。

アスリートの腰部障害と予防対策 (p. 185-190)

早稲田大学スポーツ科学学術院

金岡恒治

アスリートの腰部障害として腰椎椎間板障害、腰椎椎間板ヘルニア、腰椎分離症（疲労骨折）、腰椎椎間関節障害、仙腸関節障害、筋筋膜性腰痛、筋付着部痛などが挙げられる。椎間板ヘルニア以外の多くの障害ではレントゲンやMRIなどの画像検査において所見を認めないことが多く様々な機能的な検査によって診断することが求められる。障害部位への機械的負荷を減少させるためには、最適な脊柱アライメントの確保（姿勢）、脊柱の分節的安定性の獲得（体幹安定性獲得）が重要となる。このため、腹横筋や脊柱多裂筋などの体幹深部筋群の機能を高めるためのトレーニングや骨盤・股関節周囲筋群のストレッチが必要となる。

伸張性筋活動における神経制御：課題および筋特異性

(p. 191-201)

¹上武大学ビジネス情報学部, ²東京大学大学院総合文化研究科, ³University Medical Center Groningen

関口浩文¹, 中澤公孝², Tibor Hortobágyi³

我々は、筋の基本的活動パターンとも言うべき等尺性、短縮性、および伸張性筋活動を巧みに使い分けることで日常生活動作を行っている。これまでの報告から伸張性筋活動の神経制御戦略は特異的であることが広く認識されつつあるが、どの筋でも同様な神経制御戦略によるかどうかは明確でない。本稿では、筋活動電位、皮質脊髄路興奮性、解剖学的特性、そして運動単位の振る舞いから神経制御の特徴が両筋活動様式間で異なることを総括し、さらにそれらの課題特異的な神経制御戦略がすべての筋で同じかどうかについて議論した。

近赤外分光法による筋酸素化のモニタリング

(p. 203-207)

立命館大学スポーツ健康科学部

浜岡隆文

近赤外分光法は、健常人のみならず、各種疾患患者における筋酸素動態と有酸素代謝を評価する有用な測定機器である。本測定機器は、非侵襲的かつ操作が簡便である特徴を有する。しかし、連続光を用いた測定機器において現状では、光路長が不明のために相対値のみの測定に限られるので、なんらかのキャリブレーションが必要となる。そこで、動脈血流遮断法、時間分解法または位相差変調法による光路長を決定する方法、または皮下脂肪測定による測定感度の補正法を用いた絶対値評価の方法が考案されている。本総説では、近赤外分光法を用いた筋酸素動態の評価法について、特に生理学的、医学的研究を中心に述べた。

サルコペニアの生化学指標 (p. 209-214)

静岡県立大学食品栄養科学部

小川貴志子

サルコペニアは、加齢に伴う骨格筋量の減少と筋力の低下を指し、高齢者特有の身体障害をもたらす主要な原因となる病態である。現在、サルコペニア診断は基本的に筋肉量とその指標として用いられているが、生化学指標はサルコペニア診断だけでなく、サルコペニアの病態、臨床、介入研究のためにも有用である。近年、血漿中

の分泌型熱ショックタンパク質72がサルコペニア診断の指標として有効であることが報告されている。分泌型熱ショックタンパク質72は、単回運動では血漿中アデノシン三リン酸が刺激となって細胞内から分泌されるが、12週間のレジスタンストレーニングでは、筋肥大に伴う炎症性サイトカインの低下と同様に血液中の分泌型熱ショックタンパク質72やインスリン様成長因子の低下が観察される。この現象は、熱ショックタンパク質72やインスリン様成長因子など筋肥大に関与する指標が血液中では身体トレーニングによって異なる動態を示すことを示唆し、運動による筋の同化、異化作用のさらなるメカニズム研究や分泌型ストレスタンパク質の血中恒常性シグナル伝達研究の必要が求められる。さらに、生体指標は、複数の指標を組み合わせることでより有効なサルコペニア診断を行うことができると考えられ、サルコペニアのプロセスや病態及び介入による予防研究に貢献することが期待される。

低酸素曝露に対する代謝および内分泌応答 (p. 215-220)

立命館大学スポーツ健康科学部

後藤一成

低酸素環境下での滞在や運動が生活習慣病予防に有効であることを示唆する知見が増えてきている。疫学研究においては、高地住民は冠動脈心疾患による死亡率が低地住民に比較して低いことが示されている。また、最近の研究では、低酸素環境下でのトレーニングは通常酸素環境下で行う同様のトレーニングと比較して、体脂肪量の減少や食後における血糖調節の改善に対しより大きな効果をもたらすことが報告されている。特に、これらの研究では、低酸素環境への曝露による大きな効果として、糖代謝の亢進が挙げられている。さらに、中程度の低酸素刺激と運動実施が組み合わせられた場合に、インスリン感受性や血糖調節の改善に対して相乗的な効果が期待できる。低酸素トレーニングによるその他の恩恵としては、食欲の軽減が挙げられるようである。高地や低酸素環境での滞在や運動に伴う体重減少のメカニズムを理解する上でも、食欲調節に関わるホルモン応答の変化が鍵となるかもしれない。

Short Review Articles**グルカゴン様ペプチド-1 (GLP-1) に及ぼす運動の影響**

(p. 221-224)

森ノ宮医療大学保健医療学部

上田真也, 中原英博, 宮本忠吉

食欲や食行動は、食事量や視床下部および脳幹の活性に応じて変化する多様な末梢シグナルによって調節されている。グルカゴン様ペプチド-1 (GLP-1) は食欲調節をはじめ、多様な生理機能を有する脳腸ペプチドである。これまでに、GLP-1の発現および分泌異常は、肥満、糖尿病、脂質異常症を引き起こすことが知られており、これらの改善が重要な課題であるとされている。近年、運動が血中GLP-1濃度に影響を及ぼすことが報告されている。そこで本稿では、運動とGLP-1との関係に焦点をあて、肥満改善のための食欲調節について考察した。

紫外線による皮膚老化のメカニズム (p. 225-228)

¹東京大学大学院総合文化研究科, ²早稲田大学スポーツ科学未来研究所

川田茂雄^{1,2}, 中田智史¹, 蒔苗裕平¹

皮膚は生体を感染から防御し, また体内水分の蒸発防止といった物理的機能を担っている。加えて, 全身の免疫機能にも関与しており, ホルモンや神経伝達物質の産生といった機能も担っている。これらの機能は身体全体の健康に直接的に関与していることから, 皮膚の健康維持は身体全体の健康にとっても重要である。太陽光は皮膚にダメージを与える主要な因子の一つであり, UVA, UVB, UVCといった紫外線を含んでいる。皮膚の紫外線への暴露は皮膚老化を引き起こすが, 紫外線によって引き起こされる皮膚老化を, 「光老化」と呼んでいる。光老化では, 表皮の肥厚や細胞外マトリックスの崩壊, シワ形成といった現象を伴う。紫外線が皮膚老化を引き起こすことはよく知られており, その原因として, 紫外線暴露によって生じる皮膚血管増殖が指摘されている。本総説では, 紫外線が引き起こす皮膚老化のメカニズムについて解説した。

骨格筋アルファアクチニンと筋活動 (p. 229-231)

¹レイビル大学医学部, ²順天堂大学医学部, ³順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科

小倉裕司¹, 柿木 亮², 内藤久士³

α -アクチニンは骨格筋内においてアクチンとZ線を架橋しているタンパク質であり, 力の伝達や構造の維持に重要であると考えられている。骨格筋に存在する α -アクチニンには2および3の2つのアイソフォームがあり, その構成比が身体パフォーマンスを左右することが示唆されている。我々はラット骨格筋において α -アクチニンが, 廃用性萎縮, 運動・トレーニング, 加齢に対して適応変化を示すことを最近明らかにしている。本総説ではその一連の研究結果を解説した。

運動による筋インスリン感受性亢進におけるマクロファージの役割 (p. 233-236)

順天堂大学医学部内科学

池田真一, 田村好史

マクロファージによる炎症は, 特に脂肪組織においてインスリン抵抗性の大きな原因となっている。運動は抗炎症性作用やインスリン感受性を亢進することが報告されているが, これらの関連性については明らかにはされていない。近年, 抗炎症性マクロファージとして知られるM2マクロファージが, 肝臓や骨格筋における正常なインスリン感受性維持に関与することが報告された。これらの報告は, M2マクロファージはインスリン感受性を正に制御する可能性を示している。本総説では, マクロファージとインスリン感受性の関連性について, 近年までに明らかになっていることを示すとともに, M2マクロファージが運動後に認められる筋インスリン感受性亢進に関与する可能性について議論をした。

アミノ酸摂取が心筋及び骨格筋における毛細血管網の発達に及ぼす影響 (p. 237-241)

北海道教育大学教育学部岩見沢校

鈴木淳一

近年, アミノ酸摂取が筋力や持久的運動能力に及ぼす影響に関して, 様々な研究が行われている。しかし, アミノ酸摂取が毛細血管網に及ぼす影響に関しては不明な点が多い。本総説では, L-アルギニンまたはL-オルニチンの摂取が心筋及び骨格筋の毛細血管網に及ぼす影響について述べた。ラットに4%アルギニンを摂取させても, 心筋及び骨格筋の毛細血管網に影響が見られないが, 持久的トレーニングとアルギニン摂取を組み合わせると, 血管内皮細胞増殖因子(VEGF)の発現促進と顕著な毛細血管網の発達が観察されている。中年期のラットにおいて, 6週間の持久的トレーニングで毛細血管網に変化が見られないが, アルギニン摂取とトレーニングによって, VEGFとeNOS発現が促進され, 心筋及び骨格筋において顕著な毛細血管網の発達が観察された。アルギニンとオルニチンを6週間投与すると, エンドスタチンの発現抑制とVEGF-R2の発現亢進が起こり, 骨格筋の毛細血管網の発達が促進された。さらに, 投与と持久的トレーニングによって, エンドスタチンの発現抑制とVEGFとeNOSの発現亢進が起こり, 骨格筋毛細血管網の発達がさらに促進された。これらのことから, アルギニンまたはオルニチンの摂取は心筋や骨格筋の毛細血管網の発達を促進し, 持久的運動能力を向上させる可能性があると考えられる。さらに, これらの慢性的な摂取は, 運動競技者へのエルゴジェニック・エイドだけでなく, 組織虚血を伴う疾患への予防・治療に有用であると思われる。

Regular Articles**膝関節に対する寒冷療法が関節位置覚及び関節内血流量に与える影響** (p. 243-250)

¹岐阜大学大学院医学系研究科, ²岐阜大学医学部附属病院, ³岐阜大学教育学部

渡邊恒夫¹, 寺林伸夫², 石巴特爾¹, 辛 紹熙¹, 春日晃章³, 藪本 保¹, 清水克時², 松岡敏男¹

本研究の目的は, 膝関節に対するアイシングが関節位置覚, 関節内血流量に与える影響について調査し, 冷却時間の違いや表在・深部温度との関連性について検討することであった。膝関節に疾患既往のない健常男性10名を対象とし, 冷却時間の違いにより3回の実験を施行した(2分間冷却: 2分群, 15分間冷却: 15分群, 冷却なし: 安静群)。各群とも, 5分間の安静座位保持後, エルゴメータによる運動を10分間施行し, 介入前後に関節位置覚, 関節内血流量, 表在, 及び深部温度を測定した。運動後については, 安静群は15分間安静, 冷却介入群は冷却直後と15分後にそれぞれ計測を行った。15分群において, 関節内血流量は運動後に比し冷却直後と冷却15分後で有意に低下し($P=0.048$, $P=0.016$), 15分後の関節位置覚は安静時に比べ有意に低下した($P=0.037$)。一方, 2分群では関節位置覚, 関節内血流量ともに有意な変化は認められなかった。また, 2分群の表在・深部温度は冷却直後では有意に低下したが, 15分後では有意な上昇を認めた。これらの結果は, 15分間冷却は深部組織の抗炎症効果を期待できるが, 関節位置覚に影響を及ぼすことが示唆された。一方, 2分間冷却は関

節位置覚に影響を及ぼさないが、関節内血流量の減少についても影響を及ぼさないことが示唆された。

随意筋収縮および筋疲労時における様々な試験H反射で誘発された同名筋抑制の修飾 (p. 251-258)

¹千葉大学教育学部, ²植草学園大学発達教育学部, ³杏林大学医学部, ⁴東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科

高橋 麗¹, 遠藤隆志², 中島 剛³, 小宮山伴与志^{1,4}

Hoffmann(H)反射は周波数 1 Hz程度で誘発すると減弱させることができる。このH反射の減弱は同名筋抑制(HD)と名付けられており、Ia終末からの神経伝達物質放出が損なわれたことによるものである。本研究では、ヒラメ筋におけるHDが同名筋の筋収縮レベルと試験H反射の大きさによって、どの程度修飾を受けるかについて系統的に評価を行った。また、筋疲労状態下における

HDの変化についても検討を行った。被験者は年齢20-25歳の11名のボランティアであった。HDは後脛骨神経を経皮的に 1 Hzで電気刺激することにより引き起こした。HD量は試験H反射の大きさが最大M波(Mmax)の60%までは、試験H反射の大きさと比例的に大きくなったが、それ以上では高原状態となった。HDは同名筋の随意収縮中(最大随意筋収縮(MVC)の20%以下)では、筋収縮量に関わらず有意に減弱した。動脈血流遮断下で60秒間の持続的なMVCを4セット実施した直後の1から5分間に、HDは試験H反射サイズが60%Mmax以下では有意に減少した。我々は、試験H反射の大きさは、HDの性質を評価する際の重要な要素であると結論した。さらに、随意筋収縮中、ならびに筋疲労時におけるHDの減弱はIa伝達を保持するための内因的な機構を反映するものであろう。