

平成 21 年 4 月 21 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500512

研究課題名（和文） 交感神経を介した骨組織への運動刺激効果

研究課題名（英文） Effects of exercise training on trabecular bone through the sympathetic nervous system

研究代表者 田巻弘之

田巻 弘之（TAMAKI HIROYUKI）

鹿屋体育大学・体育学部・准教授

研究者番号 40253926

研究成果の概要：

交感神経活動亢進状態にある自然発症高血圧ラットにおいては、対照ラットに比べて骨組織構造や骨量が低値を示すことを明らかにした。類骨の分析により骨形成が低下していることを示唆した。また自然発症高血圧ラットに対する薬剤（β遮断薬；プロプラノロール）や運動効果についても検討し、骨量維持改善効果を認めた。骨に対する形成促進効果はメカニカルストレスや液性因子に加え、神経性にもアプローチしうる可能性を有した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	600,000	3,600,000

研究分野：体力科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：スポーツ生理学・神経生理・骨代謝・組織化学・構造解析

1. 研究開始当初の背景

近年、骨粗鬆症や高血圧、糖尿病などの背景に共通する神経系の活動状況が関連することが報告されており、メタボリックシンドロームやメンタルヘルスと骨代謝との接点が注目されてきた。すなわちこれらの関係を取り持つインターフェイスとなっているものが自律神経（交感神経）であることが解明されつつあり、肥満症や高血圧、高脂血症並びに糖尿病など生活習慣病においては、交感神経の活動亢進が認められる。特に高血圧症で

は、筋や骨代謝にも影響を及ぼすことが報告されているが、骨組織構造との関係を検討した報告は希少である。

2. 研究の目的

自律神経活動の乱れ（亢進・抑制）により、身体諸器官がどのように影響を受けるのかを検討し、特にこれまで関連性が希薄であると思われていた骨組織への影響を検討する。加えて運動刺激による自律神経活動の様相

と骨肥大や萎縮との関係を、組織細胞レベルで明らかにして、骨組織構造の違いや量的構造の変化について観察し、薬剤や運動効果についても検討する。そして運動処方の有効性の科学的根拠を得て、高血圧や糖尿病などのメタボリックシンドローム、骨粗鬆症の運動による改善に向けた根源的機序にアプローチしようとするものである。

3. 研究の方法

(1) ヒト及び実験動物(ラット)に対して、運動の種類や強度、時間が異なる身体運動を行い、その運動中および前後の交感神経系の働き(促進・抑制)について神経電気生理学的手法を用いて検討した。下腿三頭筋の筋電図、筋力、足関節角度、加速度、膝窩動脈血流量(ドップラー法)、組織酸素飽和度(NIRO)、血圧(連続血圧測定装置 Finometer)、心電図を記録した。

(2) 実験動物(自然発症高血圧ラット、糖尿病ラット、除神経ラット)を用いて、不活動によるメカニカルストレスの低下の検討や、交感神経の活動亢進や抑制が骨組織細胞に及ぼす影響を交感神経活動拮抗剤(プロプラノロール)を用いて組織化学的手法で検討した。40~44 週齢時に心拍数並びに血圧をラット・マウス用非観血式血圧計を用いて計測し、骨及び骨格筋を採取した。薄切したサンプルは顕微鏡観察のため各種染色を施された。観察画像をパソコンに取り込み、画像解析ソフトで組織形態的分析を行った。

4. 研究成果

(1) 等尺性収縮の持続を長時間行ったとき、30%MVC 強度での足関節底屈運動では、血圧や心拍数が漸増する。血圧波形や心電図 R 波変動のフラクレット解析によって周波数分析を行った結果、交感神経活動を反映する程度が高いとされる低周波数帯域のパワーは強度や時間依存性に高まることが示された。

(2) 末梢神経の骨量への影響を検討するために、坐骨神経の切除及び凍結麻、交感神経活動によって下肢を不活動にした脛骨骨梁の形態的特徴について、骨梁の狭小化や断片化に着目してその経時的変化を検討した。坐骨神経切除(不動化)による組織レベルでの形態的变化は7-10 日目頃から始まり、それ以降、骨強度にも負の影響を及ぼしているものと推察された。また、骨梁骨の吸収過程において狭小化と断片化の進行程度は段階的に進

行し、縦断横断構造の変化過程にも時間的ずれが生じるものと考えられた。さらに、骨と骨格筋の萎縮進行程度は量的時間的に一致せず、両組織間に量的時間的ずれが存在することが示唆された。また坐骨神経凍結法により一過性に不活動となった下肢における脛骨の骨萎縮は1-2 週間で急激に進行した。二次海綿骨の骨梁構造は狭小化ならびに断片化するようになるが、その進行は直線的ではなく段階的に進行することが認められた。骨梁構造の断片化率が50%、狭小化率50%の段階までにおいては回復効果が認められ、構造に関しても狭小化の改善に効果があることが示唆された。交感神経活動の亢進が見られる高血圧症ラットにおいて、対象群と比較して骨量の減少が見られた。以上の結果より、術後初期の骨量減少程度は、神経凍結の場合、神経切除と比較して反応性は低いものと思われる。不活動による骨量低下のうち、除神経では吸収系の異常亢進、suspension では形成系の異常抑制が強いと言われており、SN はNF よりも吸収系の亢進が強く、骨量減少に影響したのではないかと考えられる。またNF による再神経支配による骨量回復過程の観察では、骨量の回復増加と一致して骨梁幅が増加し、長さに変化がなかったことから、4 週目以降の骨量回復に骨量幅の増大が貢献していることが明らかとなった。不活動からの回復過程において、骨梁幅における構造的可塑性が示唆された。また交感神経活動の過剰亢進は骨量維持に負の影響を及ぼすことが示唆された。

(3) 対象群と比較して SHR ラットでは心拍数、血圧が有意に高く高血圧を発症しており、フラクレット解析により交感神経亢進状態の傾向を有した。骨梁面積、類骨幅、骨量面積当たりの類骨面積は有意に小さいことが観察された。類骨並びに骨芽細胞について光学顕微鏡にて観察したところ、SHR 群における骨芽細胞は Cont 群に比べて小さく扁平なものが多く、その活性度が低いものと推察された。自然発症高血圧は骨量低下を引き起こすことが示唆され、骨梁構造や骨形成に負の影響があることが推察された。またこれらの SHR ラットにβ遮断薬(プロプラノロール)を投与もしくはモデレートな運動(自発走)を実施することで骨量は高値を示した。特に類骨面積が改善され、骨芽細胞による骨基質形成促進を示唆するものであった。以上のことから交感神経を介した骨量の調節機序があるものと示唆され、適度な運動の骨量維持改善に対する効果は、メカニカルストレスや液性因子に加え、神経性にもアプローチしうる可能性を有した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件)

- ① 田巻弘之、奥谷謙吾、幸 篤武、竹倉宏明、坐骨神経の凍結麻痺により一過性に不活動としたラット脛骨骨梁構造の変化. 体力科学, 57, 189-196, 2008, 査読有
- ② Yotani K., Tamaki H., Sakashita I., Yuki A., Kitada K., Kirimoto H., Ogita F., Takekura H., Reaction time and muscle activity patterns in the upper limbs for kendo strikes using an electromyography. Proceedings of 50th International Council for Health, Physical Education, Recreation, Sport and Dance, 50, 578-584, 2008. 査読有
- ③ Sakashita I., Yotani K., Kitada K., Kirimoto H., Tamaki H., Ogita F., Takekura H., Electromyographic analysis of the upper limb muscles during the baseball batting. Proceedings of 50th International Council for Health, Physical Education, Recreation, Sport and Dance, 50, 585-589, 2008. 査読有
- ④ 桐本 光、田巻弘之、北田耕司、緒方勝也、飛松省三、持続的な足関節底屈中における下腿三頭筋間の相補的または同期的な協働筋制御様式. 日本作業療法研究会雑誌, 11, 1-7, 2008. 査読有
- ⑤ 齋藤和人、田巻弘之、長距離選手の赤血球変形能および心血管系機能. 日本ヘモレオロジー学会誌, 10, 23-29, 2007. 査読有
- ⑥ Yamashita S., McGrath KF., Yuki A., Tamaki H., Kasuga N., Takekura H., Assembly of transverse tubule architecture in the middle and myotendinous junctional regions in developing rat skeletal muscle fibers. J Muscle Res Cell Motil, 28, 141-151, 2007. 査読有
- ⑦ 桐本 光、北田耕司、田巻弘之、持続筋収縮時の負荷形式の違いが下腿三頭筋の疲労に及ぼす影響. 日本作業療法研究会雑誌, 10, 5-11, 2007. 査読有
- ⑧ 田巻弘之、荻田 太、竹倉宏明、齋藤和人、若年成人から始まる運動習慣の有無と心血管系の機能的構造的差異の検討. 健康医科学, 22, 79-86, 2007. 査読有
- ⑨ 奥谷謙吾、今泉英徳、桐本 光、北田耕司、田巻弘之、荻田 太、竹倉宏明、竹刀を用いた光刺激に対する引き技動作の筋電図反応時間及び打撃動作時間の分析. 日本生理人類学会誌, 12, 7-14, 2007. 査読有
- ⑩ 奥谷謙吾、田巻弘之、荻田太、桐本光、北田耕司、竹倉宏明、剣道の引き面及び引き小手動作における上肢の反応時間と筋活動様式. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 36, 33-40, 2007. 査読有
- ⑪ Tamaki H., Murata F., Takekura H.,

Histomorphological evidence of muscle tissue damage and recording area using coiled and straight intramuscular wire electrodes. Eur J Appl Physiol, 98, 323-327, 2006. 査読有

⑫ 田巻弘之、北田耕司、桐本 光、奥谷謙吾、荻田 太、竹倉宏明、芝山秀太郎、筋活動様式の違いが筋疲労と翌日の静的仕事に及ぼす影響. 日本生理人類学会誌, 68, 19-24, 2006. 査読有

⑬ 桐本 光、後藤純信、小竹直樹、北田耕司、荻田太、田巻弘之 静的足関節底屈持続時の筋放電活動様式と活動交代出現時の膝窩動脈血流変化. 体力科学, 55, 393-402, 2006. 査読有

⑭ Nishizawa T., Yamashita S., McGrath KF., Tamaki H., Kasuga N., Takekura H., Plasticity of neuromuscular junction architectures in rat slow and fast muscle fibers following temporary denervation and reinnervation processes. J. Muscle Res Cell Motil, 27, 607-615, 2006. 査読有

⑮ Wagatsuma, A., Tamaki, H., Ogita, F., Sequential expression of vascular endothelial growth factor, Flt-1, and KDR/Flk-1 in regenerating mouse skeletal muscle. Physiol Res, 55, 633-640, 2006. 査読有

⑯ Ogita F., Tanaka T., Tamaki H., Wagatsuma A., Hamaoka T., Toussaint HM., Metabolic and mechanical characteristics of Olympic female gold medalist. Portuguese Journal of Sport Sciences, 6, 194-197, 2006. 査読有

[学会発表] (計 61 件)

① Yotani K., Tamaki H., Sakashita I., Yuki A., Kitada K., Kirimoto H., Ogita F., Takekura H., Reaction time and muscle activity patterns in the upper limbs for kendo strikes using an electromyography. 50th ICHPER · SD Anniversary World Congress, 578, 2008. 5.11.Kagoshima

② Sakashita I., Yotani K., Kitada K., Kirimoto H., Tamaki H., Ogita F., Takekura H., Electromyographic analysis of the upper limb muscles during the baseball batting. 50th ICHPER · SD Anniversary World Congress, 585, 2008.5.11.Kagoshima

③ Yotani K., Tamaki H., Ogita F., Takekura H., Kirimoto H., Kitada K., Yuki A., EMG reaction time and muscle activity patterns in the upper limbs for kendo strikes. 13th Annual Congress European College of Sport Science, 85, 2008.7. Estoril

④ Ogita F., Nishiwaki M., Kawakami R., Tamaki H., Tanaka T., Saito K., Effects of exercise training at different hypobaric conditions on cardiovascular adaptations. 13th Annual

Congress European College of Sport Science, 394-395, 2008.7. Estoril

⑤ Yuki A., Yotani K., Tamaki H., Takekura H., Effects of eccentric exercise training on osteogenesis and adipogenesis in rat proximal tibiae. 13th Annual Congress European College of Sport Science, 142-143, 2008.7. Estoril

⑥ Nishizawa T., Tomori K., Yuki A., Tamaki H., Kasuga N., Takekura H., Effect of activity on muscle fiber type composition and myosin heavy chain mRNA expression after muscle injury induced by eccentric contraction in rat skeletal muscle. 13th Annual Congress European College of Sport Science, 652-653, 2008.7. Estoril

⑦ 桐本光, 田巻弘之, 河野眞, 緒方勝也, 飛松省三, 手内筋の静的収縮時における負荷形式の違いが脊髄前角細胞及び一次運動野の興奮性に及ぼす影響-肢位制御と筋力制御-. 第42回日本作業療法学会, 71, 2008.6.長崎

⑧ Tamaki H., Yotani K., Yuki A., Sakashita I., Kitada K., Kirimoto H., Ogita F., Takekura H., Alteration of trabecular bone architecture following sciatic denervation and subsequent reinnervation in rat proximal tibiae. J Bone Miner Res, 23, S231, 2008.9.14. Montréal

⑨ 田巻弘之, 與谷謙吾, 坂下一平, 橋本ちさと, 荻田太, 竹倉宏明, 北田耕司, 桐本光, 疲労誘発性生理的振戦に伴う下腿三頭筋群化放電及びその前後のコヒーレンス変化. 体力科学, 57, 662, 2008. 9.20, 大分

⑩ 與谷謙吾, 坂下一平, 橋本ちさと, 幸篤武, 荻田太, 竹倉宏明, 桐本光, 北田耕司, 田巻弘之, 筋電図反応時間及び MEP 潜時を用いた剣道打突動作の検討. 体力科学, 57, 910, 2008. 9.20, 大分

⑪ 北田耕司, 岩竹淳, 與谷謙吾, 桐本光, 田巻弘之, スクワットのバリスティック動作における体重負荷の影響. 体力科学, 57, 898, 2008. 9.20, 大分

⑫ 橋本ちさと, 與谷謙吾, 坂下一平, 荻田太, 竹倉宏明, 北田耕司, 桐本光, 田巻弘之, 生活習慣病自然発症ラットにおける骨組織構造の解析, 体力科学, 57, 194, 2008. 9.20, 大分

⑬ 西脇雅人, 川上諒子, 黒部一道, 齋藤和人, 福岡義之, 田巻弘之, 竹倉宏明, 荻田太, 閉経後女性における動脈ステイフネスと運動時の血圧応答の関係. 体力科学, 57, 712, 2008. 9.20, 大分

⑭ 桐本光, 大山峰生, 大西秀明, 與谷謙吾, 坂下一平, 北田耕司, 田巻弘之, 静的筋収縮時における負荷形式の違いが脊髄前角細胞及び一次運動野の興奮性に及ぼす影響-肢位制御と筋力制御-. 体力科学, 57, 647, 2008. 9.20, 大分

⑮ 友利幸之助, 太田幸子, 幸 篤武, 田巻弘之, 竹倉宏明, 除神経における Ca²⁺チャンネル

mRNA 発現量の経時的変化. 体力科学, 57, 683, 2008. 9.20, 大分

⑯ 坂下一平, 橋本ちさと, 與谷謙吾, 荻田太, 竹倉宏明, 桐本光, 北田耕司, 田巻弘之, 野球の打撃動作における上肢筋の筋放電活動調節様式. 体力科学, 57, 900, 2008. 9.20, 大分

⑰ 幸 篤武, 與谷謙吾, 橋本ちさと, 秋元良太, 林亜矢, 春日規克, 友利幸之助, 田巻弘之, 竹倉宏明, 伸張性収縮に伴う力学的ストレスが脛骨の骨髄間質細胞の分化動態に及ぼす影響, 体力科学, 57, 691, 2008. 9.20, 大分

⑱ 荻田太, 西脇雅人, 川上諒子, 黒部一道, 田巻弘之, 齋藤和人, 低圧環境下でのトレーニングが閉経後女性における反応性充血時の血管系および心血管応答に与える影響. 体力科学, 57, 713, 2008. 9.20, 大分

⑲ 荻田太, 田巻弘之, 西脇雅人, 川上諒子, 低圧環境下での水中運動が閉経後女性における心血管応答に与える影響. 日本運動生理学会, 2008.8.奈良

⑳ 桐本光, 坂下一平, 與谷謙吾, 田巻弘之, 持続的な足関節底屈中における下腿三頭筋間の相補的または同期的な協働筋制御様式. 第8回新潟医療福祉学会, 14, 2008.10.新潟

㉑ 荻田太, 田巻弘之, 川上諒子, 西脇雅人, 小田啓之, 青木範一, 低圧環境下における短期間の運動がメタボリックシンドローム予防・改善に与える効果-糖・脂質代謝の変化に着目して-. 第19回日本トレーニング科学会, 19, 35, 2007.1.27.滋賀

㉒ 桐本光, 田巻弘之, 河野眞, 後藤純信, 飛松省三, 手内筋の持続的作業機能に影響を及ぼす負荷形式の違い. 第41回日本作業療法学会, 66, 2007.6.22.鹿児島

㉓ Tamaki H., Yotani K., Ogita F., Takekura H., Alterations of trabecular bone architecture and muscle atrophy after sciatic neurectomy in rat proximal tibiae. 12th Annual Congress European College of Sport Science, 568, 2007. 7. Juvaskyla

㉔ Ogita F., Nishiwaki M., Kawakami R., Wagatsuma A., Tamaki H., Tanaka T., Saito K., Effects of intermittent hypobaric hypoxic exercise on cardiovascular functions during exercise. 12th Annual Congress European College of Sport Science, 404-405, 2007.7. Juvaskyla

㉕ Nishizawa T., Yuki A., Tamaki H., Takekura H., Plasticity of neuromuscular junction architectures following temporary denervation and BPVC injection in rat skeletal muscle fibers. 12th Annual Congress European College of Sport Science, 401-402, 2007. 7. Juvaskyla

㉖ 荻田太, 田巻弘之, 田中孝夫, 田口信教, 小田啓之, 西脇雅人, 女子エリート競技選手の競泳成績と代謝的・力学的指標との関係. 第58回日本体育学会, 2007.9.神戸

- ②⑦ 西脇雅人、小田啓之、田卷弘之、田中孝夫、田口信教、荻田 太、低圧環境下における水中運動が中年者の心血管系応答に及ぼす影響. 第 58 回日本体育学会, 2007.9.神戸
- ②⑧ 田卷弘之、與谷謙吾、荻田 太、竹倉宏明、北田耕司、桐本光、坐骨神経凍結麻痺法を用いた一過性の下肢不活動によるラット脛骨骨梁の構造的可塑性. 体力科学, 56, 630, 2007.9.秋田
- ②⑨ 桐本光、大山峰生、北田耕司、與谷謙吾、田卷弘之、下腿三頭筋の協働筋制御様式に関する相互相関分析. 体力科学, 56, 585, 2007. 9. 秋田
- ③⑩ 竹倉宏明, McGrath, Kelly, 山下 晋, 幸篤武, 田卷弘之、西沢富江, 春日規克, 脱分極刺激に伴う筋細胞の T 管形態変化の可逆性と興奮収縮連関の機能発現様式. 体力科学, 56, 594, 2007. 9.秋田
- ③⑪ McGrath Kelly, 山下 晋, 友利幸之助, 西沢富江, 田卷弘之、齋藤和人, 竹倉宏明, 興奮収縮連関機能不全モデルラットの心筋細胞における筋細胞内膜系の加齢変化. 体力科学, 56, 637, 2007. 9.秋田
- ③⑫ 友利幸之助, 太田幸子, 幸 篤武, 田卷弘之、竹倉宏明 末梢神経損傷後の経皮的電気刺激が IGF-1 の発現と神経筋接合部の微細構造変化に及ぼす影響. 体力科学, 56, 852, 2007. 9.秋田
- ③⑬ 幸 篤武, 田卷弘之、春日規克, 竹倉宏明, 持久的トレーニング期間中の伸張性筋収縮が骨の形態的特性に及ぼす影響. 体力科学, 56, 623, 2007. 9.秋田
- ③⑭ 山下 晋, 友利幸之助, McGrath Kelly, 田卷弘之、西沢富江, 春日規克, 竹倉宏明, ラット骨格筋細胞における筋細胞内膜系及び Ca²⁺チャンネル mRNA 発現量の加齢変化. 体力科学, 56, 603, 2007. 9.秋田
- ③⑮ 西沢富江, 山下 晋, McGrath Kelly, 田卷弘之、春日規克, 竹倉宏明, 塩酸ブピバカイン (BPVC) 投与に伴う骨格筋線維及び運動終板の形態変化. 体力科学, 56, 608, 2007. 9. 秋田
- ③⑯ 與谷謙吾、田卷弘之、荻田 太、竹倉宏明、桐本 光、北田耕司、剣道の引き技動作における反応時間と上肢筋活動パターン. 体力科学, 56, 816, 2007. 9.秋田
- ③⑰ 荻田 太、西脇雅人、川上諒子、小田啓之、青木範一、松本達、黒部一道、田卷弘之、齋藤和人, 異なる低環境下における運動トレーニングが反応性充血の血管径および心血管反応に与える影響. 体力科学, 56, 727, 2007. 9. 秋田
- ③⑱ 松本達、小田啓之、西脇雅人、黒部一道、青木範一、川上諒子、田卷弘之、荻田 太、負荷と収縮頻度の組み合わせが最高血流量の発現条件に及ぼす影響. 体力科学, 56, 648, 2007. 9.秋田
- ③⑲ 川上諒子、西脇雅人、松本達、小田啓之、青木範一、黒部一道、田卷弘之、齋藤和人、荻田 太、低圧トレーニングが閉経後女性の生活習慣病危険因子に与える影響. 体力科学, 56, 728, 2007. 9.秋田
- ④⑩ 西脇雅人、川上諒子、松本達、青木範一、小田啓之、黒部一道、田卷弘之、齋藤和人、荻田 太、低圧トレーニングが中高年者の反応性充血時の血管径及び心血管反応に与える影響. 体力科学, 56, 730, 2007. 9.秋田
- ④⑪ 北田耕司, 岩竹淳, 田卷弘之、與谷謙吾、桐本光, 藤本敏彦, レジスタンストレーニングにおける条件の違いが呼吸循環系応答と血中成分に及ぼす影響. 体力科学, 56, 751, 2007. 9.秋田
- ④⑫ Tamaki H, Yotani K, Ogita F, Takekura H, Plasticity of trabecular bone architecture following denervation and subsequent reinnervation in rat proximal tibiae. 11th Annual Congress European College of Sport Science, 563, 2006.7. Lausanne
- ④⑬ Kirimoto H., Goto Y.,Ogata K.,Tobimatsu S.,Tamaki H., Muscle synergism among the triceps surae muscles during sustained plantar flexion (28th International Congress of) Clinical Neurophysiology, 117, S182, 2006.11. Edinburgh
- ④⑭ Ogita F, Tanaka T, Tamaki H., Wagatsuma A, Hamaoka T, Toussaint HM, Metabolic and mechanical characteristics of Olympic female gold medalist. 10th Biomechanics and Medicine in Swimming, Book of Abstracts, Portuguese Journal of Sport Sciences, 6, 51-52,2006.6. Porto
- ④⑮ Ogita F, Nishiwaki M, Kawakami R, Wagatsuma A, Tamaki H., Tanaka T, Saito K, Effects of the training frequency under a hypobaric hypoxia on cardiovascular functions. 11th Annual Congress European College of Sport Science, 352, 2006. 7. Lausanne
- ④⑯ Ogita F., Wagatsuma A.,Tamaki H., Oda, Effects of warming-up on metabolic and circulatory responses during high-intensity exercise. Adv Exerc Sports Physiol, 12, 2006.7.Hiroshima
- ④⑰ 田卷弘之、與谷謙吾、荻田 太、竹倉宏明、北田耕司、桐本光, 筋内埋入微小ワイヤー電極の力学的組織学的検討. 体力科学, 55, 620, 2006.9.神戸
- ④⑱ 北田耕司, 岩竹淳, 田卷弘之、藤本敏彦, 桐本光, パリストティック動作におけるレッグプレスおよびスクワットの力発揮特性. 体力科学, 55, 836, 2006. 9.神戸
- ④⑲ 荻田 太、田卷弘之、我妻 玲、青木範一、小田啓之、西脇雅人、川上諒子, 高強度間欠的運動時の心拍出量. 体力科学, 55, 651, 2006. 9.神戸
- ⑤⑰ 與谷謙吾、荻田 太、田卷弘之、竹倉宏明、桐本 光, 剣道の引き技動作における上肢の

筋放電活動の特徴. 体力科学, 55, 837, 2006. 9. 神戸

①青木範一、小田啓之、川上諒子、西脇雅人、我妻 玲、田巻弘之、荻田 太, 高強度運動トレーニングが間欠的運動時の運動パフォーマンスおよび代謝循環応答に及ぼす影響. 体力科学, 55, 652, 2006. 9. 神戸

②小田啓之、青木範一、川上諒子、西脇雅人、我妻 玲、田巻弘之、荻田 太, 高強度運動トレーニングが持続的運動パフォーマンス及び代謝循環応答に及ぼす影響. 体力科学, 55, 651, 2006. 9. 神戸

③川上諒子、西脇雅人、小田啓之、青木範一、西脇雅人、我妻 玲、田巻弘之、荻田 太, 異なる低圧低酸素環境下における水中運動が糖処理能および血中脂質に及ぼす影響. 体力科学, 55, 757, 2006. 9. 神戸

④西脇雅人、川上諒子、小田啓之、青木範一、我妻 玲、田巻弘之、荻田 太, 異なる低圧低酸素環境下における水中運動が心血管応答に及ぼす影響. 体力科学, 55, 758, 2006. 9. 神戸

⑤桐本光、後藤純信、北田耕司、與谷謙吾、田巻弘之, 静的筋収縮時の負荷形式による運動持続時間の違い, 体力科学, 55, 600, 2006. 10. 神戸

⑥竹倉宏明、西沢富江、McGrath Kelly、山下晋、田巻弘之、春日規克, 脱分極刺激に伴う骨格筋細胞内のCa²⁺ Release Units (CRUs)の構造変化, 体力科学, 55, 605, 2006. 9. 神戸

⑦山下 晋、McGrath Kelly、西沢富江、田巻弘之、春日規克、竹倉宏明, 異なるタイプの骨格筋細胞 CRUs の形態的特性の加齢変化及び自発走トレーニングの影響. 体力科学, 55, 606, 2006. 9. 神戸

⑧友利幸之介、太田幸子、田巻弘之、竹倉宏明, 除神経筋に対する電気刺激が骨格筋および坐骨神経内の成長因子発現量に及ぼす影響. 体力科学, 55, 891, 2006. 9. 神戸

⑨西沢富江、山下 晋、McGrath Kelly、田巻弘之、春日規克、竹倉宏明, 持久的トレーニングが損傷筋におけるミオシン重鎖 mRNA 発現パターンに及ぼす影響. 体力科学, 55, 618, 2006. 9. 神戸

⑩我妻 玲、田巻弘之、荻田 太, 除神経に伴う血管新生関連因子の発現変化, 体力科学, 55, 629, 2006. 9. 神戸

⑪McGrath Kelly, 山下 晋、西沢富江、田巻弘之、斎藤和人、竹倉宏明, 循環・代謝機能不全動物の心筋細胞における Ca²⁺ Release Units (CRUs)の形態的特徴, 体力科学, 55, 624, 2006. 9. 神戸

①田巻弘之, ジェロントロジースポーツ「ジェロントロジースポーツの身体運動学～高齢者の筋-神経機能とトレーニング」. 日本工業新聞社, 60-77, 2007.

②田巻弘之、春日規克, 運動生理学の基礎と発展「第9章運動と発育・発達」(春日規克、竹倉宏明編著), フリースペース, 209-232, 2006.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田巻 弘之 (TAMAKI HIROYUKI)
鹿屋体育大学・体育学部・准教授
研究者番号: 40253926

(2) 研究分担者

荻田 太 (OGITA FUTOSHI)
鹿屋体育大学・体育学部・教授
研究者番号: 50224134

齋藤和人 (SAITO KAZUTO)
鹿屋体育大学・保健管理センター・教授
研究者番号: 50170494

(3) 連携研究者

研究協力者
與谷謙吾 (YOTANI KENGO)
鹿屋体育大学大学院・R A

坂下一平 (SAKASHITA IPPEI)
鹿屋体育大学大学院・T A