

## 〈2009年度学内共同研究要約〉

## 跳馬における助走～踏切り局面に関するバイオメカニクス的研究

○加納 實, 柳谷登志雄, 原田睦巳, 富田洋之

これまでの体操競技跳馬種目に関する研究は、主として運動学的な観点から、主に踏み切り局面直後の局面に着目してアプローチされてきた。一方、バイオメカニクスの観点からは、踏み切り後に跳馬へ着手する際の手および腕の動作に着目したものや空中局面の動作に着目してアプローチされてきた。つまり、いずれの研究分野においても、研究の焦点は踏切り直後からの局面に限定されてきた。その理由としては、跳馬においては、採点の対象となるのが踏切り以降の局面であることが考えられる。しかしながら、踏み切り局面以降の着手や空中局面における試技の評価が、踏み切り時の速度によりある程度決定されるということを考慮すると、跳馬種目では、より高速度で助走することと速度ロスの少ない踏み切り動作をすることが重要であると考えられた。そこで、本研究では、特に跳馬種目の助走局面および踏み切り局面に着目して、助走速度、助走中の速度変化パターンおよび踏み切り動作について、世界一流選手の助走の特徴を明らかにすることを目的とした。

本研究では、特に跳馬種目の助走局面および踏み切り局面に着目して、まずは世界一流選手と国内一般選手との相違をバイオメカニクス的に検討することを目的として研究を進めた。その際、体操競技のパフォーマンスの指標として、実際の競技力の評価にも用いられるスコアに着目し、スコアと助走速度との相関関係を検討した。次に、世界一流選手の助走の特徴を明らかにするために、各競技レベルにおける助走速度、助走中の速度変化パターンおよび踏み切り動作の比較分析を行うために、助走時の進行方向左側矢状面から、疾走動作を高速度ビデオカメラにて撮影し分析した。なお、その際、助走動作の特徴を明らかにするために、

その結果、スコアと助走速度の間には有意な正の相関関係が示された。すなわち、難易度の高い種目を実施して高得点を獲得したもののほど、助走速度は高いということが示された。したがって、高得点を獲得する為には、助走においてある程度の速度で疾走できることが必要であることが示唆された。

## 動脈硬化症及び骨粗鬆症に対するスポーツ健康科学的予防対策

○岩井秀明（環境保健学・教授），河合祥雄（スポーツ医学・教授）  
形本静夫（運動生理学・教授），山倉文幸（医療看護学部・化学・教授）  
池田啓一（環境保健学・助教），雨宮有子（環境保健学・協力研究員）

[目的] 我々は、生活習慣病のうち動脈硬化症と骨粗鬆症に的を絞って、運動と栄養の面からの予防対策を目指して基礎的な調査および研究を行った。対象は企業や大学に勤務する健常中高年とし、運動と栄養のアンケート、動脈硬化と骨粗鬆症に関連する項目の血液検査、更に脈波伝導速度測定、骨密度測定を行った。また、骨形成を補助する機能的食品として注目されている大豆イソフラボンの作用モデルとして、モデル骨芽細胞への作用を検討した。本研究課題のうち、ヒトに係る課題については、順天堂大学スポーツ健康科学部倫理委員会の承認を得て行った。

[結果] 〈動脈硬化症〉血中動脈硬化指標に関して、一般健診で用いられる LDL-C, HDL-C, トリグリセリドなど以外に、動脈硬化の原因としての酸化ストレスに注目し、MDA-LDL, スモールデンズ LDL を測定項目に加えた。また、我々独自の酸化ストレスマーカー、6-ニトロトリプトファンの測定法を開発し応用した。動脈硬化に関し得られた知見は以下の通りである。

①脈波伝導速度（動脈硬化進行の指標）の高い群では、様々な血中動脈硬化指標のうち、HDL-C が低値を示し、LDL-C/HDL-C 比, MDA-LDL, スモールデンズ LDL が高値を示し、これらが有用である可能性が示唆された。

②身体活動レベルの高い人は、MDA-LDL が低く、身体活動が血中における過酸化脂質生成量を抑えることが示唆された。

③摂取ヒスチジンには、抗肥満作用があると報告されているが、我々は血中アミノ酸中のヒスチジンの割合が高くなると、肥満指標である BMI や腹囲が低くなる傾向を見いだした (Amamiya et al. *J. Phys. Fitness Nutr. Immunol.*,

18 (2) 87-91, 2008)。また、HDL-C, LDL-C/HDL-C 比, MDA-LDL, スモールデンズ LDL など血中ヒスチジン比率との関連性を示した (Amamiya et al., 投稿中)。

④血中 6-ニトロトリプトファンの検出法を開発し、動脈硬化最大のリスクファクターである年齢との相関を見ることが出来たが、測定の特異性で問題が残った。

①②④において、特に有用であると期待出来る血中動脈硬化指標が特定され、また、②③においては、動脈硬化予防への可能性が期待される。

〈骨粗鬆症〉最近、動脈硬化と骨粗鬆症との関連が示唆されており、同じ被検者に血中骨代謝指標である NTx (骨吸収), 骨型アルカリホスファターゼ (骨形成) などの測定と骨密度測定を行った。脈波伝導速度 (動脈硬化進行指標) の測定値で分類したところ、動脈硬化進行に伴い、骨密度が低下する傾向が見られた。

しかしながら、以下のような課題が残された。

①健常者群の血液データを増やし、運動・栄養アンケートや脈波伝導速度のデータと併せて、より信頼性の高い結果を得る必要がある。②既往歴データが揃った動脈硬化症患者の、血液データ、運動・栄養アンケートや脈波伝導速度のデータを取得する。③骨粗鬆症患者の動脈硬化指標を調べる必要がある。

今後は上記を考慮し、血中マーカーは特に有用であると期待されるものに限定し、栄養・運動・既往歴との比較から、予防として有用な対策をより確実なものとしたい。また、今回得られた動脈硬化指標と 6-ニトロトリプトファンとの関連について調べる予定である。

## サッカー選手の間欠的運動能力評価を利用した体カトレーニングプログラムの開発

○宮森隆行 (サッカー研究室・助手)

吉村雅文 (サッカー研究室・先任准教授)

青木和浩 (体カトレーニング研究室・先任准教授)

### 【目的】

本研究は、1) サッカー選手に必要とされる動きや生理学的特徴を捉えた間欠的能力を評価するためのフィールドテストの開発、および、2) 間欠的能力テストを利用して処方されたグループ別体カトレーニングプログラムが有効か、否かについて焦点を当てた。

### 【方法】

1) 被験者は、レベルの高い大学サッカー選手17名を対象とした。提案する間欠的能力テストは、試合中に要求されるジャンプ、ダッシュ、ターン等の専門的な動きを取り入れた30 m のテストを、30秒毎に全20回全力で実施するものである。そのため、必然的に前半の疾走時間と、後半の疾走時間に差が出てくる設定となっている。また、テストの妥当性を検証するため、テスト中はHRモニターを装着させるとともに、無気的能力および有気的能力の評価として、20 m Sprint, OBLA を測定した。さらに、テストで得られた間欠的能力を構造的に評価すると共に、無気的能力優位群および有気的能力優位群の2群に分類した (Pre)。

2) 同様の被験者を対象に、当初4週間をコントロール期間と設定し、無気的能力群・有気的能力群の双方に有酸素性トレーニング、無酸素性トレーニングを交互に処方した同一トレーニングの効果を検証した (Mid)。その後4週間、無気的能力群には、有酸素性トレーニングを、有気的能力群には、無酸素性トレーニングを処方し、それぞれの短所を改善させるグループ別トレーニングの効果を検証した (Post)。

### 【結果】

1) 無気的能力を評価した20 m Sprint と間欠的能力テストの1-3 Ave には強い負の相関 ( $r = -0.782, p < 0.01$ ) が

認められ、有気的能力を評価した OBLA と間欠的能力テストの18-20 Ave には強い正の相関 ( $r = 0.746, p < 0.01$ ) が認められた。

2) 間欠的能力テストの結果から被験者のトレーニング効果を比較したところ、同一トレーニング後の Pre-Mid において有意差は認められなかった。しかし、それぞれに異なるトレーニング課題を与えたグループ別トレーニング後の Mid-Post においては、被験者の間欠的能力が有意に向上した。 ( $p < 0.01$ )

### 【結論】

提案した間欠的能力テストの前半 1-3 Ave は20 m Sprint と強い相関が認められ、後半18-20 Ave は OBLA と強い相関が認められた。これは、1-3 Ave は、無気的能力を評価し、18-20 Ave は、有気的能力を評価していることを示唆している。また、テスト中の心拍数は170 beat/min 前後であり、これは先行研究で報告されている試合中に要求される平均心拍数 (171 beat/min) を反映している。従って、本テスト法は、試合中のサッカー選手に要求される生理学的特徴を捉えた簡易的測定法であると言える。さらに、テスト結果をもとに被験者の間欠的能力を評価して処方された体カトレーニングプログラムを検討した結果、同一トレーニング後である Pre-Mid と比較して、グループ別トレーニング後である Mid-Post および Pre-Post で間欠的能力が有意に向上した。従って、本研究で提案した簡易的な間欠的能力テストを利用して、各選手の体力要素を構造的に評価し、体力的な短所を明確に捉えたグループ別トレーニングを実践することは、サッカー選手の間欠的能力を効果的・効率的に向上させる手段であることが示唆された。

## 〈2009年度学内共同研究要約〉

## 異なった吸気筋トレーニングが呼吸機能、水泳競技能力に及ぼす影響

○河合祥雄（スポーツ医学研究室・教授）

鈴木大地（水泳研究室・先任准教授）

山本正彦（スポーツ健康科学研究科満期退学生）

【目的】吸気筋力のトレーニング機器として用いられている Threshold IMT（スプリング負荷）は陸上、常圧（1気圧）下で使用し、浸身下、水圧に曝された状態での呼吸である水泳競技での呼吸とは重要な生理的な差異が存在する。常圧（1気圧）下での吸気抵抗負荷トレーニングと、水中下（1気圧をわずかに超える）でのスノーケル呼吸による吸気筋トレーニングとを実施し、両群の呼吸筋力および水泳競技能力に及ぼす影響を比較、検討した。

【方法】研究-I：週10回、高強度の運動を継続して行う競泳選手22名を、Threshold IMT 群（以下 IMT 群）、スノーケル群、コントロール群の3群に分け、IMT 群は負荷圧40%以下、1分間実施（24回/分）、30秒 Rest を1日4セットより漸増15セットまで週5回の呼吸筋負荷抵抗トレーニングを、スノーケル群は耳全体が水中に入る程度まで浸身し、3セットから8セットまで漸増、週5回の水中下吸気筋トレーニングを4週間行った。トレーニング開始前、終了後に、肺活量、努力肺活量、最大換気量、最大吸気口腔内圧、最大呼気口腔内圧、血中乳酸濃度（水中で200 m を最大運動強度の60%、80%、100%で泳ぎ、実施前、各運動強度での泳ぎ終了直後に1回ずつ測定、負荷は漸進的に増やし、休息は5分）を測定した。

研究-II：週6回のうち4回、高強度の運動を行うライフセーバー22名を、Threshold IMT 群（以下 IMT 群）、スノーケル群、コントロール群の3群に分け、IMT 群は1日20分、週5回のペースで呼吸筋負荷抵抗トレーニングを6週間、スノーケル群は1日10分程度、週5回のペース

で水中下トレーニングを6週間行った。トレーニング開始前後に、肺活量、努力肺活量、最大換気量、最大吸気口腔内圧、最大呼気口腔内圧、血中乳酸濃度を測定した。

【結果】研究-I：IMT 群、スノーケル群ともに、最大換気量、最大吸気口腔内圧が有意に向上した。しかし、両群とも血中乳酸濃度に対する泳速度は有意な変化がみられなかった。Threshold IMT を用いたトレーニング、スノーケルトレーニンング群ともに最大換気量、最大吸気口腔内圧が有意に向上させ、吸気筋負荷トレーニングは最大換気量、最大吸気口腔内圧を向上させた。

研究-II：IMT 群、スノーケル群共に最大吸気口腔内圧、最大呼気口腔内圧の向上がみられた。しかし対照を含めた3群とも、すべての運動強度で有意な血中乳酸濃度変化は見られなかった。

【結論】呼吸抵抗負荷、スノーケルトレーニンングは最大換気量、最大吸気口腔内圧を向上させ、両方が吸気筋トレーニングに有効であることが明らかとなった。たが、4週間の呼吸筋トレーニングを行った競泳選手の水泳競技能力、6週間の呼吸筋トレーニングを行った運動強度のやや劣るライフセーバーの水泳持久能力に影響を及ぼさなかった。

【考案】スノーケルトレーニンングは Threshold IMT トレーニンングに比べ、向上度が低かった。スノーケルトレーニンング方法は再検討の余地を残す。血中乳酸濃度に変化がなかったことから最大吸気口腔内圧、最大呼気口腔内圧の向上は水泳競技能力に大きな影響は及ぼさないと考えられる。

## 〈学内共同研究要約〉

## 両手協調運動における中枢神経系の感覚と運動の統合機序

○木藤友規, 小倉裕司, 辻川比呂斗

## 【目的】

自発的な肢間協調動作において、手と足の動作が同時であると感じる時には、足の動作が手に先行する傾向にある (Bard et al., 1992). これは、手と足からの感覚情報が同時に時間判断中枢に到達した時に、2つの動作を同時であると判断する知覚特性を意味する。

一方、両手間では脳までの距離にほとんど差がないにも関わらず、右利き被験者では左手への触覚刺激が右手よりもわずかに先行した時に、2つの刺激を同時に与えられたとして知覚する傾向にある (Efron, 1963; Geffen et al., 2000). この原因について Efron (1963) は、左手に与えられた刺激は支配 (右) 半球を経由してから左半球にある時間判断中枢に到達するため、右手からの感覚情報よりも長い到達時間を要するので、左手刺激を先行させないと時間判断中枢に同時に到達しないからと考えた。

もし、両手運動の同時性もまた感覚情報の到達時点を参照して判断されているならば、2つの動作が同時であると感じる時には、左手の動作が右手に先行するはずである。しかし、両手協調運動におけるタイミング (同時性) 判断では、反対に右手動作が先行した時に左右の手の動作を同時であると知覚する傾向にあった (木藤他, 臨床神経生理学, 2007). つまり、両手運動では効果器から帰還する求心性 (感覚) 情報よりも、むしろ遠心性の運動情報を優先的に参照して同時性を判断している可能性が示唆されたが、それは求心性情報を利用していないということを意味しない。

そこで本研究では、両手運動の時間判断が求心性情報に

よって影響を受けるのかを調べた。

## 【方法】

13人の右利き被験者が左右人差し指での両手同時タッピング課題 (クリック動作) を実施した。

タッピング課題では、0.8 Hz 程度の頻度で一分間連続して左右人差し指の動作を可能な限り同時に行うように指示した。なお、本実験で被験者は、右手を外果上、左手を肩の上に配置し、自分の身体上でタッピングを行うことが求められた。この方法により、両手運動中にそれぞれの手の動作に付随した感覚 (触覚) 刺激を加えることができる。外果上 (右手) での感覚情報は、肩上でそれよりも脳までの到達時間が長くなると考えられるため、両手運動の時間判断が求心性情報の影響を受けるのであれば外果上でのタッピング動作が肩上で動作よりも先行すると予想される。

タッピング課題は5回実施し、3回目から5回目までの試行を解析した。また、終了後、右手 (外果から肩へ) と左手 (肩から外果へ) の位置を変更して、再度実験を行った。

## 【結果と考察】

外果上でのタッピング動作は、肩上でそれよりも先行した (paired t-test,  $p < .05$ ). このことは、両手運動の同時性判断において、求心性情報もまた判断基準に利用されうることを意味する。

本研究助成は、本研究における両手運動動作解析のシステム開発に充てられた。

## 〈2007/8年度学内共同研究要約〉

## 地域と学校における福祉教育プログラムの開発研究

○牛尾直行 (健康学科・准教授)

松山 毅 (健康学科・准教授)

菰田智恵子 (元健康学科・准教授)

## 【目的】

本研究は、学校を基盤とした福祉教育プログラムの開発を、地域の社会資源と連携・協力しながら実践的に調査・検討することを目的とした。その背景としては、第1に小・中・高の学校段階における福祉教育実践の必要性が従来から指摘されているにも関わらず、その実践の現状が明らかにされておらず、プログラムの開発も組織的・計画的に進んでいない現状があること。第2に千葉県内の福祉教育協力校の指定が地域パッケージ指定に変更されたことから、より地域と学校のプログラム連携の必要性が高まったことがある。

## 【方法】

1. 2007年度は主要には①福祉教育実践に関わる理論的研究と②福祉教育協力校に対する調査と分析・考察を行った。②の福祉教育協力校調査は、2003年度から2007年度までに千葉県社会福祉協議会から協力校として指定された千葉県内の小・中・高101校(小52校, 中25校, 高24校)を対象に、郵送による質問紙調査を実施した。設問は各校の福祉教育の推進体制と内容, 児童・生徒の意識の変容, 関係機関との連携・協力について尋ねた。計67校(66%)より解答を得た。

2. 2008年度は千葉県内の56の社会福祉協議会を対象に、郵送による質問紙調査を行った。設問は社協内の福祉教育の実施体制, 学校との福祉教育事業連携について尋ねた。計36機関(64%)より解答を得た。

## 【結果と考察】

1. 学校調査: 教育学的な見地からは、①外部の社会福祉教育資源との連携に問題を抱えている学校の実態から「開かれた学校づくり」の難しさ、②学校・教員が福祉教育についての明確な理念とプログラムを持ち得ず、学校カリキュラム全体の中で福祉教育が明確に位置づけられていない点を指摘した。社会福祉学的な見地からは、①地域社会との連携を進めるためには中学校区を基本的な領域としながら、小・高にも連携を拡げていく必要性、②学校福祉教育の継続とマネジメントのためには社会福祉協議会の役割が大である点を指摘した。

2. 社協調査: ①社協自体に「地域福祉推進のための福祉教育」という認識があまり高くない実態、②福祉教育推進会議等の未設置が多いことなどから、地域の福祉担当者・団体との連携に問題を有しており、学校・地域・社協の有機的連携が不十分であること、③社協からの積極的な学校への福祉教育プログラム提案ができていない傾向を指摘した。

## 【今後の課題】

本研究で実施した学校調査と社協調査をクロスさせ、各小・中・高校で実施可能な現実的な福祉教育プログラムを、具体的に開発・構築していくことが求められる。あわせて、今後は地域の福祉教育推進団体へのヒアリングを通して、地域を基盤としたプログラムのあり方についても検討する必要がある。

## 体育系大学生における整形外科的メディカルチェックによる身体的特性の検討

○丸山麻子 (スポーツ科学科・助手), 桜庭景植 (スポーツ科学科・教授)  
廣津信義 (スポーツ科学科・先任准教授), 甲斐史朗 (スポーツ科学科・非常勤助教)  
引地美果 (スポーツ科学科・非常勤講師)

### 【目的】

スポーツ傷害の発生要因の一つである身体的特性による傷害を予防するために、運動器がスポーツ活動をするために十分な機能を果たしうるかどうかを調べる整形外科的メディカルチェックが行われている。特に、我が国において多く用いられている方法に関節の緩みをみる指標の一つである全身関節弛緩性テストが挙げられる。全身関節弛緩性テストは、全身の6関節と脊柱の計7箇所を測定し、陽性となる関節の数を加算した計7点満点で評価する方法であり、点数が高いと、外力などによる靭帯損傷などの外傷が発生しやすいとされる。これまでに単一種目・競技を対象とした全身関節弛緩性テストは行われ、点数と傷害との関連が検討されてきたが、横断的に様々な種目間での差異を観察し、また同一種目の継続による影響を検討している研究はない。

そこで、長期にわたりスポーツを継続している体育系大学生に対し全身関節弛緩性テストを行い、その点数と性別、競技種目別、受傷歴との関連を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

平成12年から平成19年までに入学した体育系大学生1,412名(男子924名, 女子488名)を対象に、整形外科医

のチェックの下、全身関節弛緩性テストを行い、同時に質問紙による傷害調査を行った。

### 【結果・考察】

本研究の対象者全員の全身関節弛緩性点数は $2.9 \pm 1.5$ 点であり、男子 $2.7 \pm 1.5$ 点、女子 $3.3 \pm 1.5$ 点と男女間で有意差がみられた。また、競技種目別では、体操やダンスなどの表現・芸術系の種目や水泳などの高い柔軟性が有利とされる種目においては高く、一方で柔軟性が直接的に競技成績に結びつかない種目、また比較的接触プレーなどで外力を受けやすい種目(ラグビー、ハンドボール、サッカーなど)においては低い結果となっており、今回の結果から、同一種目を継続することにより、関節周囲筋に対し何らかの変化を生じさせていることが示唆された。

また、全身関節弛緩性と各主要関節の外傷受傷歴との関連については男女間で異なる傾向がみられたものの有意差はみられなかった。しかし、男子に比べ、女子においては肩関節および肘関節の外傷受傷経験者は全身関節弛緩性点数が高い傾向がみられ、先行研究と同様の結果となった。

### 【今後の課題】

受傷機転による検討や、幼少期からの縦断的な測定を行い、先天的または外傷経験による後天的な関節弛緩性とに分類し検討する必要があると考える。