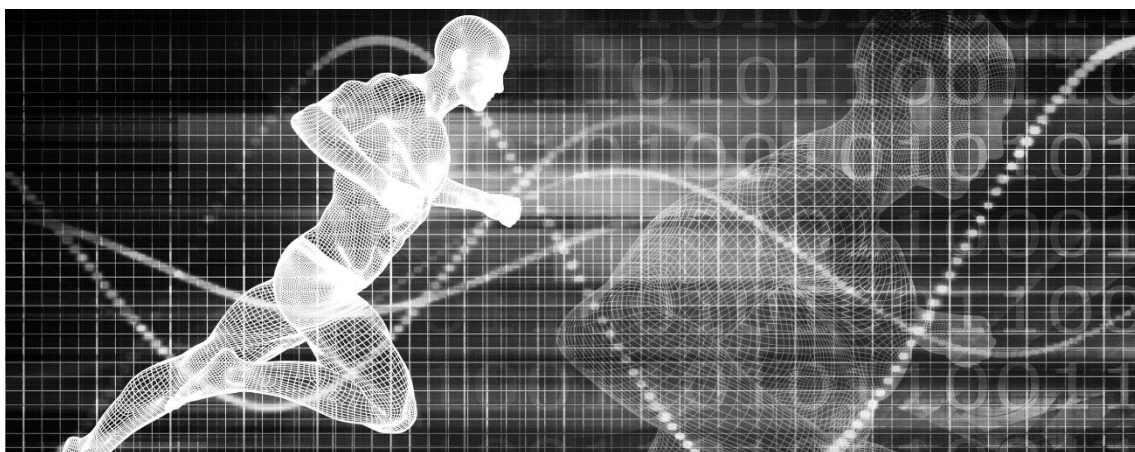


第 37 回 身体動作学研究会

Human performance を科学する



日時：2024年2月27日（火）

場所：中京大学 豊田キャンパス

プログラム

世話人：渡邊航平（中京大学）

第 37 回身体動作学研究会

日時：2024 年 2 月 27 日 場所：中京大学豊田キャンパス 6 号館 多目的室 2

10:00～11:15 運営委員会

11:30～12:15 施設見学（自由参加）

12:30～13:00 受付開始

13:00～13:10 開会式

13:10～14:10 教育講演 東洋大学理工学部・小河繁彦先生 座長：渡邊航平（中京大学）

14:10～14:20 休憩

14:20～15:30 一般発表 1（発表 7 分、質疑応答 4 分） 座長：山本憲志（日本赤十字北海道看護大学）

井川快斗（中京大学）

篠田理依（中京大学）

天池翔（中京大学）

西川太智（中京大学大学院）

山本憲志（日本赤十字北海道看護大学）

和田匡史（国土館大学）

15:30～15:40 休憩

15:40～16:50 一般発表 2（発表 7 分、質疑応答 4 分） 座長：和田匡史（国土館大学）

小口加奈絵（日本体育大学）

中村妃智（日本体育大学大学院）

山口雄大（日本体育大学）

竹田良祐（中京大学）

藤戸靖則（国土館大学大学院）

平野智也（国土館大学）

16:50～17:00 休憩

17:00～18:00 一般発表 3（発表 7 分、質疑応答 4 分） 座長：平野智也（国土館大学）

関口匠哉（日本体育大学大学院）

須藤 惇（日本体育大学大学院）

和田直樹（日本体育大学）

岸凌大（日本体育大学大学院）

坂口泰志郎（日本体育大学大学院）

18:15～20:00 情報交換会

一般発表抄録

運動単位の発火特性および筋収縮特性の日内変動

井川快斗（中京大学）、廣野哲也（京都大学）、奥平柁道（岩手大学）、西川太智（中京大学大学院）、竹田良祐（中京大学）、渡邊航平（中京大学）

【目的】運動単位の発火特性および末梢筋の収縮特性の日内変動を検討すること。【方法】健康な男性 15 名 (22.6 ± 5.1 歳) が本研究に参加し、10:00 (朝)、13:30 (昼)、17:00 (夕)、20:30 (夜) の計 4 回測定を実施した。1 回目の測定の時間は対象者間でランダム化された。測定は、最大等尺性膝伸展筋力 (MVC)、1 回目測定の 50%MVC 発揮中の外側広筋の高密度表面筋電図、電気刺激による大腿四頭筋の誘発筋力 (単収縮) を記録した。得られた筋電図から個々の運動単位発火頻度 (FR)、動員閾値 (RT) を算出し、異なる 4 つの時間で同じ運動単位を追従して分析した。【結果・考察】MVC は時間間に有意な差はなかった。FR は朝が他の 3 つの時間より有意に低かった。RT は時間間に有意な差はなかった。誘発筋力は時間間に有意な差はなかった。朝は他の時間と比較して、少ない中枢神経活動で絶対的に同じ筋力発揮を行えることが示唆された。また FR の変動は末梢筋の収縮特性から独立して変動している可能性が示唆された。運動単位の発火特性の日内変動はトレーニング実施の時間によって得られる効果が異なる可能性を示唆している。

単回のレジスタンス運動における強度の違いが運動単位の動員パターンに及ぼす影響

篠田理依（中京大学）、西川太智（中京大学大学院）、竹田良祐（中京大学）、渡邊航平（中京大学）

【目的】本研究の目的は、異なる運動強度と反復回数の組み合わせによる運動単位動員パターンの急性変化を明らかにすることである。【方法】成人男性 11 名を対象とし、等尺性膝関節伸展運動を最大筋力 (MVC) の 40、60、80% で、各運動強度の総仕事量が同等となるように、各 14、9、7 回を 3 セット行った。これら 3 つの条件は別日にランダムで行った。各運動課題の前後で外側広筋の高密度表面筋電図を記録し、運動前後で追従できた運動単位の動員閾値を算出した。【結果】運動課題後の動員閾値は、40 および 60% の運動強度で -1.3 ± 4.3 および $-2.4 \pm 3.9\%$ MVC ($p < 0.05$) と有意に低下したが、80% の運動強度では低下しなかった ($-0.3 \pm 4.8\%$ MVC, $p > 0.05$)。【結論】総仕事量を一致させてレジスタンス運動を行う際、中強度 ($\leq 60\%$) では運動単位の追加動員が生じる一方、高強度 ($\geq 80\%$) では追加動員が生じない可能性がある。

一般発表抄録

若年者における運動昇圧応答と運動単位の発火特性の関係

天池翔（中京大学）、竹田良祐（中京大学）、西川太智（中京大学大学院）、井川快斗（中京大学）篠田理依（中京大学）、小河繁彦（東洋大学）、渡邊航平（中京大学）

目的：若年者において、運動時の階層的な運動単位（MU）の発火特性と運動昇圧応答との関連性を調査した。方法：本研究では、健康な若年男女8名を対象に実験を行った。各被検者は、等尺性膝関節伸展運動の最大筋力（MVC）の10%から70%まで10%ステップでの漸増負荷筋力発揮を行った。運動中、外側広筋での高密度表面筋電図及び上腕部収縮期血圧を測定した。高密度表面筋電図の分解分析から、10%MVCごとの運動単位（MU）動員閾値及び発火頻度を算出した。検出できたMUが5つ以上の場合、10%MVCごとにMUの動員閾値と発火頻度の回帰式を作成し、回帰式の傾き（sMU）を各対象者の階層的なMUの発火特性として評価した。さらに、安静時と比較して各ステップでの血圧変化（ Δ SBP）を算出し、sMUとの関連性を相関分析により評価した。結果：30、40及び60%MVCにおいて、sMUと Δ SBPとの間に有意な相関関係はみられなかった。しかしながら、50%MVCにおいては有意な正の相関関係が認められた。（ $r=0.8, p=0.02$ ）。考察：本研究では、一部の発揮筋力の運動負荷強度においてのみ、運動中の血圧上昇と運動単位の発火パターンとの関連性が確認できた。今後はこの強度依存性の原因について検討を進めたい。

ケルセチン摂取は高齢者の単回の筋力トレーニング中の運動単位活動を変化させる

西川太智（中京大学大学院）、竹田良祐（中京大学）、渡邊航平（中京大学）

【目的】高齢者における1週間のケルセチン摂取が、単回の筋力トレーニング中の運動単位活動に及ぼす影響を明らかにする。【方法】高齢者18名をプラセボ摂取群（PLA）とケルセチン摂取群（QUE）の2群に分け、1週間の食品摂取介入を実施した。介入前後（PRE、POST）で、筋力トレーニングを模した運動課題を最大筋力の60%強度で10回3セット実施した。1回目および30回目中の運動単位の発火頻度（MUFR）を計測し、その変化率を算出した。トレーニングを模した運動課題に先立って、漸増筋力発揮課題を行い、各運動単位の動員閾値（MURT）を同定した。【結果】両群ともPREおよびPOSTにおいて1回目から30回目のMUFRが有意に低下し、運動課題によって運動単位が疲労していることを示している。PREでは、両群ともにMURTとMUFRの変化率に有意な負の相関があった。このことは動員閾値の高い運動単位ほど、運動課題による疲労が小さいことを示す。POSTにおいてPLAでは、MURTとMUFRの変化率の間の相関関係は消失し、QUEでは正の有意な相関関係が観察された。【結論】1週間のケルセチン摂取は、高齢者の単回の筋力トレーニング中に動員閾値の高い運動単位の活動を賦活させる。

一般発表抄録

アロマ精油曝露と人工炭酸泉浴による新たな筋疲労回復法の可能性

山本憲志（日本赤十字北海道看護大学）、平野智也（国土舘大学）、柏木悠（専修大学）、新宅幸憲（和歌山リハビリテーション専門職大学）、竹ノ谷文子（星薬科大学）、和田匡史（国土舘大学）

【目的】高濃度（1000ppm 以上）人工炭酸（CO₂）泉浴とレモングラス精油の曝露により、筋疲労、筋力、筋肉痛への影響について検証することを目的とした。【方法】被検者は健康な男子大学生 6 名であった。アロマ曝露は不織布マスクの内側に 1% に希釈したレモングラス精油をスプレーで 3 プッシュし、実験中着用した。被検者には 150 回のカーフ・レイズを課した。運動中は 2 分毎に Borg CR10 スケールを記録した。その後、35°C の CO₂ 泉下腿浴を 10 分間行った。運動前、運動後、下腿浴後のそれぞれで VAS と足関節筋力を計測した。さらに、Talag scale を用いて筋肉痛の程度を記録した。【結果】CR10、VAS はアロマ曝露で低下する傾向であった。また、下腿浴後の VAS は運動直後に比べ低下し、速やかな回復が認められた。運動後と下腿浴後の足関節筋力には、有意な変化は認められなかった。筋肉痛は、運動後 1 週間全ての日でアロマ曝露により低い値となった。【結論】本実験ではアロマ曝露により筋疲労、筋肉痛が低減する傾向であった。このように CO₂ 泉浴と芳香の作用を融合が新たな筋疲労回復法となる可能性を秘めている。

アロマセラピーを用いた周期的低圧低酸素環境曝露は疲労回復を促進するか

和田匡史（国土舘大学）、喜入彩夏（国土舘大学）、平野智也（国土舘大学）、柏木悠（専修大学）、竹ノ谷文子（星薬科大学）、山本憲志（日本赤十字北海道看護大学）

【緒言】アロマセラピーは植物から抽出された芳香成分を含む精油を用いてよりよい健康状態を目指す療法で、心身のリラクゼーション、ストレス緩和効果についても報告されている。本研究では、運動後に周期的低圧低酸素環境に曝露しながらアロマセラピーによる芳香（2 種類）を焚いた場合のリカバリー効果について調べることを目的とした。【方法】被検者は健康な大学生 12 名（男子 6 名、女子 6 名）であった。被検者には始めに 15 分間の運動を行ってもらった。運動後、周期的低圧低酸素環境に 50 分間入り、ラベンダーの香りを焚いた状態、柚子の香りを焚いた状態、何も香りを焚いていない状態の 3 条件について比較した。測定項目は、心拍数、脳波、RPE、好みの香りに関するアンケートであった。【結果および考察】脳波測定より、 α 波は 3 条件とも有意な差は見られなかったが、 β 波は柚子の香りにおいて香りなしに較べて有意な低値を示した。このことは、 β 波は脳の活動状態を表すため、周期的低圧低酸素環境下での柚子の香りには β 波を抑制し、脳を休める効果があるのではないかと考えられた。

一般発表抄録

自転車競技選手における登坂走行時のクランクパワーの特徴について

小口加奈絵（日本体育大学大学院）、山口雄大（日本体育大学）、西山哲成（日本体育大学）
自転車競技ロードレース種目における登坂能力は重要である。登り傾斜走行におけるクランクパワーと動作分析データよりペダリングスキルの高い選手の特徴を明らかにすることを目的とした。自転車競技選手 13 名を対象に、スマートローラーを用いて 9%の登り傾斜を模したペダリング運動を行わせた。負荷は 90W から 3 分ごとに 45W ずつ漸増し、血中乳酸濃度が 4mmol/L に到達したステージで運動終了とし 4mmol/L に最も近いステージを各選手の分析対象とした。左右のクランクにひずみゲージを貼付しクランクに対する接線方向の力を計測した。ペダリングスキル指標としてクランク一回転中の正パワーの割合（＝正パワーの総和/正パワーの総和＋負パワーの総和）を用いた。同時に対象選手の左側方の動作分析データを取得した。正パワーの割合が高い選手は踏込み局面の最大クランクパワーが小さく、引き上げ局面における負のクランクパワーが小さいことがみとめられた。また、正パワーの割合が高い選手はペダリング中の股関節の水平位置が、よりクランク軸に近い姿勢であることがみとめられた。下肢の運動学データと合わせて考察する。

自転車競技トラック種目における至適ギア比の決定方法 –200m タイムトライアルについて–

中村妃智（日本体育大学大学院）、山口雄大（日本体育大学）、和田直樹（日本体育大学）、西山哲成（日本体育大学）

【緒言】2005 年以降現在まで、使用するギア比は大きくなり続けている。試合で用いるギア比は経験則に基づき決定するケースが多く、個々の体力要素に合わせたギア比の選択における客観的な決定方法は確立されていない。そこで自転車競技トラック種目の 200mFTT における客観的なギア比の推定方法を開発することを目的とした。【方法】自転車競技トラック種目を専門とする選手を対象に、エルゴメーターを用いた最大パワー測定を実施し、至適ケイデンスで走行可能なギア比を推定した。研究 1 では推定したギア比と被験者が従来使用していたギア比の 2 種類のギア比を使用し、2 回の 100mFTT を実施した。研究 2 では推定したギア比、至適ケイデンスの±10rpm となるギア比の 3 種類のギア比を使用し 3 回の 100mFTT を実施した。【結果】研究 1 では推定ギア比での走行ケイデンスは至適ケイデンスに近い値となりタイムは低値を示した。研究 2 では至適ギア比は推定ギア比より 5.21% 高値を示す結果となり、ギア比の算出の精度を高めるためには走行中の最大ケイデンスや立位姿勢での加速について調査する必要性が考えられた。

一般発表抄録

下腿切断および大腿部切断サイクリストのペダリングテクニックに関する事例的研究

山口雄大（日本体育大学） 渡邊航平（中京大学）、西川太智（中京大学）、西山哲成（日本体育大学）

自転車ペダリング運動のテクニックに関する研究は古くから行われている。この研究分野では伝統的に脚の引き上げがテクニックを最適化すると考えられてきたが、対照的に脚の引き上げを強調することで生理学的効率が低下することが報告されている。近年、この矛盾した知見に対するアプローチとして、パラサイクリストとサイクリストの生理学的効率を比較することで、脚引き上げの強調は誤ったテクニックであることが明らかとなった。このようにパラアスリートは我々に新しい洞察を提供することがある。本研究は、大腿部切断サイクリストおよび下腿部切断サイクリストのペダル踏力パターンと筋活動を一般サイクリストと比較することで、ペダリングテクニック研究に新たな知見を提供することを目的とした。また、大腿部切断サイクリストを観察することで、脚の引き上げに完全に適応したサイクリストがどのような力学的特徴および筋活動を示すのかを観察し、下腿部切断サイクリストにおいては、ペダリング運動における足関節および、膝関節の役割について検討した。詳細については当日発表する。

骨格筋電気刺激がスプリントインターバルトレーニングに及ぼす効果

竹田良祐（中京大学）、能嶋宏弥（中京大学）、西川太智（中京大学）、奥平柊道（岩手大学）、廣野哲也（京都大学）、渡邊航平（中京大学）

【目的】スプリントインターバルトレーニング（SIT）中の骨格筋電気刺激（NMES）がトレーニング強度および血中乳酸濃度（[La]b）に及ぼす効果を検討すること。【方法】成人男性15名がSIT（30秒全力自転車こぎ運動[Wingate]×2：Wingate間に4分の軽運動）を行い、その後10分間の回復期（自転車漕ぎ運動（0W））を設けた。軽運動は自転車漕ぎ運動（0W）+NMES試行（VOLES）または自転車漕ぎ運動のみ（ $44 \pm 8W$ ）試行（VOL）を別日にランダムで行った。Wingate中の最大および平均出力を運動強度の指標として算出した。[La]bは一回目のWingate直前、軽運動時（3分）、および回復期（1、3、5、10分）にそれぞれ測定した。【結果】Wingate中の最大および平均出力は、1、2回目とも試行間で差はなかった（試行間および交互作用、 $P > 0.30$ ）。[La]bはVOLESでVOLより有意に高値を示し（ $P = 0.04$ ）、特に回復期の5、10分目に高かった。【結論】スプリントインターバルトレーニング中の骨格筋電気刺激は運動強度を低下させずに血中乳酸濃度を高めた。

一般発表抄録

クリティカルスピードによる 10km オープンウォータースイミング競技中の泳速度の評価
藤戸靖則（国土舘大学大学院），藤本知臣（新潟医療福祉大学），原怜来（日本大学），船渡和男（国土舘大学大学院）

【目的】10km オープンウォータースイミング（OWS）レース中における泳速度をクリティカルスピードによって評価し，レース展開の違いを明らかにする。【方法】世界水泳 2023 の OWS に出場した選手のうち，大会結果から上位群（1-10 位），中位群（21-30 位），下位群（41-50 位）の選手を対象とした。1 周約 1.6km のコースを 6 周するレースであった。周回の時間，泳速度，ストローク頻度のデータは，World aquatic に公開されているデータを用いた。また，400,800,1500m 自由形のパーソナルベストからクリティカルスピード（CS）を算出し，CS に対する泳速度（%CS）を算出した。【結果および考察】CS では，下位群<中位群<上位群の順に高い値を示した。また，レース時の平均泳速度は下位群<中位群<上位群の順に高い値を示した。%CS が減少した地点は，上位群ほどレース終盤で表れた。OWS のパフォーマンス向上には CS が必要であり，%CS をレース終盤まで低下させない能力が，競技成績と関連する可能性が示唆された。

男子プロゴルファーのドライバーフルショットにおける膝関節での力・パワー発揮
平野智也（国土舘大学大学院スポーツ・システム研究科），柏木悠（専修大学スポーツ研究所），和田匡史（国土舘大学理工学部），船渡和男（国土舘大学大学院スポーツ・システム研究科）

【目的】ドライバーショットにおけるフルショット（Full）とコントロールショット（Con）時の膝関節キネティクスを比較して，Full 時の膝関節における力・パワー発揮の特徴を明らかにすること。【方法】8 名の男子プロゴルファーが本研究に参加した。試技は，各自のドライバーを用いて，Full（ショット距離を狙うことを意識）と Con（フェアウェイの中央を狙うことを意識）を行った。モーションキャプチャーシステムと 2 台のフォースプレートを用いて，スイング中の運動学および地面反力データを取得した。前脚（ターゲット側）と後脚の地面反力および膝関節の角度、モーメントおよびパワーを算出した。分析区間はダウンスイング（DS）を対象とした。【結果および考察】Full は Con と比較して，前後脚ともに屈曲角度、屈曲角速度および伸展角速度が大きかった。また，Full では前脚における膝関節伸展モーメント（DS の 0%~60%）、負のパワー（DS の 0%~20%）および正のパワー（DS の 20%~80%）が大きかった。以上の結果から，プロゴルファーのドライバーフルショットでは前脚の膝関節伸展筋群のコンセントリックなパワー発揮が増大することが示唆された。

女子野球選手における投球動作と球速の関係

関口匠哉（日本体育大学大学院）、山口雄大、和田直樹、西山哲成（日本体育大学）

【目的】球速が高い女子選手の特徴を明らかにし、女子選手における球速向上のための適切な指導に資する知見を得ることとした。【方法】本研究において社会人硬式野球選手4名と大学女子軟式野球選手11名が参加した。参加者は全身に反射マーカ―を貼付された後、規定距離に位置する捕手に対して全力投球を行った。三次元動作解析装置で各反射マーカ―の位置座標データを取得し、得られた座標データから各セグメント座標系を定め、各セグメント・関節角度、角速度を算出した。スピードガンを用いて球速も測定した。算出された変数と球速の関係性は Spearman の順位相関係数を用いて、検討した。【結果】投球中の骨盤および上脛の最大回旋角速度、上脛の前傾角度変位と球速に有意な相関がみられ、体幹を速く回旋させ、かつ大きく前傾させている投手の球速が高くなることを示した。下肢においては肩関節最大外旋、ボールリリース時の軸脚の股関節および膝関節の屈曲角度と球速に有意な負の相関を示し、足関節底屈角度と球速に正の相関を示した。この結果はボールリリース直前で軸脚が曲がり、軸脚の足部が踏込み脚側に移動している選手の球速が低くなることを示唆した。

野球の投球動作における体幹の動きと投球左右位置の関係～個人内変動について～

須藤 惇(日本体育大学大学院), 和田 直樹, 山口 雄大, 西山 哲成(日本体育大学)

【目的】大学硬式野球投手を対象に、直球全力投球の投球動作を3次的に分析し、投球動作中の体幹の動きにおける個人内変動が投球左右位置に及ぼす影響を探ることを目的とした。【方法】12名の大学硬式野球投手を対象に、マウンドから捕手への直球全力投球を10～15球実施した。身体各部位に貼付したマーカ―の3次元座標値を3次元動作解析システム(Arqus 5, Qualisys社製)を用いてサンプリング周波数500Hzで収集し、全身の運動学的データを算出した。球速は、スピードガンで収集し、投球左右位置は、投球されたボールをカメラ2台で撮影したビデオデータからホームベース前縁通過時のボールの水平軸上の座標値と定義し、算出した。リリース(REL)時の上脛および骨盤の角度・角速度と投球左右位置の関係を Pearson の積率相関係数を用いて分析した。【結果】投球左右位置と REL 時の上脛および骨盤の回旋角度、側屈角度、回旋角速度、側屈角速度には、複数投手の個人内比較において有意な関係がみられた。【考察】REL 時の体幹部の角度と角速度は、水平方向の投射角度に関連し、投球左右位置に影響を与える可能性がある。"

一般発表抄録

野球投手におけるストライド期の軸脚回旋が体幹回旋と投球速度に与える影響

和田直樹（日本体育大学）、大塚光雄（日本体育大学）、山口雄大（日本体育大学大学院）、西山哲成（日本体育大学）

【目的】高い投球速度を獲得するための軸脚、骨盤および上胴の運動学的特徴について、踏込脚接地までの局面に着目して調査することとした。【方法】18名の大学野球投手による屋内ブルペンでの全力投球中の投球動作を光学式モーションキャプチャ・システム（Qualisys Inc., Sweden）を用いて計測した。各投手においてもっとも投球速度が高かった3球を分析対象とし、ストライド期における軸脚の大腿、骨盤および上胴の水平面上の回旋角度と角速度を算出した。【結果】ストライド期の軸脚の回旋角度変位は踏出脚接地時の骨盤回旋角度、および上胴と骨盤の回旋角度の差分である体幹捻転角度と有意な相関関係を示した（それぞれ $r = 0.64, p < 0.01$; $r = -0.49, p < 0.05$ ）。さらに、ストライド期の軸脚回旋角速度のピーク値も踏出脚接地時の体幹捻転角度と有意な相関関係を示した（ $r = -0.57, p < 0.05$ ）。踏出脚接地時の体幹捻転角度は唯一、投球速度と有意な相関関係を示した（ $r = 0.50, p < 0.05$ ）。投球において踏出脚が接地するまでに軸脚を大きくかつ速く内旋させることで踏出脚接地時の骨盤の大きな回旋を伴う体幹の捻転が大きくなる可能性があることが示唆された。

トランポリン競技における「後方伸身2回宙返り3回捻り」の踏切局面の捻り動作についての分析

岸凌大（日本体育大学大学院）、山口雄大（日本体育大学）、和田直樹（日本体育大学）、山崎博和（日本体育大学）、西山哲成（日本体育大学）

【目的】トランポリン競技のエリート選手を対象に後方伸身2回宙返り3回捻りにおける踏切局面の捻り動作の特徴を調べた。【方法】8選手を対象に、3次元モーションキャプチャシステム（Arqus 5、Qualisys社製）を用いて、身体計測点55箇所貼付した反射マーカークの3次元座標データをサンプリング周波数250Hzで取得し、身体各部分および関節における角度、角速度、角運動量を算出した。【結果・考察】捻りの角運動量についてみると踏切中に比較的大きく発生させる（コンタクトツイスト）タイプと離地後に大きく発生させる（エアリアルツイスト）タイプに分かれた。いずれのタイプも、上肢の非対称的な動作を用いて捻りを誘発し、離地直後、主に上肢の肩関節内転によって捻りの角速度を増加させていた。エアリアルツイストに比してコンタクトツイストは、滞空局面前半、早期に捻りの角速度を高めることに有利であり、多回数の捻りの達成、例えば4回捻り等の技のレベルアップにつながる可能性があるが、着地や踏切の安定を欠く可能性も考えられた。

一般発表抄録

徒手体操における振動運動および回旋運動の運動学的研究

坂口泰志郎（日本体育大学大学院）、山口雄大（日本体育大学）、和田直樹（日本体育大学）、三宅良輔（日本体育大学）、西山哲成（日本体育大学）

【目的】徒手体操における振動運動および回旋運動を対象に熟練者と非熟練者の違いを明らかにし、運動の習得および熟練における指導に活用できる運動学的知見を得ることとした。【方法】被験者は、体育大学体操部に所属していた男性1名、体操未経験者である男性1名の計2名とした。振動運動および回旋運動は、それぞれ直立姿勢および屈伸運動を含む2種類の運動を実施した。身体の62箇所に反射マーカを貼付し、三次元モーションキャプチャーシステム（VICON MX40、Vicon社）で三次元座標データをサンプリング周波数200Hzで記録し、全身の運動学的データを算出した。【結果】熟練者は非熟練者と比較して、振動および回旋運動のどちらにおいても手部の速度が大きかった。また、屈伸運動時には熟練者は非熟練者と比較して振動および回旋の開始が遅く、体幹部の前傾が小さく、開始姿勢の体幹角度を維持していた。