

第25回日本体力医学会 北海道地方会大会プログラム

日時：2023年4月15日（土）

会場：酪農学園大学

オンライン

主催：一般社団法人日本体力医学会 北海道地方会

地方会会長挨拶

一般社団法人日本体力医学会 北海道地方会 会長
酪農学園大学 農食環境学群 食と健康学類 教授
山口 太一

昨年度より引き続き、地方会会長を仰せつかっております、酪農学園大学 農食環境学群 食と健康学類の山口太一でございます。第25回日本体力医学会 北海道地方会大会の開催を迎えるにあたり、一言ご挨拶申し上げます。

今年度の学術集会は、酪農学園大学を会場とした対面形式とオンライン会議システムを合わせたハイブリッド形式にて開催させていただきます。

一般演題には10演題の登録があり、様々な研究分野から興味深い発表が予定されています。発表者の皆さまにとって、発表および質疑応答を通じて、今後の研究活動の発展につながることを切に願っております。また、本大会も前回大会に引き続き、学生が筆頭演者である9演題の中から特に優れた発表について学術奨励賞を授与する予定です。学生の皆さまの素晴らしい発表を楽しみにしております。

また、特別講演は、北海道大学の若林斉先生にコーディネートいただき、「アスリートの体温調節と暑熱対策最前線」というテーマで、新潟大学の天野達郎先生より「持久性アスリートの発汗特性とそのメカニズム」というタイトルで、北海学園大学の内藤貴司先生より「効果的なアイススラリーの摂取戦略と競技現場での活用」というタイトルでご講演いただきます。昨今、北海道の夏も暑くなってきております。夏の北海道におけるスポーツ活動時にも考えなければならない暑熱対策について、お二人の先生から基本的な内容と最新の研究成果についてお話しいただきます。参加された皆さまの今後の研究活動に繋がること、そして、ご自身の暑熱環境でのスポーツ活動にもご活用いただくことを願っております。

末筆となりますが、2023年度の始めの本大会を通じて、参加者の皆様方の研究活動のより良いスタートにつながり、本地方会がさらに盛り上がることを祈念し、ご挨拶とさせていただきます。

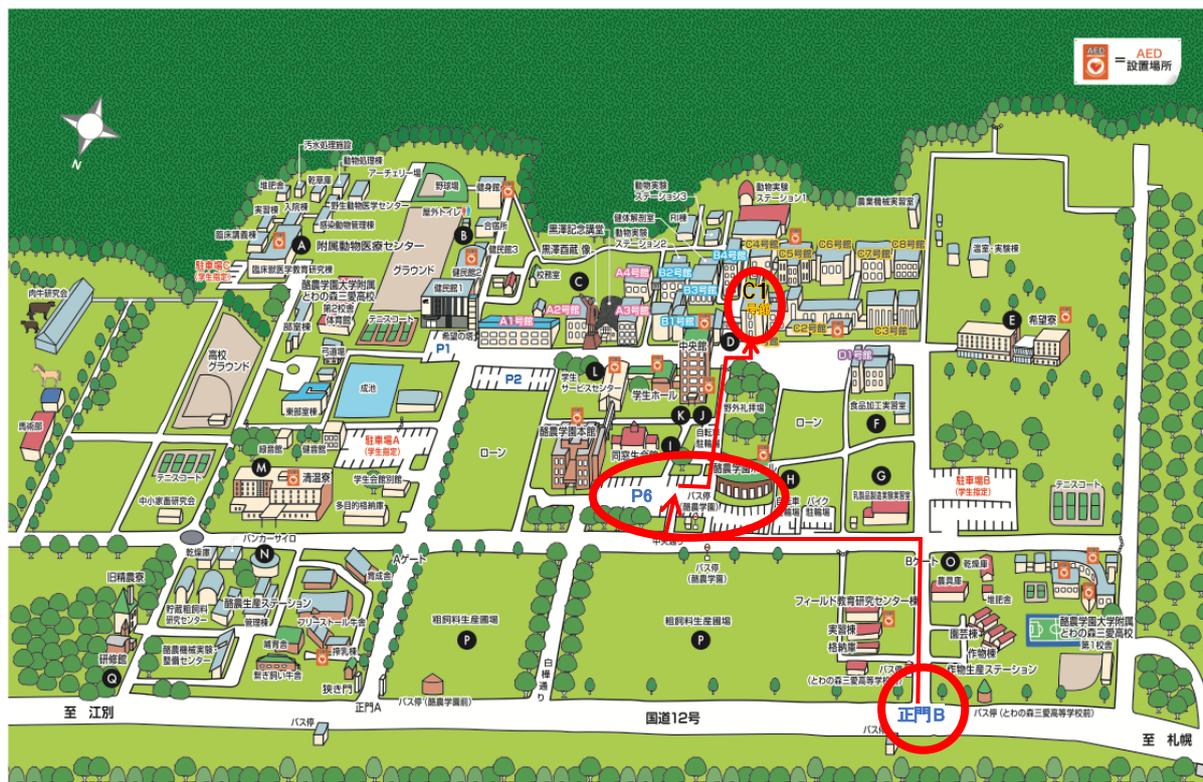
2023年4月

会場のご案内

対面会場

酪農学園大学C1号館2階 201および202

〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582番地



酪農学園大学ホームページ <https://www.rakuno.ac.jp/access.html>

JR「大麻駅」下車、徒歩15分

※大学構内へ車でも入構できます。入構の際は、正門Bからお入りいただき、P6に駐車をして、C1号館にお越してください。

オンライン 参加申し込みをしていただいた方にURLをお送りします。

対面、オンライン参加ともに事前の申し込みが必要です。

締め切りは4月9日（日）です。

下記サイトまたは右のQRコードよりお申し込みください。

<https://forms.gle/oUej4SZL22KuQJuWA>



参加者へのお知らせ

参加費 無料

受付 対面会場での受付は12:00より開始いたします。

抄録集 (本大会プログラム)

各自で事前にプリントアウトしたものをご準備いただくか、もしくはご自身のPCやスマートフォン等でご確認いただくようお願い申し上げます。

一般演題発表者へのお知らせ

対面で発表される方 一般演題の開始前までに発表用のデータを会場備え付けのパソコン (Windows 10) にコピーし、動作確認を行ってください。プレゼンテーション用ソフトは、PowerPoint 2019です。発表用データはUSBメモリでご持参ください。リアルタイム配信の関係上、ご自身のパソコンを持ち込んでの発表はできません。

オンラインで発表される方 それぞれWeb会議システムに接続して発表いただきます。

発表時間 8分 (発表6分、質疑応答2分)

学会誌「体力科学」への抄録掲載 発表者、共同演者ともに日本体力医学会員でなくても発表は可能です。ただし、「筆頭演者が非会員」の場合、学会誌 (体力科学) への抄録掲載は、一編につき3,000円の掲載料を著者に負担いただくことになっておりますことをご了解ください。なお、学会誌 (体力科学) への抄録掲載を希望しない場合、掲載料は不要です。

プログラム

12:50 開会

13:00 ~ 14:20 一般演題（発表：6分、質疑応答：2分）

座長 柴田 啓介（酪農学園大学 農食環境学群 食と健康学類）

*学生（大学院生を含む）が筆頭演者の発表

01* 両脚スクワット動作における足圧中心の前後方向における相対的位置が下肢関節モーメントの対称性に与える影響

○山川由起，石田知也，北村優，寒川美奈，遠山晴一
北海道大学大学院保健科学研究院

02* 股関節屈筋群へのスタティックストレッチが動的バランスに与える効果の検討

○吉見和政¹，江林京¹，笠原敏史²，石田知也²，越野裕太²，寒川美奈²，
遠山晴一²

¹北海道大学大学院保健科学院，²北海道大学大学院保健科学研究院

03* ダイナミックストレッチの実施速度が瞬発的筋力発揮に与える影響

○佐藤誠洋¹，田中みのり¹，堤 健輔¹，福岡秀哉¹，小松崎美帆¹，石田知也²，
寒川美奈²

¹北海道大学大学院保健科学院，²北海道大学大学院保健科学研究院

04* ダイナミックストレッチの実施回数が筋力発揮能に与える影響

○田中みのり¹，寒川美奈²，京谷直音¹，小松崎美帆¹，石田知也²，
笠原敏史²，遠山晴一²

¹北海道大学大学院保健科学院，²北海道大学大学院保健科学研究院

05* 足関節へのダイナミックストレッチ実施プロトコルの違いが足関節背屈可動域とジャンプパフォーマンスに与える影響

○堤健輔¹, 小松崎美帆¹, 亀割由奈¹, 佐藤誠洋¹, 福岡秀哉¹, 石田知也², 寒川美奈²

¹北海道大学大学院保健科学院, ²北海道大学大学院保健科学研究所

06* 有酸素性運動と高強度筋収縮を組み合わせたウォームアップが活動後増強に及ぼす影響

○鈴木優太¹, 古内まりな¹, 柚木孝敬^{1,2}

¹北海道大学大学院教育学院, ²北海道大学教育学部

07* 漸増負荷運動中のCO₂分圧と運動耐容能の関係

○古内まりな¹, 鈴木大², 鈴木優太², 森下尚², 柚木孝敬^{1,2}

¹北海道大学大学院教育学院, ²北海道大学教育学部

08* 有酸素性運動による血流増加は高血糖由来の血管内皮機能低下を抑制する

○鴨田樹¹, 坂本琳太郎^{1,2}, 早川夏夢³, 佐藤晃平¹, 根木亨³, 渡邊耕太³, 片寄正樹³, 岩本えりか³

¹札幌医科大学大学院, ²日本学術振興会, ³札幌医科大学

09* 脳血流の増加を伴う急性の有酸素性運動は、内頸動脈の血流依存性血管拡張反応を増加させる

○坂本琳太郎^{1,2}, 鴨田樹¹, 佐藤晃平¹, 根木亨³, 片寄正樹³, 岩本えりか³

¹札幌医科大学大学院, ²日本学術振興会, ³札幌医科大学

10 寒冷昇圧刺激を用いた機能的交感神経遮断の性差

○岩本えりか¹, 坂本琳太郎^{2,3}, 鴨田樹², 佐藤晃平², 根木亨¹, 片寄正樹¹

¹札幌医科大学, ²札幌医科大学大学院, ³日本学術振興会

14:30~14:50 総会

15:00 ～ 16:30 特別講演「アスリートの体温調節と暑熱対策最前線」

座長 若林 斉 先生（北海道大学）

講演1「持久性アスリートの発汗特性とそのメカニズム」

演者 天野 達郎 先生（新潟大学）

講演2「効果的なアイススラリーの摂取戦略と競技現場での活用」

演者 内藤 貴司 先生（北海学園大学）

16:40 閉会

一般演題

抄録

両脚スクワット動作における足圧中心の前後方向における相対的位置が 下肢関節モーメントの対称性に与える影響

○山川由起, 石田知也, 北村優, 寒川美奈, 遠山晴一
北海道大学大学院保健科学研究院

【目的】

近年, 足圧中心 (center of pressure ; COP) 前後位置の非対称性が膝関節伸展モーメントの非対称性と関連することが報告されている. 一方, COP の前後方向における相対的位置を変化させたときの下肢関節モーメントの変化については不明である. 本研究の目的は, 両脚スクワット動作における COP 前後方向における相対的位置が下肢関節モーメントの対称性に与える影響を明らかにすることとした.

【方法】

対象は運動習慣がある健常男性 16 名 (年齢 22.7 ± 1.4 歳) とした. COP 位置を規定した 2 条件での両脚スクワット動作の三次元動作解析を行った. COP 位置は, 足長を 100%として正規化し, 踵を 0%, 足先を 100%と規定した. COP の条件は以下のように設定した. 1) 対称条件: 両足の COP 位置を $45.0 \pm 2.5\%$ の範囲に収める. 2) 非対称条件: 利き足の COP 位置を $47.5 \pm 2.5\%$, 非利き足の COP 位置を $42.5 \pm 2.5\%$ の範囲に収める. 利き足はボールを遠くに蹴ることができる足と定義した. 条件 (対称条件, 非対称条件) と左右 (利き足, 非利き足) の 2 要因における反復測定二元配置分散分析を用いて最大垂直床反力時の下肢関節伸展モーメント, COP 前後位置を比較した. Post hoc test として Bonferroni 法による多重比較を行った. 有意水準は 5%とした.

【結果】

COP は対称条件で利き足 $43.9 \pm 2.85\%$, 非利き足 $44.4 \pm 3.88\%$, 非対称条件で利き足 $45.7 \pm 2.9\%$, 非利き足 $41.2 \pm 5.4\%$ で交互作用を認めた ($P < 0.001$). 膝関節伸展モーメントはいずれの主効果, 交互作用ともに認めなかった. 股関節伸展モーメントは左右の主効果を認め, 利き足が非利き足よりも有意に高値であった ($P = 0.013$). 足関節伸展モーメントは条件と左右の有意な交互作用を認めた ($P < 0.001$). 多重比較において, 非対称条件で利き足が非利き足に対して有意に高値を示した (利き足 0.30 ± 0.07 Nm/kg, 非利き足 0.26 ± 0.07 Nm/kg, $P = 0.008$).

【考察】

足関節伸展モーメントは非対称条件において COP を前方に位置させた利き足で高値を示した. 一方で, 膝関節伸展モーメントでは COP 非対称条件においても有意な左右差は認められなかった. また, 股関節モーメントは対称および非対称のいずれの条件においても非利き足で有意に高値を示し, 条件と左右の交互作用も認めなかった. 本研究の結果から COP の前後方向における相対的位置を変化させることで足関節伸展モーメントの対称性への介入が可能であることが示された.

股関節屈筋群へのスタティックストレッチが動的バランスに与える効果の検討

○吉見 和政¹, 江林京¹, 笠原敏史², 石田知也², 越野裕太², 寒川美奈², 遠山晴一²

¹北海道大学大学院保健科学院, ²北海道大学大学院保健科学研究院

【目的】

股関節屈筋群, 特に, 腸腰筋の短縮や過緊張は骨盤前傾・腰椎前弯を強め, 立位時の動的バランスや下肢の生体力学に悪影響を及ぼすと考えられている. 筋の短縮や過緊張を改善する介入方法の1つとしてスタティックストレッチ(SS)が行われるが, 腸腰筋へのSSが動的バランスおよび筋活動を改善するかどうかについては現在までに十分な検証が行われていない. 本研究は, 股関節屈筋群へのSSが動的バランス能力に与える影響を明らかにすることとした.

【方法】

本研究へ参加の同意を得た健常若年成人12名(男性6名, 女性6名)が参加した. 股関節屈筋群のSSは修正レンジ(各30秒×4セット, 休憩30秒)を左右交互に行った. SS前後に股関節伸展ROMと骨盤前傾角度を計測した. 動的バランス評価(Star Excursion Balance Test: SEBT)を用い, 棘果長で正規化した. 統計解析は, 対応あるt検定またはMann-WhitneyのU検定のいずれかを行った. 有意水準は0.05未満とした.

【結果】

股関節伸展ROMはSS後に有意に増大していた(SS前 $20.6 \pm 3.0^\circ$, SS後 $21.8 \pm 3.0^\circ$, $p = 0.023$). 骨盤前傾角度は介入前後に差はみられなかった. SEBTの到達距離はSS後に全方向で有意に増加していた(前方: $p = 0.001$, 後内側・後外側: $p < 0.001$).

【考察】

後方のSEBTは, 前方に比べ遊脚股関節の伸展をより必要とする. SSによる腸腰筋の筋緊張低下と関節可動域拡大が後方へのSEBTに寄与したと考える. 股関節屈筋群のSS前後で股関節伸展ROMは有意に増加したものの, その変化量は 1° 程度で, 骨盤のアライメントの変化にまで至らなかった. それにもかかわらず動的バランスが向上したのは, SSにより増大した求心性フィードバックが遠心性の筋骨格系調節が最適化された可能性が考えられる.

【結論】

健常若年成人に対する股関節屈筋群のSSが立位動的バランス能力を向上させることを明らかにした. 股関節屈筋群のSSは下肢の傷害リスクや転倒リスクを低下させるアプローチとして有効であることが示唆される.

ダイナミックストレッチングの実施速度が瞬発的筋力発揮に与える影響

○佐藤誠洋¹, 田中みのり¹, 堤 健輔¹, 福岡秀哉¹, 小松崎美帆¹, 石田知也², 寒川美奈²

¹北海道大学大学院保健科学院, ²北海道大学大学院保健科学研究院

【目的】

ダイナミックストレッチング (dynamic stretching 以下 DS) は関節可動域全体を自ら動かす運動で, ウォームアップの一つとして広く行われている. 瞬発的筋力発揮はスポーツに重要な能力であり, その評価には最大筋力とともに瞬発的筋力発揮率 (rate of torque development 以下 RTD) が用いられている. RTD は, その解析区間によって 0-100ms は神経学的特性, 100ms 以降で構造学的特性を表すとされる. DS は筋力発揮に負の影響を与えないことは多く示されているが, DS 実施速度が瞬発的筋力発揮へ与える影響はまだ見解がない. そこで本研究は, 足関節底屈筋への DS 実施速度が瞬発的筋力発揮に与える影響を検討した.

【方法】

対象は, 健康成人男性 16 名 (22.3±0.6 歳) の右足関節底屈筋とした. ウォームアップは, 自転車エルゴメータにて 5 分間行わせた. 介入は, 関節可動域全体を 2 秒に 1 回動かす中速度 DS と, 1 秒に 1 回動かす高速度 DS, DS なし (コントロール) の 3 条件とした. 介入前後には, 多用途筋機能評価運動装置 (Biodex System 3) を用いて最大足関節背屈角度と最大等尺性足関節底屈筋力を 2 回測定し, RTD を算出した. 統計には, 二元配置反復測定分散分析と Bonferroni 法による事後検定を実施した. 有意水準は 0.05 未満とした.

【結果】

最大足関節背屈角度には有意な時間の主効果が認められ ($p < 0.001$), DS 後有意な増加が示された ($p = 0.001$). 一方, 最大等尺性足関節底屈筋力, RTD (0-100ms, 100-200ms) には, 条件間および時間の主効果と交互作用は認められなかった.

【考察】

最大足関節背屈角度は中速度, 高速度 DS 両条件で増加した一方, 条件間による差はみられなかった. また, 最大筋力および RTD は, DS による変化は示されなかった.

【結論】

足関節底屈筋への DS 介入は最大足関節背屈角度を増加させた一方, 実施速度による差はないことが明らかになった. また, DS 実施速度は瞬発的筋力発揮を変化させない結果が示された.

ダイナミックストレッチングの実施回数が筋力発揮能に与える影響

○田中みのり¹, 寒川美奈², 京谷直音¹, 小松崎美帆¹, 石田知也², 笠原敏史², 遠山晴一²

¹北海道大学大学院保健科学院, ²北海道大学大学院保健科学研究所

【目的】

ダイナミックストレッチング（以下 DS）は、関節可動域全域を動かすことで筋腱伸張性を改善する方法で、パフォーマンスの向上や傷害発生リスクの軽減を目的として運動前に広く行われている。これまで、DS 実施回数は筋腱伸張性（最大関節角度やスティフネス）へ影響を与えることは示されているが、筋力発揮への影響は見解がない。そこで本研究は、DS の実施回数が筋腱伸張性と筋力発揮へ与える影響を検討した。

【方法】

対象は、本研究に参加同意の得られた健康成人男性 8 名（24.0±1.5 歳）の右足関節底屈筋とした。DS は、多用途筋機能評価運動装置（Biodex System 3）を用いて、2 秒に 1 回の速度で自動足関節底背屈運動を 30 秒 1 セットまたは 4 セットを別日に実施した。DS 前後には、最大足関節背屈角度、筋腱スティフネス、最大等尺性足関節底屈筋力を測定した。統計解析には、二元配置反復測定分散分析（条件×時間）と、事後検定に Bonferroni 法を用いた。有意水準は 5%未満とした。

【結果】

最大足関節背屈角度と筋腱スティフネスは、条件の主効果及び条件×時間の交互作用は認めず、有意な時間の主効果のみ認めた（ $p < 0.05$ ）。事後検定の結果、最大足関節背屈角度は DS1 セットと 4 セット両条件後有意に増加した（ $p = 0.009$, $p = 0.020$ ）。筋腱スティフネスは、DS1 セットと 4 セット両条件後有意に低下した（ $p = 0.004$, $p = 0.015$ ）。最大筋力は、有意な主効果及び交互作用は認めなかった。

【考察】

本研究では、30 秒 1 セットと 4 セットの DS で最大足関節背屈角度の増加と、筋腱スティフネスの低下が示された。一方、30 秒 1 セットと 4 セットの DS で最大等尺性筋力は介入前後で変化が認められず、筋力発揮への影響は小さいことが明らかとなった。したがって、30 秒 1 セットと 4 セットの DS は、傷害予防を目的としての実施に効果的であることが示唆された。

【結論】

30 秒 1 セットと 4 セットの足関節底背屈運動の DS は、等尺性最大筋力に負の影響を及ぼさずに筋腱伸張性を高める効果が明らかとなった。

足関節へのダイナミックストレッチ実施プロトコルの違いが 足関節背屈可動域とジャンプパフォーマンスに与える影響

○堤 健輔¹, 小松崎美帆¹, 亀割由奈¹, 佐藤誠洋¹, 福岡秀哉¹, 石田知也², 寒川美奈²

¹北海道大学大学院保健科学院, ²北海道大学大学院保健科学研究院

【目的】

Dynamic stretching (以下 DS) は, 傷害発生リスクの低下や運動パフォーマンスを向上させる効果から, 運動前の実施が推奨されている. 一方, static stretching では間欠的な伸張によるジャンプ高の向上効果は示されているが, DS ではプロトコルの違いによるジャンプ高への効果はまだ見解がない. ジャンプ高は足関節底屈筋力との相関関係が示されており, 足関節底屈筋の DS はジャンプパフォーマンスを向上させる可能性がある. そこで本研究は, 足関節底屈筋への DS 実施プロトコルの違いが関節角度とジャンプパフォーマンスへ与える影響を検討した.

【方法】

対象は, 健康成人男性 15 名 (21.4 ± 1.8 歳) の利き脚足関節底屈筋とした. ウォームアップに 10 分間のランニングを実施後, 足関節底背屈運動の DS を 30 秒 2 セット (間欠 DS) または 60 秒 1 セット (連続 DS) をそれぞれ別日に行った. DS 前後には, 最大足関節背屈角度と, 片脚 counter movement jump におけるジャンプ高と離地時速度を角度計と床反力計により調べた. 統計は, 二元配置反復測定分散分析または Friedman 検定を行い, 事後検定は Bonferroni 法を用いた. 有意水準は 5%未満とした.

【結果】

最大足関節背屈角度は, 有意な時間の主効果と交互作用 (時間 × 条件) が示され ($p < 0.05$), 事後検定の結果, 間欠 DS でより増加がみられた ($p < 0.05$). ジャンプ高, 離地時速度に関しては, 間欠 DS でのみ有意な増加が認められた ($p < 0.05$).

【考察】

足関節への間欠・連続の DS 両条件は最大足関節背屈角度を有意に増加させ, 間欠 DS でより増加することが示された. また, 間欠 DS でのみジャンプ高, 離地時速度は有意に増加した. したがって, 間欠 DS のプロトコルは関節角度とパフォーマンスの向上効果がより高いことを示唆した.

【結論】

本研究は足関節への DS 実施によるジャンプパフォーマンスへの影響を検討した結果, 最大足関節背屈角度は間欠 DS でより増加し, ジャンプパフォーマンスは間欠 DS でのみ向上する効果が明らかとなった.

有酸素性運動と高強度筋収縮を組み合わせたウォームアップが 活動後増強に及ぼす影響

○鈴木優太¹, 古内まりな¹, 柚木孝敬^{1,2}

¹北海道大学大学院教育学院, ²北海道大学教育学部

【目的】

高強度筋収縮を行うと、その後の爆発的な筋力発揮能力が一時的に増強する現象、いわゆる活動後増強 (PAP) が誘発される。高強度筋収縮によるウォームアップ (W-up) を用いて PAP をいかに効果的に誘発するかが近年の PAP 研究において議論されているが、実際の W-up は高強度筋収縮だけでなく有酸素性運動などを組み合わせて行うのが一般的である。よって本研究では、下肢の爆発的な筋力発揮であるカウンタームブメントジャンプ (CMJ) のパワーを PAP 効果の指標として用い、W-up が CMJ パワーに及ぼす影響について、高強度筋収縮のみを行う W-up (単一 W-up) とそれに有酸素性運動を組み合わせた W-up (複合 W-up) を比較することによって検討した。

【方法】

レジスタンストレーニング歴 3 年以上の男性 6 名 (22±1.3 歳) の被験者が、W-up の前後に CMJ を行う 2 つの実験 (単一 W-up と複合 W-up) に参加した。単一 W-up では、最大随意収縮力の 80% 強度での等尺性膝伸展運動 (5 秒×3 回×3 セット) が行われた。複合 W-up では、上述の等尺性膝伸展運動と 3 分間の中強度自転車運動 (強度: 換気性閾値の 80%) が交互に 3 セット行われた。両実験において、W-up 前、W-up 直後、および W-up 終了 1 分後から 15 分後までの 2 分おきに、計 10 回の CMJ が行われた。W-up 後の最も高い CMJ パワーを最大パワーとした。

【結果】

両 W-up (単一 W-up と複合 W-up) とともに、最大パワーは W-up 前のパワーに比べて有意に高い値であった ($p < 0.05$)。最大パワーの増加率 (対 W-up 前) は、単一 W-up より複合 W-up で有意に高かった ($p < 0.05$)。また、W-up 後 15 分間のパワー増加率 (対 W-up 前) も、単一 W-up より複合 W-up で有意に高かった ($p < 0.01$)。

【考察】

両 W-up でパワーの有意な増加が確認されたことから、高強度筋収縮によって活動後増強が誘発されていたことが考えられる。その上で、複合 W-up では、単一 W-up に比べて有意に高い最大パワー増加率および W-up 後 15 分間のパワー増加率が観察されたことから、高強度筋収縮と有酸素性運動を組み合わせることにより大きな活動後増強を誘発する可能性が示唆された。

漸増負荷運動中の CO₂ 分圧と運動耐容能の関係

○古内まりな¹, 鈴木大², 鈴木優太², 森下尚², 柚木孝敬^{1,2}

¹北海道大学大学院教育学院, ²北海道大学教育学部

【目的】

漸増負荷運動において運動強度がある水準を超えると、過換気による CO₂ の過剰排出が起こり、動脈血 CO₂ 分圧が低下し始める。この現象は呼吸性代償と呼ばれ、末梢性疲労の一因とされる pH 低下を抑制する作用である。一方、動脈血 CO₂ 分圧の低下は、脳血流量の低下とそれに伴う中枢性疲労を誘発する可能性もあることから、呼吸性代償と運動パフォーマンスの関係は不明瞭である。ゆえに本研究では、呼吸性代償の抑制が運動耐容能と中枢性疲労に及ぼす影響を検討した。

【方法】

被験者は健常男性 8 名（年齢 21±1.5 歳）であった。各被験者は自転車エルゴメーターによる漸増負荷運動テスト（漸増率：10W/min）を 3 回行った。1 回目のテストで、呼吸性代償の開始点（RCP）が決定された。2 回目もしくは 3 回目のテストでは、その RCP から 4%CO₂ 混合ガス（高 CO₂ 条件）もしくは室内空気（コントロール条件）が被験者の呼吸回路に加えられた。いずれのテストも被験者が疲労困憊に至る（＝規定ペダル回転数を下回る）仕事率（WR）まで負荷は漸増され、運動耐容能の指標として最大仕事率（WRmax）が決定された。運動中は、動脈血 CO₂ 分圧の近似値である呼気終末 CO₂ 分圧（PETCO₂）などの呼吸データが測定された。また、中枢性疲労の評価指標として、非活動筋である右手の把握による最大随意筋力（MVC）と主観的運動強度（RPE）が測定された。MVC は、運動開始前、RCP30 秒前、および運動終了直後に測定された。RPE は、運動開始前と運動中（3 分毎）に測定された。

【結果】

RCP が出現した強度は 242±12W（82±5%WRmax）であった。90-100%WRmax の PETCO₂ は、コントロール条件より高 CO₂ 条件で有意に高かった（ $p<0.05$ ）。両条件の WRmax、MVC、および RPE に有意差は認められなかった。

【考察】

高 CO₂ 条件では、呼吸性代償の抑制により pH 低下の程度がコントロール条件よりも大きかったと考えられるが、WRmax だけでなく MVC や RPE にも条件間の差が認められなかった。このことから、呼吸性代償作用は疲労や運動パフォーマンスにさしたる影響を与えていないことが示唆される。

有酸素性運動による血流増加は高血糖由来の血管内皮機能低下を抑制する

○鴨田樹¹, 坂本琳太郎^{1,2}, 早川夏夢³, 佐藤晃平¹, 根木亨³, 渡邊耕太³, 片寄正樹³,
岩本えりか³

¹札幌医科大学大学院, ²日本学術振興会, ³札幌医科大学

【目的】

高血糖は、血管内皮機能の指標である末梢動脈の血流依存性血管拡張反応（FMD）を低下させる。食後の有酸素性運動は、血糖増加を抑制することにより FMD 低下の予防や改善に有用であると推測されているが、運動による血流増加が FMD 低下抑制に与える影響は明らかでない。本研究は、有酸素性運動中に血流増加を抑制した場合にも、糖負荷後の上腕動脈の FMD 低下抑制効果が認められるかを検証することを目的とした。

【方法】

空腹時血糖値が正常である若年男女 18 名を対象に、糖負荷の前後に血糖値と上腕動脈 FMD を測定した。75 g ブドウ糖負荷の 15 分後から安静もしくは運動を 30 分間実施し、その間の上腕動脈を超音波ドップラーにて測定した（安静試行または運動試行）。運動は最高酸素摂取量の 60% の下肢自転車運動とした。運動試行では片腕のみ前腕をカフで軽度圧迫して血流増加を抑制し（血流制限肢）、対側（非制限肢）と比較した。上腕動脈の血管径と血流速度より血流量と FMD を算出した。

【結果】

運動試行の運動開始 15 分以降の血糖値は、安静試行と比較して有意に低値であった。またカフ圧迫によって、運動試行の血流制限肢の血流量は、非制限肢より低値を示した（ $P < 0.01$ ）。運動試行の非制限肢の糖負荷前後の FMD の変化量（ Δ FMD, $+1.7 \pm 3.4\%$ ）は、安静試行（ $-0.9 \pm 4.1\%$ ）だけでなく、運動試行の血流制限肢（ $+0.4 \pm 3.1\%$ ）よりも高値を示した（それぞれ $P < 0.05$ ）。一方 Δ FMD は、安静試行と運動試行の血流制限肢の間に有意な差を認めなかった（ $P = 0.40$ ）。

【考察】

運動試行において、血糖抑制に加えて血流増加を引き起こした条件のみ、糖負荷後の FMD 低下が抑制された。この要因として、血糖上昇の抑制による酸化ストレス抑制に加えて、血流増加により内皮由来の血管拡張物質の産生が促されたことが関与したと考える。

【結論】

有酸素性運動による血流増加は、高血糖由来の血管内皮機能低下を予防するために重要であることが示唆された。

脳血流の増加を伴う急性の有酸素性運動は、 内頸動脈の血流依存性血管拡張反応を増加させる

○坂本琳太郎^{1,2}, 鴨田樹¹, 佐藤晃平¹, 根木亨³, 片寄正樹³, 岩本えりか³

¹札幌医科大学大学院, ²日本学術振興会, ³札幌医科大学

【目的】脳血管の内皮機能低下は、脳血管疾患の発症に繋がる。有酸素性運動による血流およびシェアレート (SR) の増加は、末梢動脈の血管内皮機能の指標である血流依存性血管拡張反応 (FMD) を増加させるが、脳血管の内皮機能に対する影響は明らかではない。この要因の1つとして、末梢動脈と異なり、運動中に呼気終末二酸化炭素分圧 ($P_{ET}CO_2$) が低下すると脳血流の増加が抑制されるが、先行研究では $P_{ET}CO_2$ を考慮した強度設定が行われていなかったことが挙げられる。本研究では、呼吸に着目した運動強度設定により有酸素性運動中に脳血流を増加させ、脳血管の内皮機能が急性的に改善するかを検証した。

【方法】若年男女 10 名を対象に、座位安静もしくは 2 種類の呼吸条件の自転車運動を 30 分間、それぞれ別日に実施し、介入前後で脳血管の内皮機能の指標である内頸動脈の FMD (cFMD) を測定した。運動試行における強度は換気性作業閾値の 80% とし、自由呼吸条件 ($E_{X_{SB}}$) と、換気量を $E_{X_{SB}}$ の 1.3 倍とした過換気条件 ($E_{X_{HV}}$) にて実施した。cFMD は 30 秒の CO_2 吸入テストを用いた。超音波診断装置を用いて、内頸動脈の血管径・血流速度を測定し、血流刺激の指標として SR を算出した。cFMD は安静時径から CO_2 吸入後の最大拡張径までの血管拡張率とした。

【結果】安静座位では $P_{ET}CO_2$ は変化せず、運動試行では $E_{X_{SB}}$ にて運動中に $P_{ET}CO_2$ が上昇し、内頸動脈の SR が増加したが、 $E_{X_{HV}}$ では $P_{ET}CO_2$ が増加せず、SR が運動前から変化しなかった。その結果、 $E_{X_{SB}}$ でのみ cFMD が介入後に有意に増加した ($3.5 \pm 1.4\%$ to $5.2 \pm 1.9\%$) が、その他の試行では有意な変化を認めなかった。

【考察】末梢動脈では、有酸素性運動による血流増加は、内皮由来の一酸化窒素 (NO) 産生を促し、FMD を増加させる。本研究より、脳血管においても、運動による血流増加が NO 産生を増加させ、cFMD を増加させる可能性が示された。

【結論】 $P_{ET}CO_2$ および脳血流増加を伴う有酸素性運動は、脳血管の内皮機能を急性的に改善させる可能性が示された。

寒冷昇圧刺激を用いた機能的交感神経遮断の性差

○岩本えりか¹, 坂本琳太郎^{2, 3}, 鴨田樹², 佐藤晃平², 根木亨¹, 片寄正樹¹

¹札幌医科大学, ²札幌医科大学大学院, ³日本学術振興会

【目的】

運動時には血管収縮作用をもつ交感神経活動が亢進するが, 活動筋では局所性血管拡張が血管収縮を上回り, 血管コンダクタンス (VC) が増加する (機能的交感神経遮断, FS). 交感神経刺激時の活動筋の VC 低下を, 安静時と運動時の差で算出し, より差が大きいほど FS が高いと評価する. 交感神経を賦活化する方法として寒冷昇圧検査 (CPT) があるが, 心拍出量の増加を伴い VC 増加を引き起こす被験者がいる. 我々は, CPT による活動筋の VC 変化が, 活動筋でのみ観察される“局所性”の反応か, 心拍出量などの“全身性”の反応によるものか, また VC 反応に性差があるかを検証することを目的とし, CPT を用いた FS 評価中に非活動肢および活動肢にて VC を比較した.

【方法】

若年の女性 11 名, 男性 8 名を対象とした. 安静時に CPT を行う試行と, 片腕のハンドグリップ運動時 (15%もしくは 25%MVC) に CPT を行う試行の計 3 試行をランダムに実施した. CPT は 4°C の冷水に 2 分間右足部を浸した. 超音波ドップラーを用いて両腕の上腕動脈の血流速度・血管径を連続的に測定し, 算出した血流量と指尖平均血圧より VC を算出した.

【結果】

男性では活動肢だけでなく, 非活動肢においても CPT による心拍出量の変化率が VC の変化率と正の相関を示した (活動肢 $P < 0.05$, $r = 0.41$, 非活動肢 $P = 0.01$, $r = 0.52$) が, 女性では両者に関係性を認めなかった. また女性の非活動肢でのみ, CPT による平均血圧の変化率と VC の変化率の間に有意な負の関係を認めた ($P = 0.01$, $r = -0.43$). FS は, 女性でのみ運動時の活動肢と非活動肢の VC の差 (局所的な因子) と有意な正の相関を示した ($P < 0.01$, $r = 0.77$).

【考察】

女性では, CPT による活動筋の VC 変化は交感神経性血管収縮の局所的な弱さを反映していた. 一方, 男性では, CPT による活動筋の VC 変化は, 局所よりも全身性の心拍出量の影響を受けていた可能性がある.

【結論】

CPT を用いた機能的交感神経遮断の評価において, 活動筋の VC 変化が局所性・全身性のどちらの循環反応の影響を受けるかには性差があることが示された.

特別講演

「アスリートの体温調節と暑熱対策最前線」

座長：若林 斉 先生（北海道大学）

演者：天野 達郎 先生（新潟大学）

「持久性アスリートの発汗特性とそのメカニズム」

演者：内藤 貴司 先生（北海学園大学）

「効果的なアイスラリーの摂取戦略と競技現場での応用」

特別講演

「持久性アスリートの発汗特性とそのメカニズム」



天野 達郎 先生
(新潟大学)

暑熱環境下での運動時には、発汗による熱放散が体温調節のために重要となる。これまでの多くの研究で、日常的な持久性運動トレーニングや暑熱順化、季節馴化などで発汗機能が向上することが報告されている。そのため、持久性運動トレーニングをしている者は、様々な刺激（温熱刺激や温度非依存性の刺激）に対する発汗応答が高い。しかし、発汗機能がどのような仕組みで高まるのか、その仕組み（メカニズム）はこれまで十分に検討されていなかった。発汗機能はヒト特有の生理機能であるため、そのメカニズム研究にはヒトを対象とした実験が不可欠である。

ヒトを対象とした発汗のメカニズム研究手法として、世界的には皮内マイクロダイアリス法や皮内注射によって汗腺に作用する薬剤を皮膚に投与する実験が行われている。しかし、これらの手法は侵襲を伴う点から倫理的障壁や習熟した実験者や被験者の確保といった難しさがあり、国内で広く行われていない。一方、経皮的・非侵襲的に薬剤を皮膚に投与する方法としてイオントフォーシス法がある。この方法は、荷電した薬剤を電気を用いて皮膚にしみ込ませることで薬剤を汗腺や皮膚の他の器官に投与する方法である。私たちの研究室では、長年（といっても7年程度ですが）この方法を用いて発汗研究を行ってきた。発表会では、まずはイオントフォーシス法の原理や発汗研究における最新の応用手法を紹介したい。

その上で、持久性運動トレーニング者に認められる高い発汗機能がどのような仕組みに支えられているのかを検討した我々の最近の知見を紹介する。具体的には、汗腺活動を誘発するムスカリン受容体、 α アドレナリン受容体、 β アドレナリン受容体を刺激した時の発汗応答や、関連する受容体や神経活動を阻害して運動を行ったり、発汗刺激薬を投与した時の発汗応答から、運動選手の高い発汗機能がどのような仕組みに支えられているのかを紹介する予定である。時間が許すのであれば、汗腺の内容物（主に塩分）の調節機能に関する運動トレーニング効果についても研究成果を紹介したいと考えている。

特別講演

「効果的なアイススラリーの摂取戦略と競技現場での活用」



内藤 貴司 先生
(北海学園大学)

Ice slurry (以下：アイススラリー) を用いた身体冷却が運動能力に及ぼす影響を検討した研究は、2010年にMedicine and Science in Sports and Exerciseにて初めて発表された。そこから現在まで概ね70編以上の論文が発表され、日本国内では我々や広島大学の長谷川博先生の研究グループが中心に検討されている。

アイススラリーは微小な氷と水の混合液であり、元々は鮮魚等を輸送する際の冷媒として用いられていた。アイススラリーは専用の機械で作成されるため、市販のミキサー等で作成した氷飲料 (Crushed ice : クラッシュドアイス) とは異なるものであるが同義で考えられ、検討されている。アイススラリー摂取による身体冷却は熱力学の法則である氷が水に相転移する際の融解熱を利用することができるため、冷水と比べて効果的に身体を冷やすことができる。

アイススラリー摂取の研究は深部体温の低減や上昇の抑制に焦点が当てられ、ランニングやサイクリングを想定した持久性運動能力、サッカーやテニスを想定した間欠的運動能力へ及ぼす影響が検討されてきた。これらの研究データは競技現場に還元され、東京2020オリンピック・パラリンピックではIOC (International Olympic Committee) が示した選手向けの暑さ対策10個の具体策掲示にも含まれていた。競技現場に加えて、現在では市販のアイススラリー (大塚製薬・大正製薬など) も販売されるようにスポーツ愛好家にも身近になりつつあり、生涯スポーツ分野においても注目されるようになってきた。しかしながら、アイススラリーを用いるにあたってアイススラリーの摂取方法に関して体系的にまとめられた資料は不足している。

そこで、本講演では運動前・間・中に分けて効果的なアイススラリーの摂取戦略について自身のデータを中心に概説する。加えて、我々はアイススラリー摂取を用いた身体冷却をトップアスリートの支援にも応用してきた。その際、アスリートなど競技現場からの声がいくつかあり、それらに回答する形で注意点等を示していく。

主催：一般社団法人日本体力医学会 北海道地方会

第25回日本体力医学会北海道地方会大会

発行：2023年4月

編集：一般社団法人日本体力医学会 北海道地方会事務局

酪農学園大学 農食環境学群 食と健康学類 食・健康スポーツ科学研究室