

# NewsLetter

Sports Medicine Research Center, Keio Univ.

No. 35

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター  
ニューズレター 第35号  
[2020年7月発行]

## おもな活動報告

2020年6月現在、慶應義塾は新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止のため、インターネットを活用したオンライン授業・研究活動を原則とし、可能な限りキャンパスの施設利用をさけることとしています。課外活動についても引き続き自粛を要請しています。

スポーツ医学研究センターでは、アスリートサポートの一部をオンラインでご利用いただけます。あわせて、感染防止策を講じながら、来所による利用も再開いたしました。

また、オンライン化により教職員の皆さまにもご利用いただけることになりました。

在宅ワークによる運動不足や肩こり、腰痛、またこころの不安など、気軽にご相談ください。詳細はスポーツ医学研究センターのホームページ (<https://sports.hc.keio.ac.jp/>) でご確認ください。ご質問やお申し込みは、お問い合わせフォームよりお願いいたします。

### リコンディショニングサポート オンラインあり

対象：体育会またはスポーツ活動を行っている学生  
内容：慢性的な怪我を治したい、痛みが続いて不安がある、受傷後から競技復帰までのサポート  
担当者：木畑実麻（アスレチックトレーナー）  
日時：月・火・木曜日 10:00～16:00 30分程度  
担当者：今井丈（理学療法士）  
日時：月曜日 9:00～12:00、金曜日 9:00～16:00 30分程度

### こころの相談窓口（スポーツカウンセリング） オンラインあり

対象：体育会またはスポーツ活動を行っている学生、指導者、関係者  
内容：自粛生活での不安や焦り、家族やチームメイトとの人間関係の悩み、ご自分ではなく、チームメイトや家族、学生や生徒における心配事もご相談ください。  
担当者：山口達也（精神・神経科学スポーツドクター）  
日時：第1、3金曜日 14:00～17:00 60分程度

## 特集



### 研究紹介

## Rate of Torque Development または Rate of Velocity Development と歩行速度の関連 ～ Baltimore Longitudinal Study of Aging ～

スポーツ医学研究センター兼担所員

大澤祐介

### 背景

加齢に伴う歩行速度の低下は、将来の死亡率や機能障害、転倒など多くの健康関連の指標のリスクを予測する有力な指標の一つであることが多くの疫学研究から示されている (Studenski et al. 2011)。歩行速度の低下に関わる要因を特定することは、老化に伴う運動器の機能低下を理解することや、歩行機能の改善に向けたプログラムを創出する上で重要になる。これま

での国内外の研究成果から、歩行速度は筋力や筋量など骨格筋に関わる指標と密接に関連することが明らかとなっている (Visser et al. 2005)。さらに、これまでの筆者の研究から、骨格筋に関連する指標の中でも、筋量に比し、筋力が歩行速度と関連することが明らかとなった (Osawa et al. 2019)。筋力を表す指標として、筋力測定中の最大トルク値（最大筋力）を用いることが一般的である。力の発揮から最大値に至るまで時間がかかる (De Ste Croix et al. 2004)。しかし、スポーツ

や日常生活の動作では大きな力を発揮できる能力よりも、素早く力を発揮できる能力や素早く四肢を動かす能力のほうが重要な場面が多い。そのため、スポーツ現場やスポーツ科学の研究分野では、力の立ち上がり部分に重きを置く傾向にあり、その評価指標としてトルク - 時間の関係から得た Rate of torque development (RTD) や角速度 - 時間の関係から得た Rate of velocity development (RVD) が使われている。スポーツ選手を対象にした研究では、最大筋力と比べて、RTD がスポーツパフォーマンスと密接に関連することが報告されている (Korhonen et al. 2006)。スポーツ科学を中心に RTD の重要性に関するエビデンスが構築されているが、幅広い年代層を含めた一般人を対象に最大筋力と比較して RTD や RVD が歩行速度に重要な要因かは明らかではない。そこで、①老化が RTD に及ぼす影響、②最大筋力と独立して RTD または RVD が歩行速度と関連するかを検討した。

## 目的①

年齢と RTD および最大筋力との関連性を検討する。

### 方法①

#### 対象

研究デザイン：横断研究

Baltimore Longitudinal Study of Aging (BLSA) 研究の対象者のうち、下肢筋力測定を実施した 1089 名を対象とした (女性 49.7% ; 年齢 26 から 96 歳 ; 女性、 $64.0 \pm 13.8$  歳 ; 男性、 $68.4 \pm 14.4$  歳)。BLSA 研究は、米国立老化研究所 (National Institute on Aging) の所内研究プログラム (Internal Research Program) がメリーランド州ボルチモア地域在住の健康成人を対象にした研究であり、1958 年から現在に至るまで続く米国最長のコホート研究の一つである。BLSA 研究の目的は、①加齢に伴う身体・認知機能の変化を長期間観察すること、②身体・認知機能の変化に影響を及ぼす遺伝子・身体・行動・環境などの要因を明らかにすること、そして、③加齢と慢性疾患との関連性を明らかにすることである。BLSA 研究の特徴は Newsletter No.23 に記載した (<http://sports.hc.keio.ac.jp/ja/current-research-and-activities/assets/files/newsletter/newsletter23.pdf>)。

#### RTD と最大筋力の測定

BLSA 研究では 2003 年に等尺性・等速性ダイナモメーター (Kin-Com model 125E, version 3.2, Chattanooga Group, Chattanooga, TN) を用いた膝伸展・屈曲筋力測定を導入した。Kin-Com の特長の一つは、トルク・関節角度・角速度の各情報をサンプリング (100Hz) しており、対象者が力の出し始める瞬間から最大値に至るまでの軌跡を評価することができることである (図 1)。本研究では、等尺性膝伸展筋力 (筋力測定中に膝関節が  $120^\circ$  で固定された状態で筋力を発揮する) の測定データを用いた。等尺性膝伸展筋力では測定時間を 3 秒

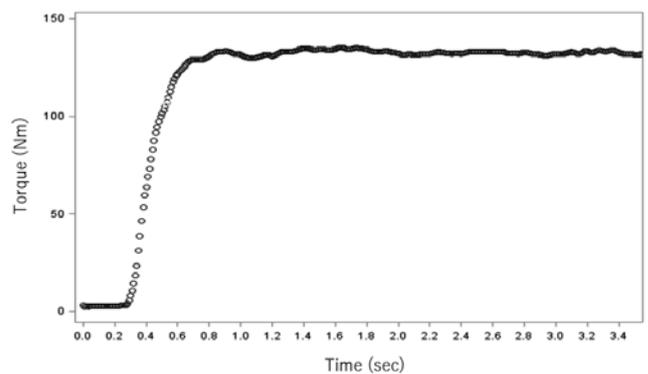


図 1 筋力測定におけるトルクの軌跡

間と設定した。RTD は 3 秒間の測定時間を 50 ミリ秒毎に分割後、各 50 ミリ秒におけるトルク - 時間関係 ( $\Delta$ トルク / 0.05 秒) から算出し、その中で最も高い値を peak RTD として解析に用いた。また、最も高いトルク値を最大筋力として解析に用いた。

#### 年齢と RTD または最大筋力との関連

年齢と RTD または最大筋力との関連性が線形か非線形かを検討後、非線形モデルの適合度が良い場合には区分線形モデル (piecewise regression) を用いて、何歳ごろに RTD または最大筋力の低下が著しくなるのかを検討した。

#### 結果①

男女ともに RTD と年齢とは関連する (年齢が高いことと RTD が低いこととが関連)。

女性は 55 歳前後をターニングポイントに RTD が急に低下する。

男性は年齢が高いことと RTD が低いこととが関連した ( $\beta_{age} = -15.9, p < 0.0001, R^2 = 0.23$ )。非線形モデルを当てはめたとき、モデルの適合度は向上しなかった ( $\beta_{age^2} = 0.05, p = 0.48, R^2 = 0.23$ )。一方、最大筋力は非線形モデルを当てはめたとき、モデルの適合度が向上し ( $\beta_{age^2} = -0.02, p = 0.02, R^2 = 0.34$ )、63.0 歳 (95% 信頼区間 51.2-74.8) 以降に筋力低下が著しくなることが示唆された。女性では、RTD および最大筋力が低いことと加齢とが関連し、線形モデルに比し、非線形モデルでの適合度のほうが高く (RTD、 $\beta_{age^2} = -0.2, p < 0.0001, R^2 = 0.18$ ; 最大筋力、 $\beta_{age^2} = -0.03, p < 0.001, R^2 = 0.26$ )、RTD は 55.1 歳 (95% 信頼区間: 48.9-62.1)、最大筋力は 61.9 歳 (95% CI: 55.0-67.7) で傾きが急になることが示された。

## 目的②

最大筋力と独立して、RTD が歩行速度と関連するかを検討した。

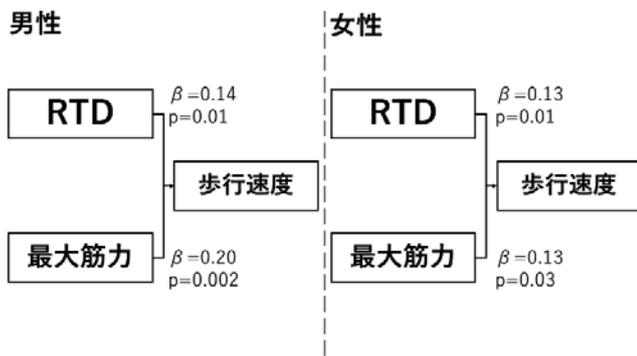


図2 RTDおよび最大筋力と歩行速度との関連

年齢、人種（黒人・黒人以外）、体格指数（body mass index）、四肢の骨格筋量（appendicular lean mass）、全身脂肪量で調整した一般線形モデル。 $\beta$ は標準化回帰係数。

## 方法②

### 対象

研究デザイン：横断研究

方法①の対象者のうち、6m歩行テストを実施した者（男性399名、女性375名）を対象とした。BLSA研究では2006年から最大努力下での6m歩行テストを実施している。

性別で層別後、一般線形モデルを用いて、筋力と独立してRTDが歩行速度と関連するかを検討した。モデルは、年齢、人種（黒人・黒人以外）、体格指数（body mass index）、二重エネルギーX線吸収（DXA）法でみた四肢の骨格筋量（appendicular lean mass）および全身脂肪量で調整した。

### 結果②

男女ともに、RTDと最大筋力は歩行速度と関連した（RTDまたは最大筋力が高いことと歩行速度が速いことが関連する）（図2）。

### 目的③

最大筋力と独立して、RVDが歩行速度と関連するかを検討した。

### 方法③

BLSA研究者のうち、等速性膝伸展筋力テスト（角速度180 deg/sec）および6m歩行テストを実施した者（男性354名、女性323名）を対象とした。性別で層別後、一般線形モデルを用いて、筋力と独立してRVDが歩行速度と関連するかを検討した。モデルは、年齢、人種（黒人・黒人以外）、体格指数（body mass index）、DXA法でみた四肢の骨格筋量（appendicular lean mass）および全身脂肪量で調整した。有意水準は5%未満とした。

### 結果③

女性のみRVDと最大筋力は関連した（RVDが高いことと歩行速度が速いことが関連する）。

男性では最大筋力と歩行速度とは関連したが（ $p < 0.0001$ ）、RVDと歩行速度とは関連しなかった（ $p = 0.60$ ）。一方、女性では最大筋力とRVDは、それぞれ歩行速度と関連した（ $p < 0.05$ ）。

## まとめ

20歳代から90歳代の幅広い年代層を含む地域在住健常成人を対象に上述3つの研究を実施して、筋機能を評価する指標の一つであるRTDと年齢との関連および歩行速度との関連性を検討した。2つの研究より、男女ともに加齢に伴いRTDは低下すること、最大筋力を加味した場合でもRTDと歩行速度とは関連することが示された。一方、RVDは女性のみ歩行速度と関連することが示された。本研究からは最大筋力と比べてRTDのほうが歩行速度と密接に関連することは示すことができなかったが、歩行速度に寄与する重要な筋機能の一つであることが示唆された。また、歩行速度におけるRVDの重要性には性差があることが示された。

本稿は、下記の論文の一部をまとめたものである。

Osawa, Yusuke, Stephanie A. Studenski, and Luigi Ferrucci. "Knee extension rate of torque development and peak torque: associations with lower extremity function." *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle* 9.3 (2018): 530-539.

### 引用文献

De Ste Croix, M. B. A., M. A. Deighan, and N. Armstrong. "Time to peak torque for knee and elbow extensors and flexors in children, teenagers and adults." *Isokinetics and exercise science* 12.2 (2004): 143-148.

Korhonen, Marko T., et al. "Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes." *Journal of Applied Physiology* 101.3 (2006): 906-917.

Osawa, Yusuke, et al. "Changes in knee extension peak torque and body composition and their relationship with change in gait speed." *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle* 10.5 (2019): 1000-1008.

Studenski, Stephanie, et al. "Gait speed and survival in older adults." *Jama* 305.1 (2011): 50-58.

Visser, Marjolein, et al. "Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 60.3 (2005): 324-333.

# 《《《《《《トピックス》》》》》》

## スポーツ活動と熱中症予防

スポーツ医学研究センターでは毎年、学内アスリートを対象に「熱中症予防」のための教育講座を開催しています。本年度は、大人数を集めての開催が難しいため、スポーツ医学研究センターのウェブサイトに「熱中症予防」のページを作成しました。スポーツ活動中の熱中症予防と対策について、ポイントを絞って掲載し、あわせて参考サイトのご紹介をしています。詳細は、ウェブサイト <https://sports.hc.keio.ac.jp> でご確認ください。

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター教授 石田浩之

## 熱中症はどうして起きるのか？

- ・体温を上げる要因、下げる機構のバランスで体温は適正な範囲に調整される
- ・高温多湿な環境下での運動ではそのバランスの維持が困難になる
- ・長時間の運動では筋肉から熱産生が増加する
- ・飲水量が少ないと、脱水となり汗の蒸発による熱放散が低下する
- ・湿度が高いと汗が蒸発しにくくなるので熱放散が低下する
- ・暑いウェアや防具は熱がこもり、汗の蒸発も妨げる

## 熱中症の病型分類

- ・熱中症の病型は、①熱失神、②熱痙攣（けいれん）、③熱疲労、④熱射病、の4つに分類されている
- ・これらは独立したものではなく、時間経過とともに重症度が変化することがあるので要注意（表）
- ・頭痛、悪心、脱力感など熱疲労の症状の頻度が高い
- ・熱射病は生命の危険があるので、疑われたらすぐに救急車を要請
- ・呼びかけに対する反応が鈍い、おかしい、また、自力での飲水ができない、時間経過とともに症状が悪くなるなどは熱疲労→熱射病に移行しつつある兆候なので、救急車を要請する

## 熱中症に対する現場での対処方法

- ・スポーツ活動を中止し、涼しい場所に移動し（できれば空調が効いた部屋）、やや足を高くして寝かせ、水分を摂取させる
- ・意識や反応がおかしい、自力で水分摂取ができない、時間経過とともに症状が悪くなるなどの徴候があれば、救急車を要請し病院へ搬送
- ・救急車到着までは、以下の方法で周囲の人間が協力し、体の冷却に努める
- ・冷水で体表面を濡らし、板やタオルで送気する。体表面の水分が蒸発したら、また冷水で濡らし送気する。これを繰り返す。首や太ももの付け根、腋の下をアイスバッグで冷却する

日本スポーツ協会のホームページ「熱中症を防ごう」も参考にしてください

## 熱射病が疑われる場合の身体冷却法（氷水浴）

- ・日本スポーツ協会ホームページ  
熱射病が疑われる場合の身体冷却法  
参考動画：<https://youtu.be/g2FZVArhb48>



- ・参考動画  
<https://www.youtube.com/watch?v=sFocmPvWm80>



- ・重要な注意点  
氷水浴は高体温を効果的に下げることができる方法です。しかし、この方法に習熟した医療関係者が現場にいない場合、実施しないで下さい

## 熱中症予防のポイント

- ・WBGTを参考に発症リスクを考慮し柔軟な練習計画を立てる
- ・練習中に給水時間や休憩時間を意図的に取る
- ・体調の悪い日は運動量を減らすか、運動しない
- ・高温環境に体が慣れる（熱馴化）には10-14日かかる  
\*急に暑くなった日や新入部員は要注意
- ・熱中症が1人発症したら、2人目、3人目が出る可能性大
- ・ウェアは通気性や汗の蒸発が良いものを選択
- ・帽子の着用
- ・日本スポーツ協会ホームページ「スポーツ活動中の熱中症予防5か条」も参照のこと

## 推奨される水分摂取方法

- ・試合や練習の4時間前に体重1kgあたり5～7mLの水分摂取
- ・その後排尿なし、または尿の色が濃い時は、2時間前にさらに体重1kgあたり3～5mL摂取する
- ・運動中は1時間当たり400～800mLの水分摂取（ただし競技や気象条件により推奨摂取量は増える）
- ・水だけでなくナトリウム、カリウム、糖分も同時に摂取する。スポーツドリンクでOK
- ・喉が渇いていなくても水分は計画的に摂取する。これをウォーターローディングといいます
- ・運動前後の体重測定を習慣づける。運動後の体重減少はほとんどが脱水によるものなので、減った分の1.5倍を目安にその日のうちに補給する

表 熱中症の症状と重症度分類

分類	症状	症状から見た診断	重症度
Ⅰ度	めまい・失神 「立ちくらみ」という状態で、脳への血流が瞬間的に不十分になったことを示し、「熱失神」と呼ぶこともあります。	熱失神	▲
	筋内痛・筋内の硬直 筋肉の「こむら返り」のことで、その部分の痛みを伴います。発汗に伴う塩分（ナトリウム等）の欠乏により生じます。手足のしびれ・気分の不快	熱けいれん	
Ⅱ度	頭痛・吐き気・嘔吐・倦怠感・虚脱感 体がぐったりする、力が入らない等があり、「いつもと様子が違う」程度のごく軽い意識障害を認めることがあります。	熱疲労	
Ⅲ度	Ⅱ度の症状に加え、意識障害・けいれん・手足の運動障害 呼びかけや刺激への反応がおかしい、体がガクガクとひきつけがある（全身のけいれん）、真直ぐ走れない・歩けない等。 高体温 体に触ると熱いという感覚です。 肝機能異常、腎機能障害、血液凝固障害 これらは、医療機関での採血により判断します。	熱射病	

（日本救急医学会分類 2015 より）

## Newsletter No.35

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター ニュースレター 第35号

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター Sports Medicine Research Center, Keio University

発行日：2020年7月10日

代表：勝川史憲

〒223-8521 横浜市港北区日吉4-1-1 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター TEL:045-566-1090 FAX:045-566-1067 <http://sports.hc.keio.ac.jp/>