

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：32511

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19514

研究課題名（和文）若年アスリートの成熟度変化に基づくトレーニングプログラムの開発

研究課題名（英文）Maturity-based conditioning programs in youth athletes

研究代表者

関根 悠太（Sekine, Yuta）

帝京平成大学・人文社会学部・講師

研究者番号：80761353

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、成熟度の個体差が著しい年代における運動能力、運動器の形態および内分泌機能（ホルモン応答）の成長に伴う変化と運動に対する適応について明らかにすることを目的に行われた。横断的な解析の結果、身体のタンパク同化作用に重要な役割を持つホルモンのトレーニング応答は個体の成熟度によって異なる可能性が示唆された。さらに、対象を思春期の中学生年代に限定して行った縦断的解析においては、テストステロン濃度は成長に伴って増加するものの、トレーニング応答は認められなかった。これらの結果から成長期男子に対するトレーニング目標や変数を身長に検討する必要性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

成熟度の遅速に関わらず、中学生年代の男子におけるホルモンのトレーニング応答は成人に比べて低いことが明らかとなり、成長期という限られた期間におけるトレーニングプログラムの目標設定および変数の選択に対する臨床的な有用性および成長期におけるスポーツ科学研究を進める上で学術的な意義は高いと考えられる。また、成熟度を考慮して安全且つ効果的にトレーニング処方を行うことが求められる指導者、トレーナーに対するトレーニング負荷や目標設定を慎重に検討する必要性の示唆は社会的な意義が高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of the present study was to clarify maturity-based changes in athletic performance, morphology, exercise-induced hormonal responses, and adaptation to exercise among different maturity groups. The results of the cross-sectional analysis suggested that the hormonal response to training, which has an important role in anabolism, may depend on the individual's maturity status. Furthermore, in a longitudinal analysis of the adolescent groups (junior high school age), testosterone levels increased with growth after age at peak height velocity; however, no acute response to body weight resistance training was observed. These results indicated the importance of carefully considering the training load and goal setting for adolescent males.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：成長 コンディショニング 外傷・障害予防 トレーニング 発育発達 成熟度 内分泌応答

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、国際オリンピック委員会より若年アスリートの「科学的根拠に基づいた体力・運動能力向上プログラム」、「個々の成熟度を考慮したトレーニング」を確立する重要性が提言されており (Bergeron et al., 2015), 若年アスリートの成熟度の把握と成長段階に応じたトレーニングプログラムの立案が世界規模で求められている。また、若年者のトレーニング実施の有効性については、多くの系統的レビューおよびメタ解析によって強調されている (Lesinski et al., 2016)。一方で、若年者が安全に、効果的なトレーニングを行うための至適時期はいつなのか、といった問いに対する調査は世界的な課題であり (Myer et al., 2013), 特に、多くのアスリートにおいてトレーニングを実施する目的の 1 つである骨格筋の肥大については、トレーニング刺激によるタンパク同化ホルモンの分泌レベルとの関連が報告されているが、個体の成熟度が運動に対するホルモン応答におよぼす影響について多くは明らかとされていない。

2. 研究の目的

運動に対するホルモン応答の成長に伴う変化について、異なる成熟度を対象とした横断比較および同一個体内における縦断比較を行うこと。

3. 研究の方法

(1) 横断調査

中学生男子 32 名、大学生 12 名を対象に調査を行った。中学生の対象者は最大身長発育 (Peak Height Velocity; PHV) 年齢を推定し、暦年齢が PHV 年齢を下回る場合を pre-PHV, 上回る場合を post-PHV として群分類した (表 1)。唾液サンプルは自体重トレーニング (腕立て伏せ、スクワット、ドロップワイドスクワット、アブドミナルクランチ、カーフレイズ) の実施前後および 15 分後に採取され、テストステロン、コルチゾール、ヒト成長ホルモンを対象物質として分析を行った。また、身体の同化状態の指標としてテストステロンとコルチゾールの比率 (T:C 比) を算出した。得られたデータに対して 2 元配置分散分析 (群×測定時点) を行い、有意な交互作用および主効果が認められた場合は Bonferroni テストを行った。

表 1. 対象者の特徴 (調査 (1))

	中学生 (n=32)		大学生 (n = 12)
	pre-PHV 群 (暦年齢<PHV 年齢, n = 15)	post-PHV 群 (暦年齢>PHV 年齢, n = 17)	
身長(cm)	154.4 (6.3)	167.6 (8.3)	187.1 (5.9)
体重 (kg)	44.3 (6.3)	58.2 (10.8)	81.3 (8.6)
暦年齢 (年)	12.9 (0.6)	13.2 (0.7)	18.1 (0.1)
暦年齢-PHV 年齢 (年)	-0.7 (0.4)	1.4 (1.2)	-

平均値 (標準偏差). PHV: Peak height velocity

(2) 縦断調査

調査 (1) の対象者のうち、反復測定可能であった 15 名を対象とし、初回測定 (ベースライン) 時点における暦年齢と PHV 年齢の差から群分類を行った (表 2)。調査 (1) と同様のプロトコルを用いて 1 年後に再測定を行い、3 要因分散分析 (測定年×測定時点×群) によって成熟度群間・内における差異およびトレーニング応答について縦断的に検討した。

表 2. 対象者の特徴 (調査 (2))

	測定時期	全体 (n = 15)	pre-PHV 群	post-PHV 群
			(暦年齢<PHV 年齢, n = 7)	(暦年齢>PHV 年齢, n = 8)
身長 (cm)	ベースライン	163.1 (7.1)	158.3 (5.4)	167.1 (6.3)
	1 年後	169.0 (6.8)	165.1 (5.6)	172.1 (6.4)
体重 (kg)	ベースライン	51.7 (8.3)	47.5 (6.6)	56.2 (7.9)
	1 年後	58.1 (8.9)	53.2 (4.0)	63.4 (9.5)
暦年齢 (年)	ベースライン	12.9 (0.6)	12.9 (0.6)	13.0 (0.5)
	1 年後	13.9 (0.6)	13.9 (0.6)	14.0 (0.5)
暦年齢-PHV 年齢 (年)	ベースライン	0.2 (0.8)	-0.5 (0.2)	0.8 (0.6)
	1 年後	1.2 (0.8)	0.5 (0.2)	1.8 (0.6)

平均値 (標準偏差). PHV: Peak height velocity

## 4. 研究成果

### (1) 横断調査

#### テストステロン (図 1a)

有意な交互作用が認められ ( $p=0.02$ ), 大学生群はすべての測定時点において pre-PHV 群, post-PHV 群に比べて高値を示し ( $p<0.05$ ), トレーニング 15 分後の有意な増加が認められた ( $p=0.006$ ). 有意差はなかったものの, post-PHV 群のテストステロンレベルは pre-PHV 群に比べて高値を示し, 高い効果量が認められた ( $d=0.94-0.94$ ). これらの結果から, テストステロンのトレーニング応答は生物学的成熟に関連する性腺の発達の個体差に影響を受ける可能性が考えられた.

#### コルチゾール (図 1b)

測定時点の有意な主効果が認められ ( $p<0.01$ ), pre-PHV 群, post-PHV 群においてトレーニング後の有意な減少が認められた ( $p<0.05$ ). 一般的に, コルチゾール濃度はトレーニングなどの身体的ストレスによって上昇するとされるが, 本研究で認められたトレーニング後の有意な減少は自体重トレーニングの負荷が少なかったことやコルチゾールの日内変動が影響を及ぼしたと推察された.

#### ヒト成長ホルモン (図 1c)

測定時点の有意な主効果が認められ ( $p=0.04$ ), post-PHV 群においてのみトレーニング 15 分後における有意な増加が認められた ( $p<0.001$ ). 思春期において骨量増加を促進する機能を有するヒト成長ホルモンは, 長管骨の成長や骨化が活発に生じる PHV 年齢付近の若年者のトレーニング後における同化状態に強く作用する可能性がある.

#### T:C 比 (図 1d)

有意な交互作用が認められ ( $p<0.03$ ), 大学生群 (運動前-運動 15 分後:  $p<0.001$ ) および post-PHV 群 (運動前-運動直後:  $p=0.003$ ; 運動前-運動 15 分後:  $p=0.01$ ) においてトレーニング後の有意な増加が認められたが, 大学生群においてはトレーニング後のテストステロンレベルの増加, post-PHV 群においてはトレーニング後のコルチゾールレベルの減少に影響を受けたと推察された. また, 同一測定時点の群間比較において, 大学生群は pre-PHV 群, post-PHV に比べて有意な高値を示し ( $p<0.001$ ), トレーニング後の身体の同化状態に成熟度が影響する可能性が考えられた.

### (2) 縦断調査

#### テストステロン

有意な 3 要因の交互作用, 測定年および成熟度群の有意な主効果が認められた ( $p<0.05$ ). 両成熟度群において 1 年後の有意な増加が認められたが, post-PHV 群のテストステロンレベルは pre-PHV 群に比べ有意に高値を示した. 横断調査の結果と同様に, 生物学的成熟に関連する性腺発達の個人差の影響が推察された. また, PHV 年齢到達以前の男子における 1 年間の縦断変化について, 成長に伴う自然な増加は認められる一方, 同暦年齢カテゴリーにおける PHV 経過後の男子のテストステロンレベルには達しないことが示された.

#### コルチゾール

測定時点の有意な主効果が認められ ( $p<0.001$ ), 両群ともに運動後の有意な低下が認められ, トレーニングの負荷量, 日内変動の影響について横断調査で報告された結果を支持するものとなった.

#### T:C 比

測定年および測定時点の有意な主効果が認められた ( $p<0.001$ ). post-PHV 群は 1 年間で有意に増加 ( $p<0.05$ ) した一方で, pre-PHV 群においては有意な変化が認められなかった. 両群ともに 1 年後の測定においてトレーニング後の有意な増加が認められた. post-PHV 群で認められたこれらの結果は, テストステロンレベルの縦断的な増加とトレーニング後におけるコルチゾールレベルの有意な減少の相互作用による影響が推察された.

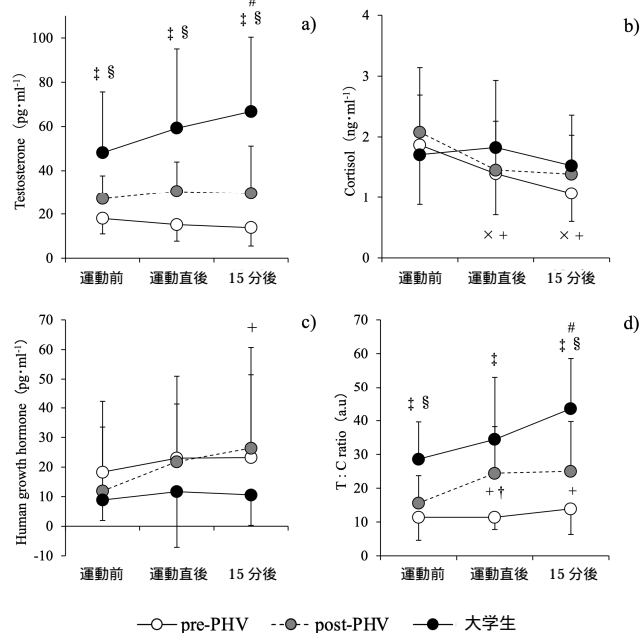


図 1. 自体重トレーニングに対する各ホルモンの急性反応

- a) テストステロン, b) コルチゾール, c) ヒト成長ホルモン, d) T:C 比  
×  $p<0.01$ ; pre-PHV 群における運動前との有意差  
+  $p<0.01$ ; post-PHV 群における運動前との有意差  
#  $p<0.01$ ; 大学生群における運動前との有意差  
†  $p<0.05$ , ‡  $p<0.01$ ; 同測定時点における pre-PHV 群との有意差  
§  $p<0.01$ ; 同測定時点における post-PHV 群との有意差

横断調査の結果から，身体の同化状態に影響を及ぼすホルモンのトレーニング応答は個体の成熟度に影響を受けることが示された．若年者アスリートにおけるトレーニング目標に対する変数設定として，テストステロンやヒト成長ホルモンによるトレーニング後のタンパク同化作用を目的としたトレーニングは，運動パフォーマンス（筋力，パワー，スプリント，跳躍など）向上を目的としたトレーニングに比べて優先度が低い可能性が示唆された．

また，縦断調査の結果から，中学生男子におけるテストステロンレベルの縦断的増加は成長・成熟に伴って自然に生じるものの，トレーニングに対するテストステロンの応答は認められなかった．このことから，成熟度の遅速に関わらず，中学生男子における自体重トレーニングに対するテストステロンの応答は少ないことが示された．

研究課題全体の結果を踏まえ，成熟度に則したトレーニングの処方求められるコーチやトレーナーは、トレーニング負荷や目標設定を慎重に検討する必要性が示唆された．

表 3. 自体重トレーニングに対する各ホルモンの急性反応の縦断変化

群		ベースライン			1年後		
		運動前	運動直後	15分後	運動前	運動直後	15分後
テストステロン (pg/ml)	pre-PHV	19.49 (5.25)	16.76 (8.48)	16.80 (10.42)	30.65 (13.07)	46.93 (29.86) *	40.03 (22.75) *
	post-PHV	25.26 (8.73)	31.54 (16.14)	25.69 (11.53)	56.58 (28.70)**‡	58.37 (21.94) *	59.97 (17.16)**‡
コルチゾール (ng/ml)	pre-PHV	1.54 (0.44)	1.11 (0.13)	1.03 (0.32)	1.89 (0.72)	2.11 (0.83)	1.58 (0.61) ¶
	post-PHV	2.50 (1.46)	2.01 (1.07)	1.63 (1.32) †¶	2.85 (2.33)	2.15 (1.49) †	1.84 (1.48) ‡
T:C 比 (a.u.)	pre-PHV	16.10 (7.33)	16.65 (6.20)	20.29 (11.96)	18.64 (9.57)	25.0 (14.1) †	28.97 (16.32)
	post-PHV	15.05 (8.49)	18.43 (9.90)	28.21 (15.92)	34.28 (30.75) *	38.18 (27.22)**†	54.6 (43.34) †‡

\* p<0.05 \*\* p<0.001; 同測定時点における群内の縦断変化

† p<0.05 ‡ p<0.01; 群内における運動前との有意差

¶ p<0.05; 群内における運動直後との有意差

‡ p<0.05; 同測定時点における pre-PHV 群との有意差

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Sekine Yuta, Kamada Kotaro, Koyama Takeshi, Hoshikawa Seigo, Ito Eri, Uchino Sayuri, Komatsu Takayuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Effect of the COVID-19 Pandemic on Lower Extremity Injuries in Japanese Collegiate Men's Basketball Players	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Orthopaedic Journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/23259671231173367	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Sasabe Koki, Sekine Yuta, Hirose Norikazu	4. 巻 20
2. 論文標題 The Relationship between Motor Ability and Change-of-Direction Kinematics in Elite College Basketball Players	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Sport and Health Science	6. 最初と最後の頁 175 ~ 180
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5432/ijshs.202205	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yuta Sekine, Norikazu Hirose	4. 巻 34
2. 論文標題 Maturity-Associated Variations in Resistance Exercise-Induced Hormonal Responses in Young Male Athletes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Pediatric Exercise Science	6. 最初と最後の頁 28-35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1123/pes.2020-0170	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yuta Sekine, Kotaro Kamada, Takeshi Koyama, Seigo Hoshikawa, Sayuri Uchino, Takayuki Komatsu	4. 巻 9
2. 論文標題 Descriptive epidemiology of injuries in Japanese collegiate men's basketball: 2013/2014 to 2019/2020	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Injury Epidemiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40621-022-00368-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 関根悠太, 広瀬統一	4. 巻 26(2)
2. 論文標題 異なる成熟度の日本人若年男子バスケットボール選手における形態および運動能力の差異	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本成長学会雑誌	6. 最初と最後の頁 63-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Yuta Sekine
2. 発表標題 Maturity-Associated Longitudinal Variations in Resistance Exercise-Induced Acute Hormonal Responses in Young Male Athletes
3. 学会等名 The National Strength & Conditioning Association 2023 National Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関根悠太, 伊藤恵梨, 鎌田晃太郎, 小山孟志, 星川精豪, 内野小百合, 小松孝行
2. 発表標題 関東大学バスケットボール連盟医科学部外傷・障害疫学調査プログラムによるコロナ禍 (2020/21, 2021/22シーズン) における下肢の外傷・障害報告
3. 学会等名 第33回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鎌田晃太郎, 関根悠太, 伊藤恵梨, 小松孝行, 小山孟志, 星川精豪, 内野小百合, 広瀬統一
2. 発表標題 関東大学バスケットボール連盟に所属する男子バスケットボール選手を対象にした慢性足関節不安定症の有病率の調査
3. 学会等名 第33回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鎌田晃太郎, 関根悠太, 広瀬統一
2. 発表標題 慢性足関節不安定症(CAI)有症者と健常足の跳躍能力の違い
3. 学会等名 NSCAジャパンS&Cカンファレンス2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鎌田 晃太郎, 関根 悠太, 小松 孝行, 小山 孟志, 広瀬 統一
2. 発表標題 コロナ禍における活動制限が大学男子バスケットボール選手の傷害発生に及ぼした影響
3. 学会等名 日本アスレティックトレーニング学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------