

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 9 月 18 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500764

研究課題名(和文) 女性アスリートの方向転換能力向上要因分析と年代別トレーニングプログラム構築

研究課題名(英文) The effective training strategy for improving change of direction performance in female athletes.

研究代表者

広瀬 統一 (Hirose, Norikazu)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：00408634

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は中学生から成人にかけて方向転換能力の発達要因を体力と動きの観点から明らかにし、効果的な方向転換能力向上のためのトレーニングプログラムを構築することを目的とした。その結果、方向転換能力は中学生から高校生期に著しく向上すること、そしてその向上は形態、スピード、筋パワーの変化とは年代にかかわらず関連せず、特異的な変化であった。一方、動作分析では減速期から停止期にかけて要する時間が短く、単位時間当たりの重心移動量が大いことが方向転換スピードに関連し、この動作を改善する下肢3関節を瞬間的に屈曲させるトレーニングを導入した。その結果コントロールに比して顕著な方向転換能力の向上が示された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to provide effective training for improving change of direction performance (CODp) of female athletes. For this purpose, we analyzed the development of CODp from junior-high-school age to adult and the correlation among CODp and body size, sprint speed, and muscular power. In addition, we investigated the relation between kinematic characteristics during COD maneuver and CODp. Consequently, CODp considerably improved from junior-high-school to high-school age. This improvement had only a weak correlation with body size, sprint speed, and muscular power, regardless of age category. Moreover, shorter contact time during deceleration and the stop phase correlates with a faster COD. Quick movement of the center of body mass (COM) toward Z axis (downward)/sec. during the deceleration phase increases the COD speed. Thus, we planned a training procedure to control COM, and this program effectively improved CODp of female athletes.

研究分野：アスレティックトレーニング

キーワード：方向転換能力 アジリティ 女性アスリート トレーニング

### 1. 研究開始当初の背景

方向転換能力は男女問わず球技系アスリートの競技力に強く関係するため、効果的な能力向上のためのプログラムを立案、継続的にトレーニングを実施する必要がある。一方で体力・運動能力や発達の男女差があるにも関わらず、女子アスリートの方向転換能力向上のための効果的なトレーニングプログラムについて言及したものは限られている。

### 2. 研究の目的

本研究は中学生から成人にかけて方向転換能力の発達要因を体力と動きから明らかにし、効果的な方向転換能力向上のためのトレーニングプログラムを構築することを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究は5つの研究で構成されている。まず成長期から成人にかけてのエリート女子サッカー選手を対象に、どの時期に方向転換能力の発達が顕著であるかを横断的に検討した(研究1)。<方向転換能力変化時期の同定>

次に方向転換能力は先行研究においてスピード、下肢筋機能、形態、テクニックの4つの要因で構成されることが示されていることから、年代毎にどの運動能力要素との関連が強いかを横断的(研究2-1;成人、2-2;成長期)縦断的(研究3)に検討した。<方向転換能力変化要因の検討-運動能力の観点から->

さらにテクニックを身体制御能力ととらえ、方向転換動作中の下肢関節および重心変位の変化と方向転換動作の遅速との関係を検討した(研究4)。<方向転換能力変化要因の検討-キネマティクスの観点から->

そして研究2~4で得られた結果をもとに方向転換能力向上プログラムを作成し、有用性について介入研究を実施した(研究5)。<方向転換能力プログラムの有用性の検討>

以下にそれぞれの研究方法について記す

#### 【研究1】

中学生から成人のエリート女子サッカー選手(135名;12.2~25.4歳)を対象にし、形態(身長、体重、除脂肪体重)および運動能力(10m×5走、10m走、5段跳び)の横断的变化を一元配置分散分析および多重比較検定を用いて分析した。また10m×5走タイムとその他の測定項目との相関関係をピアソンの相関分析および重回帰分析を用いて検討した。統計学的有意水準は危険率5%未満とした。また相関係数については先行研究に基づき $r^2 > 0.5$ を強い相関とした。

#### 【研究2-1、2-2】

研究2-1の対象は本邦のトップリーグチームに在籍する成人男女エリートサッカー選手73名(女子33名;平均年齢 $23.2 \pm 2.2$ 歳、男子40名; $24.7 \pm 4.4$ 歳)であった。また研究2-2の対象はJリーグあるいはなでしこリーグチームの育成組織に所属する競技レベルの高い男女サッカー選手188名(男子128名、女子60名)であった。

測定項目は10m×5走、10m走、5段跳び、身長、体重、除脂肪体重(LBM)であり、各変数をスターティングメンバー(Elite)vsサブメンバー(Sub-elite)をTテストで検討した上で、効果量も算出した。また、各項目間の相関をピアソンの相関分析を用いて検討し、男女間で比較した。統計学的有意水準は危険率5%未満とした。また相関係数については先行研究に基づき $r^2 > 0.5$ を強い相関とした。

#### 【研究3】

本研究では45名の中学生から高校生のエリート女子サッカー選手を対象に、形態(身長、体重)および運動能力(10m走、10m×5走、5段跳び、スクワットジャンプ、カウタームープメントジャンプ)の年間変化の年代比較を一元配置分散分析および多重比較検定で、また10m×5走と各測定項目間の相関関係をピアソンの相関分析を用いて分析した。尚、年代はU13-U15、U15-U17、U17-18の3グループに分類した。統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

#### 【研究4】

対象は中学生から大学生の18名のエリート女子サッカー選手であった。測定課題を10m×5走とし、両側の肩峰、上前腸骨棘、大腿骨大転子、膝蓋骨中央、膝関節内・外側裂隙、内・外果、踵骨、足関節中点にマーカーを貼付した上で、全力で行った。尚、重心点の算出は阿江(1983)の方法を用いて算出した。画像の取得はハイスピードカメラ(FX-1, Casio社製)で行い、得られた画像を3次元動作解析ソフト(Frame DIAS, DKH社製)で分析した。図2に示すように方向転換動作を最終減速期、停止期、加速期に分類し、それぞれの期における重心位置・変位と左右の膝関節屈曲角度を分析した。さらに各期に要する時間を算出し、単位時間あたりの重心変位量および角度変位量も算出した。加えて、身長・体重および10m走タイムの測定も行った。

#### 【研究5】

本研究では研究4までの結果をもとにしたトレーニングプログラムの介入と、それによる変化をコントロール群と比較検討し、効果的なエリート女子サッカー選手の方向転換能力向上プログラムを構築することを目的とした。特に研究1、3で明らかになった、

発達著しい高校生年代のエリートサッカー選手への介入を行った。

トレーニング介入は13名の高校生女子サッカー選手のうちフィールドプレーヤーに対して行い、そのうち介入期間に傷害発症がなく、また介入前後の測定に参加できた8名を解析対象とした。一方、コントロール群である同年代の女子サッカー選手10名は通常練習のみを行った。尚、方向転換能力向上のトレーニングとして減速から停止局面に要する時間短縮と単位時間当たりの重心変位を多くするためのコアトレーニング(フロントベンチ、サイドベンチ)、トリプルフレクションのトレーニング(クロスジャンプ、ハックサイドランジ、ツイストスプリットジャンプ)、減速のトレーニング(ワンステップストップ)を16週間実施した。トレーニング前後に10m×5走、40m走(10m、40m地点での測定)、5段跳び、スクワットジャンプ(SJ)、カウタームープメントジャンプ(CMJ)の測定を行い、変化量を算出し、両群でT検定を用いて比較検討した。統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

#### 4. 研究成果

【研究1】10m×5走で評価された方向転換能力は対象年代を通じて変化し(F = 10.41, p<0.01) 特に16歳から17歳(12.46秒 vs 11.91秒; p<0.01)を中心とした高校生年代に顕著に変化することが示された。また10m×5走タイムに対して高校生および成人では10m走と5段跳びが弱い相関を示すのに対し、中学生年代では10m走のみが有意な相関を示した(表1-1)。しかしながらいずれの項目も説明変数(r<sup>2</sup>)が0.5を下回ることから、基本的には10m×5走で示される方向転換能力はスピードやパワーとは独立した運動能力であり、年齢が高くなるにつれて筋パワーの向上が方向転換能力向上に貢献する可能性が示された。

【研究2-1、2-2】男女ともに10m×5走(male; p<0.01, female; p<0.05)およびバウンディング(p<0.01)でElite群がSub-elite群よりも有意に優れた値を示した(表2-1)。

また、10m×5走とその他の項目との相関では、男子では体重、10m走、5段跳びが、女子では10m走と5段跳びが有意な相関を示した(表2-2)。ただしいずれも説明係数(r<sup>2</sup>)が0.5未満であり、強い相関ではなかった。

表2-1. Average (+/- s.d.) age and anthropological and motor performance measurements in elite and sub-elite age group

	Female		d	Male	
	Elite	Sub-elite		Elite	Sub-elite
Age (year-old)	23.5 ± 2.5	23.0 ± 2.0	0.24	26.8 ± 4.0**	22.8 ± 4.0
Body height (cm)	162.0 ± 4.5	163.5 ± 3.8	0.37	178.0 ± 4.5	176.2 ± 6.7
Body weight (kg)	56.0 ± 3.7	57.4 ± 4.3	0.35	73.9 ± 6.5*	69.2 ± 6.8
LBM (kg)	46.4 ± 3.0	46.8 ± 3.4	0.12	69.7 ± 7.8	66.8 ± 6.4
10m sprint (s)	1.96 ± 0.01	2.01 ± 0.10	0.61	1.75 ± 0.08*	1.80 ± 0.08
5-step bounding (m)	10.57 ± 0.44**	10.06 ± 0.41	1.23	13.03 ± 0.54**	12.57 ± 0.50
10m×5 COD (s)	11.63 ± 0.28*	11.88 ± 0.31	0.87	10.78 ± 0.26**	11.05 ± 0.27

表2-2. Pearson's correlation coefficient and coefficient of determination (r<sup>2</sup>) analysis of 10m×5COD performance and other anthropological and motor performance measurements in male (upper column) and female (lower column) soccer players.

Correlation	Body height	Body mass	LBM	10m sprint	5 step bounding	10m×5 COD
Body height		<b>0.845**</b>	<b>0.683**</b>	0.080	0.103	-0.144
Body weight	<b>0.687**</b>		<b>0.820**</b>	0.045	0.141	<b>-0.346*</b>
LBM	<b>0.734**</b>	<b>0.859**</b>		0.146	-0.012	-0.184
10m sprint	0.057	-0.078	-0.156		<b>-0.541**</b>	<b>0.536**</b>
5 step bounding	0.106	0.155	0.291	<b>-0.670**</b>		<b>-0.497*</b>
10m×5 COD	-0.107	-0.095	-0.273	<b>0.621**</b>	<b>-0.542**</b>	

Upper column = male; Lower column = female

\*p<0.05, \*\*p<0.01

また、成長期選手を対象とした場合には、男子では全ての体力および形態要素と有意な相関を示し(p<0.01) 特にLBMや5段跳びの相関係数が高かったのに対し、女子ではLBM(p<0.05) 10m走、5段跳び(p<0.01)のみ有意な相関を示し、特に10mスプリントが10m×5走と中程度の相関を示した(表2-3)。

表2-3. Pearson's correlation coefficient and coefficient of determination (r) analysis of 10m×5COD performance and other anthropological and motor performance measurements in male and female adolescent soccer players.

	Height	Mass	LBM	10m sprint	Bounding
Female	-0.14	-0.11	<b>-0.31*</b>	<b>0.56**</b>	<b>-0.36**</b>
Male	<b>-0.45**</b>	<b>-0.56**</b>	<b>-0.68**</b>	<b>0.56**</b>	<b>-0.61**</b>

以上より、競技レベルの高いサッカー選手を対象にした場合にも、10m×5走はEliteとSub-eliteを分ける重要な体力要素であることが示され、この能力向上が競技力向上にとって重要であることが示された。一方、成人選手の場合には男女ともに10m×5走タイムにはスピードと筋パワーが弱い相関を持ち、男子では体重との相関を認めたもののその係数は非常に低く、少なくとも男女で同様の傾向を持つ可能性が示唆された。また、成長期の選手では成人選手と異なり10m×5走とその他の体力要素との関係には男女差があり、特に女性では10m走タイムが強い相関を示すことが示された。一方、バウンディングやLBMなど筋量や筋パワーに関する変数は弱い相関しか示さず、有している筋量や筋パワーを方向転換能力に生かせていない可能性が示唆された。

【研究3】10mおよび10m×5走は各年代の年間変化量に有意な差は認められなかった。しかし10m×5走はU13-U15、U15-U17、U17-U18でそれぞれ年間に0.34秒、0.24秒、0.19秒の短縮を示しており、年齢をおうごとに短縮量は少なくなるものの、継続的な短縮が認められた(図3-1)。また、年代毎に10m×5走とその他の測定項目との相関をみると、U13-U15ではスクワットジャンプの年間変化量と相関を有し(r = 0.50, p<0.05) U15-U17では5段跳び(r = 0.55, p<0.05)そしてU17-U18ではどの項目とも相関を有していなかった。ただし、いずれの年代においても説明変数はr<sup>2</sup><0.5であり、スクワットジャン

プや5段跳びのような筋パワーの変化も10m×5走の年間変化を強く説明するものではないものと解釈できる。以上より、中学生および高校生年代で方向転換能力を向上させる際には、そのための特異的なトレーニングが必要であることが示唆された。

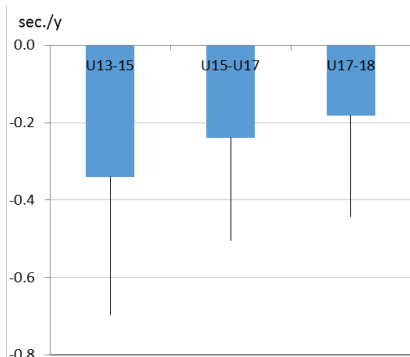


Figure3-1 : Annual improvement of 10×5 COD performance

【研究4】停止から加速期に要する時間が短い選手は10m×5走タイムも有意に速いことが示された ( $r=0.67$ ,  $p<0.01$ ; 図4-1a)。さらに、最終減速期から停止期にかけての単位時間あたりの重心変化が大きい選手の10m×5走が有意に速かった ( $r=0.54$ ,  $p<0.01$ ; 図4-1b)。一方、10m走と10m×5走には有意な相関が認められなかった。以上より、減速-停止-加速局面の接地時間が短く、この間に素早く重心を変移(低く)できるようなテクニックを身につけることが方向転換能力向上に必要であることが示唆された。

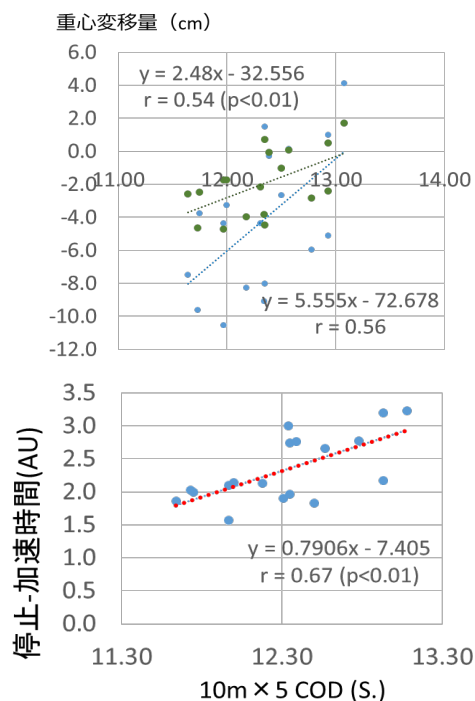


Figure4-1-a,b: Correlation between 10m×5COD and time of stop-acceleration (a; upper) and center of mass (b; lower).

【研究5】介入群の10m×5走タイムは0.47秒の向上を示し、コントロール群の0.18秒よりも有意( $p<0.05$ )に大きな向上を示した。尚、研究1および研究3の結果において高校生年代の年間変化量が0.19秒であることから、コントロール群の変化量は成長過程における妥当な変化であり、トレーニング介入によってその変化を有意に上回る方向転換能力の改善が見込めることが明らかとなった。一方、スプリントおよびジャンプパフォーマンスには期間中の有意な向上は見られず、両群間の変化量にも有意差は認められなかった。このことは、方向転換能力はスプリントやジャンプ能力からは独立した運動能力要素であり、特異的なトレーニングが必須であることを示唆する。

以上の結果から、COD向上プログラムとして減速から停止局面の接地時間短縮と急激な重心変移のためのコアトレーニング、トリプルフレクション、減速フットワークのトレーニングを導入することで、効果的にエリート女子サッカー選手の方向転換能力向上を達成できることが示された。

#### 【本研究の限界】

本研究の限界として、対象者数が少なく、競技力が高い選手を対象として研究を進めてきたため、本知見を一般化するためにもより幅広い年齢や競技レベルの選手を対象に研究を進めることが必要である。また測定方法により方向転換能力とその他の運動能力との関係が異なる可能性は考慮しなくてはならない。今後より多様な測定種目間での検討も必要となるだろう。

このようにいくつかの研究上の限界はあるものの、方向転換能力の変化は年代にかかわらず、他の運動能力要素とは異なり特異的に発達することが示されたこと、そして先行研究で示されているようにストレングストレーニングだけを用いるよりも、減速局面の身体制動能力を高めるトレーニングを加えることで、より効果的に方向転換能力が向上できることが明らかになった点で、本研究成果は女子アスリートの競技力向上に大きく貢献できるものと考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

Hirose N, Nakahori C. (2015). Age differences in change of direction performance and its sub-elements in female soccer players, *Int J Sports Physiol Perform*, 10, 440-445. (査読あり)

広瀬統一、峯田晋史郎. (2015). アジリティおよび身体バランスのトレーニング、*臨床スポーツ医学*, 32(2), 172-185. (査読なし)

Hirose N, Seki T. (2015). Two-year changes in anthropometric and motor ability values as talent identification indexes in youth soccer players. J Med Sci Sports, [Epub ahead of print]

柳下幸太郎、広瀬統一. (2013). 骨盤傾斜の変化が動作の遅速に及ぼす影響, スポーツ科学研究 10. 198-208. (査読あり)

広瀬統一 (2012). 女性アスリートのトレーニング - 女子サッカー選手の方向転換能力 -, JATI EXPRESS 31, 26-27. (査読無)

〔学会発表〕(計8件)

Hirose N, Nakahori C. (2014). Age differences in the change of direction ability in elite female soccer players in various age categories. 4<sup>th</sup> World Conference on Science and Soccer. University of Portland.

広瀬統一、星川精豪、島田真梨子. (2014). 女子サッカー選手の方向転換動作の横断的变化. 日本アスレティックトレーニング学会. 名古屋国際会議場

伊藤亮輔、広瀬統一. (2013). 足関節機能的不安定性が方向転換動作に与える影響, 日本フットボール学会. 東海大学

広瀬統一、関大悟、中堀千香子. (2012). 成長期女子サッカー選手の方向転換能力の横断的变化と要因検討, 日本フットボール学会. 国立スポーツ科学センター

広瀬統一、中堀千香子、関大悟、津越智雄. (2012). 男女エリートサッカー選手の方向転換能力の横断的变化とトレーニングに関する考察" 日本アスレティックトレーニング学会. 笹川財団記念会堂

広瀬統一. (2012). 世界で闘うためのフィジカルコンディショニング" 日本フットボール学会 (招待講演). 国立スポーツ科学センター

広瀬統一. (2012). 女子サッカー選手のアジリティトレーニング" SAQ シンポジウム(招待講演). 大宮ソニックシティ

広瀬統一. (2012). 世界で闘うためのフィジカルコンディショニング" National Strength and Conditioning Association Japan(招待講演). 早稲田大学

〔図書〕(計2件)

広瀬統一. (2014). 競技における素早さ(福林徹、小林寛和編「競技種目特性からみたリハビリテーションとリコンディショニング」,

文光堂) pp.52-61.

広瀬統一. (2012). わかる! スポーツ傷害(福林徹、鹿倉二郎 監訳); スタティックストレッチング、固有受容器エクササイズ、プライオメトリックエクササイズ、テストエクササイズ、南光堂、pp.240-263.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

広瀬統一 (HIROSE Norikazu)  
早稲田大学スポーツ科学学術院 教授  
研究者番号: 00408634

(2) 研究分担者

中村千秋 (NAKAMURA Chiaki)  
早稲田大学スポーツ科学学術院 准教授  
研究者番号: 30180376

以上