

鉄棒運動における前方支持回転のポイント

Investigation of the Point of Hip Circle Forward in Bar Exercises

次世代教育学部こども発達学科

小崎 遼介

KOZAKI, Ryosuke

Department of Early Childhood Development

Faculty of Education for Future Generations

株式会社内田洋行

広野 健

HIRONO, Ken

UCHIDA YOKO CO., LTD

岡山大学学術研究院教育学域

高橋 徹

TAKAHASHI, Toru

Graduate School of Education

Okayama University

中国学園大学

加賀 勝

KAGA, Masaru

Chugoku Gakuen University

要旨：本研究では、大学生94名を対象に、前方支持回転の成功者と失敗者の動作特徴を明らかにし、未習得者が前方支持回転を習得するにあたって改善すべきポイントをバイオメカニクスの知見から提示することを目的とした。失敗者を回転から約270°回転して落下した失敗A群と回転から約315°回転してから落下した失敗B群に分類した。成功群と比較して、失敗A群では回転前半及び後半での回転速度が低値、失敗B群では回転後半での回転速度が低値であった。前方支持回転の成功に関して、失敗A群では回転前半での回転速度の獲得、失敗B群では回転後半での回転速度の維持が課題として挙げられ、成功するために、回転前半での膝関節の屈曲や回転後半での腰関節の屈曲などのポイントが挙げられた。

Abstract： The objective of this study was to clarify the movement characteristics of successful and unsuccessful hip circle forward in 94 university students, and to suggest points to be improved for unlearned students to learn hip circle forward from biomechanical viewpoints.

Failures were classified into two groups: Failure A, who rotated approximately 270° from the rotation and then fell, and Failure B, who rotated approximately 315° from the rotation and then fell. Compared to the success group, the Failure A group had lower rotational velocities in the first half and second half of the rotation, and the Failure B group had lower rotational velocities in the second half of the rotation. With regard to the success of the hip circle forward, the challenges for the Failure A group were gaining rotational speed in the first half of the rotation and maintaining rotational speed in the second half of the rotation for the Failure B group, and the key points for success were knee joint flexion in the first half of the rotation and hip joint flexion in the second half of the rotation.

キーワード：学校体育、鉄棒運動、前方支持回転、バイオメカニクス

Keywords： school physical education, horizontal bar exercise, hip circle forward, biomechanics

1. 緒言

前方支持回転は、「支持の姿勢から腰と膝を曲げ、体を前方に勢いよく倒して腹を掛けて回転し、その勢いを利用して手首を返ししながら支持の姿勢に戻る」技

とされる（文部科学省，2018）。前方支持回転をバイオメカニクスの説明すると、回転の前半において位置エネルギーが最下点（頭部が真下の時点）で運動エネルギーに変換され、後半はその逆に運動エネルギーが位置エネルギーに変換される運動であるといえる

(岡, 1987; 土屋, 2021)。また, 前方支持回転を習得するためのポイントについては, 石田 (1980), 金子 (1984), 岡 (1987), 日高・具志堅 (1990), 土屋 (2021) など, 多くの報告がある。これらの報告では, 前方支持回転を習得するためのポイントとして, 回転開始局面で上半身を伸ばし, 勢いよく回転して大きな回転速度を得ること, 回転後半局面において背中や頸部を屈曲させ回転前半で得た回転速度を減少させないこと, 回転終末局面において手首を返し腕立ての状態にすることが挙げられており, 金子 (1984) はそれぞれ回転開始の技術, 前屈技術, 握り直しの技術として挙げている。このように, 前方支持回転のポイントは多数報告されており, ポイントが明確にされている。

前方支持回転の習得率について, 小学生669名を対象とした鉄棒運動の習得状況の調査 (会沢他, 1979) によれば, 男女共におよそ50%に留まることが報告されている。また, 教員養成課程の大学生を対象とした調査でも, 佐藤他 (1986) は207名のうち習得できていなかった者が男性で54.3%, 女性で77.8%であること, 中野・田村 (2019) は, 126名のうち約90%の学生が習得できていないことを報告している。調査の対象者や習得とする判断基準が様々であるため, 習得率には違いがあると考えられるが, 前方支持回転の習得率は高いとはいえない。

習得率が低い一因として, 学校体育において鉄棒運動の学習の機会が減少していることが考えられる。後藤・加賀 (2022) は, 教員志望学生122名を対象に, 学校体育における器械運動種目の実施状況についての調査を行い, 小学校ではマット運動が98.4% (120名), 跳び箱運動が98.3% (120名), 鉄棒運動が90.2% (110名) であること, 中学校では, マット運動が83.6% (102名), 跳び箱運動が50.0% (61名), 鉄棒運動が24.6% (30名) であったことを報告している。小学校から中学校へと学校種が上がるにつれて鉄棒運動の実施頻度が減少することから, 鉄棒運動が中学校以降の学校現場で実施されにくい種目であることが分かる。つまり, 小学校の段階で前方支持回転が習得できなかった子どもは, 中学校以降では学習機会が少なく, 習得の機会が失われている。

また, 清水他 (2019) の小学校教員138名を対象にした調査では, 小学校教員の6割から7割近くの教員が器械運動の指導に対して苦手意識を持っており, 特に鉄棒運動, 跳び箱運動, マット運動の順番で苦手意識を持っていると報告している。そのため, 鉄棒運動は, 多くの指導者が根本的に苦手意識を持っていると

考えられる。

したがって, 前方支持回転の未習得者が多い原因として, 鉄棒の実施頻度が減少することや, 指導者が苦手意識を有していることが考えられる。加えて, 習得率が低いことを考慮すると, 前方支持回転は難易度の高い技であるといえる。

上述のように, 習得率の低さには各要因があるが, 本研究では, 前方支持回転の未習得者の動作に着目した。先行研究において, 前方支持回転の習得者と未習得者の動作を比較し, 未習得者が技を習得できるようになるためのポイントを示した報告は見当たらない。前方支持回転の未習得者の動作特徴が明らかとなれば鉄棒運動の指導に苦手意識をもつ指導者に対して有効な手立てとなることが期待される。そのため, 体育授業において前方支持回転の習得率を向上させるために, まずは, 前方支持回転の成功試技と失敗試技の動作特徴を明らかにすることが必要である。未習得者が習得にあたって改善すべきポイントを先行研究と裏付けることで, 前方支持回転の習得に関わる資料を提示することができると考えられる。

そこで本研究では, 前方支持回転の成功者と失敗者の動作特徴を明らかにし, 未習得者が前方支持回転を習得するにあたって改善すべきポイントをバイオメカニクスの知見から提示することを目的とした。

体操競技や器械運動の回転技のバイオメカニクスの研究では, 回転技を分析する際の評価指標 (物理量) として回転力 (トルク) や角運動量を用いることが多い (山田他, 2003; 鴻巣他, 2018)。しかし, これらの物理量は慣性モーメントや角加速度の算出が求められる。したがって, 指導場面においてバイオメカニクスの手法を用いて動作分析を行うことは非現実的であると考えられる。上述した前方支持回転を習得するためのポイントを示した多くの報告以外にも, 鈴木 (1990) の後方支持回転における肩の回転速度に関する研究や, 松下他 (2007) の前方支持回転における最高速度出現期に関する研究のように回転速度を評価指標とする例も多くみることができる。本研究では, バイオメカニクスの知見を有さない者でも理解が容易いように, 回転に関する評価指標として複雑な計算を要さない回転速度を用いた。

2. 方法

2.1. 対象者

対象者は, 前方支持回転ができる者とできない者の

動作を比較するため、運動経験を考慮せず、無作為に選んだ大学生94名（年齢 20.6 ± 1.7 歳，男性：62名，女性32名）であった。なお，前方支持回転は技巧的な技であることから筋力と技の成否の関連は小さく，性別による差はないこと（石田，1980），小学校において，遊びの中で鉄棒に触れる機会が多い女子の方が上手な子が多い場合もあること（下山，2010，p.51）が報告されていることから，本研究では分析にあたって対象者の性別を分けていない。

2.2. 対象試技

対象試技は前方支持回転とし、『小学校学習指導要領解説体育編（2018）』の前方支持回転の説明を参考に成功と失敗を定義した。成功試技は、「支持の姿勢から回転を始め，再び支持の姿勢に戻れた」とし，失敗試技は、「支持の姿勢から回転を始め，途中で腰が鉄棒から離れ落下した」とした。対象者には，正面支持の姿勢から試技を行うように指示をした。試技は5回行い，その試技を撮影し，成功の可否に関わらず試技の中で最も出来栄の良い1試技を筆者が選定し，分析を行った。

2.3. 失敗試技の分類

失敗試技について，佐伯・鋤柄（2002）は前方支持回転の全体経過図を示しており，その中で回転後半において肩と腰が水平になった時点で腕立て支持になることができず腰が落下し始める失敗者の動作例を示している。加えて，岡（1987）は不成功者が成功に至る習熟課程における運動経過を図で示しており，回転後半で肩と腰が水平となった時点からさらに約 45° 回転した時点で腕立て支持になることができず腰が落下し始める失敗者の動作例を示している。

そこで本研究では失敗試技について，上体が約 270° 前方に回転して上体が床と水平になった時点で落ちた対象者を失敗A，上体が約 315° 前方に回転し，上体と床が約 45° になった時点で落ちた対象者を失敗Bとした。なお，正確に 270° 及び 315° で落下した対象者ばかりではなかったため，選別の基準として，失敗A群は $270 \pm 10^\circ$ ，失敗B群は $315 \pm 10^\circ$ とし，これらの範囲から逸脱した対象者は分析から除外した。

本研究において，成功群は33名（35.1%），失敗群は61名（64.9%）であった。さらに，失敗群のうち，失敗A群は30名（31.9%），失敗B群は31名（33.0%）であった。

2.4. 撮影方法

実験の概略を図1に示した。実験試技は対象者の左側方から高速ビデオカメラ（Nikon社製）1台で撮影を行った。鉄棒の高さは約1.2mとし，回転方向は撮影位置から見て反時計回りであった。ビデオカメラのフレームレートは，120frames/s，シャッタースピードは $1/640$ s，動作分析範囲は，水平方向（X軸），鉛直方向（Y軸）ともに2mとした。

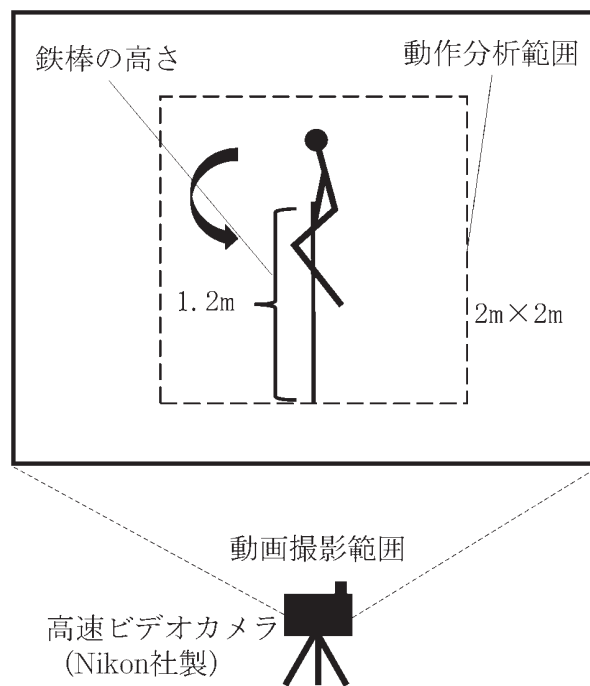


図1 実験の概略

2.5. 分析方法

DKH社の動画分析ソフト「FLAME-DIAS V」を用いて，人体測定点（頭頂，耳珠点，胸骨上縁，左肩，左手先，左大転子，左膝，左足首）の座標を読み取り，2次元DLT法で二次元座標に変換後，各関節（首，腰，膝）角度及び上体の角速度を算出し分析した。各関節角度定義は，図2に示した。回転速度を評価する指標として，上体の角速度を計測した。上体の角速度については，頭頂と左手先をつなぐ線とY軸（鉄棒の支柱）のなす角度の角速度とし，反時計回りの方向を+とした。分析対象とした動作範囲は，始点を予備振動後の上体が倒れ始めた時点，終点を回転が完全に停止した時点とした。

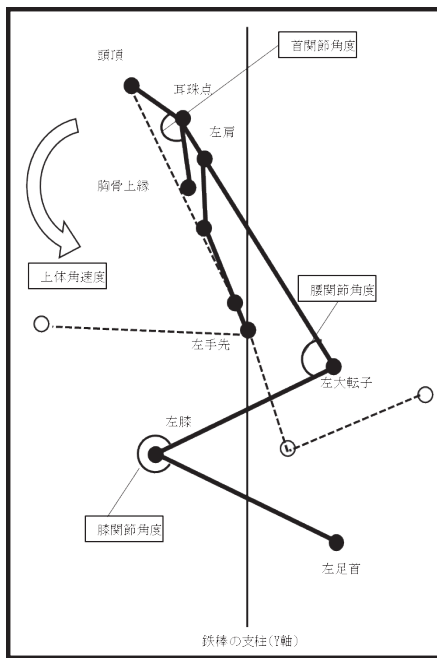


図2 関節角度定義

2.5.1 動作分析点

金子 (1984) は、前方支持回転の技術として回転開始の技術、前屈技術、握りなおし技術を挙げている。また、中島 (1974) は、運動開始から運動終末の腕立て姿勢になるまでの前方支持回転の運動経過を肩、腰、頸と鉄棒の位置関係を7局面から分類し、提示している。これらの報告を参考として動作分析点を設定した。

本研究では、金子 (1984) の回転開始の技術と前屈技術に関わる局面として、運動開始の局面、回転前半の上体が水平となった局面、回転中間の上体が床と垂直になった局面、回転後半の再び上体が水平になった局面を採用した。また、加えて、中島 (1974) が運動の経過の局面として、回転後半で肩と腰が水平になった時点の次の局面として、回転後半において腕立て支持になることができず落下し始める時点とを挙げ、上体が水平となり落下する局面よりさらに回転が継続する局面があることを示唆している。そのため、本研究では、回転後半の再び上体が水平になった局面の次の局面として、上体が約315°前方に回転し上体と床が約45°になる局面を設定し、終末局面とした。本研究の動作分析範囲として、以上の5局面を採用し、表1及び図3に示した。それぞれの局面をI期、II期、III期、IV期、V期と表した。

表1 本研究における動作分析点

	選定基準
I期	運動開始の局面 上体が前方に倒れ始めた時点
II期	回転前半の局面 上体が約90°前方に回転し、上体が床と水平になった時点
III期	回転中間の局面 上体が180°回転し、上体が床と垂直になった時点
IV期	回転後半の局面 上体が約270°前方に回転し、上体が床と水平になった時点
V期	回転終末の局面 上体が約315°前方に回転し、上体と床が約45°になった時点
成功	成功の局面 鉄棒に支持の姿勢になった時点

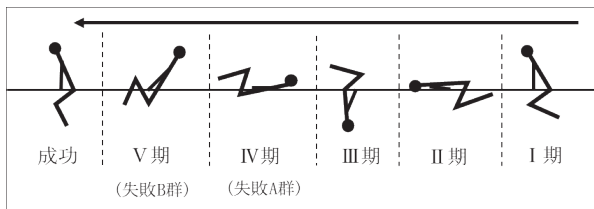


図3 動作分析点と概要

2.6. 統計

得られたデータは、統計ソフト (JASP version 0.17.30) を用いて統計処理を行った。成功群と失敗A群、失敗B群間におけるI期からIV期の平均の差の比較は一元配置分散分析を行い、各群の多重比較検定にはBonferroni法を用いて分析を行った。なお、失敗A群ではIV期の時点で腰が鉄棒から離れ落下するため、V期の値は存在しない。そのため、成功群と失敗B群間のV期での平均の差の比較は、対応のないt検定を行った。いずれも危険率5%未満をもって有意とした。

2.7. 倫理的配慮

対象者に対しては、測定趣旨及び内容を、書面と口頭で説明した。さらに、測定への不参加、測定中での中断、事後での同意撤回が可能、それらにより不利

益を被らないことについての説明を行った。説明し同意を得た後に、協力を得た。対象者は全員、成人しており、身体的な負荷の少ない実験のため倫理審査を経していない。

3. 結果

3.1. 上体角速度について

表2及び図4に、I期及びII期、III期、IV期、V期の上体角速度の平均値±標準偏差を成功群、失敗A群、失敗B群別に示し、表3に上体角速度の最大値及び最小値を示した。

上体角速度では、III期において有意な差が認められ ($F(2, 91) = 26.159, p < 0.001$)、多重比較検定の結果、成功群が失敗A群及び失敗B群に比べ有意に高値を示し ($p < 0.01, p < 0.001$)、失敗A群が失敗B群に比べ有意に低値を示した ($p < 0.001$)。IV期において有意な差が認められ ($F(2, 91) = 78.164, p < 0.001$)、多重比較検定の結果、成功群が失敗A群及び失敗B群に比べて高値を示し ($p < 0.001$)、失敗A群が失敗B群に比べ有意に低値を示した ($p < 0.001$)。V期において成功群が失敗B群に比べ有意に高値を示した ($p < 0.001$)。

表2 上体角速度

	上体角速度 (deg/s)			分散分析
	成功群 (n=33)	失敗I群 (n=30)	失敗II群 (n=31)	
I期	99.5±42.1	103.6±50.9	100.7±46.2	n. s.
II期	231.2±57.2	200.4±57.6	224.1±66.4	n. s.
III期	422.3±44.5	306.8±64.6	370.5±78.3	***
IV期	389.6±41.5	186.4±75.7	298.9±72.3	***
V期	291.1±66.7		169.7±69.9	***

*** : $p < 0.001$

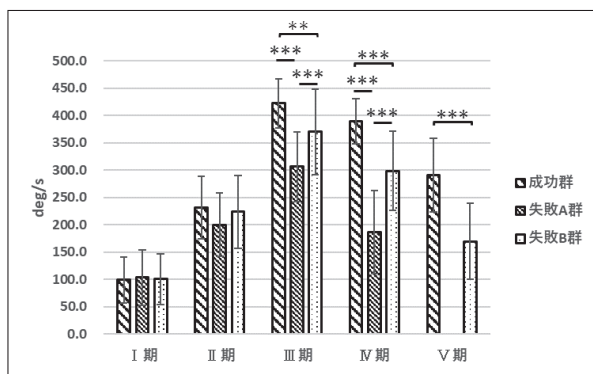


図4 上体角速度

表3 上体角速度の最大値及び最小値

	上体角速度 (deg/s)					
	成功群 (n=33)		失敗I群 (n=30)		失敗II群 (n=31)	
	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
I期	204.8	37.0	191.6	28.4	219.5	35.4
II期	349.2	118.0	299.0	52.8	383.8	81.8
III期	526.2	322.6	413.0	168.4	505.9	249.8
IV期	472.6	265.7	359.6	23.7	436.4	39.5
V期	426.4	117.3			334.5	34.3

3.2. 各関節角度について

表4に首関節角度及び肘関節角度、腰関節角度、膝関節角度の平均値±標準偏差を成功群及び失敗A群、失敗B群別に示し、V期の上体角速度の平均値±標準偏差を成功群、失敗B群別に示した。

3.2.1 首関節角度について

首関節角度では、I期からV期にかけて成功群及び失敗A群、失敗B群において有意な差は認められなかった。

3.2.2 腰関節角度について

腰関節角度では、I期において有意な差が認められ ($F(2, 91) = 6.977, p < 0.01$)、多重比較検定の結果、成功群が失敗A群と比べて有意に低値を示し ($p < 0.001$)、失敗A群が失敗B群と比べて有意に高値を示した ($p < 0.05$)。IV期において有意な差が認められ ($F(2, 91) = 6.977, p < 0.001$)、多重比較検定の結果、成功群が失敗A群と比べて低値を示し ($p < 0.001$)、失敗A群が失敗B群と比べて有意に高値を示した ($p < 0.01$)。V期において成功群が失敗B群に比べて有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

3.2.3 膝関節角度について

膝関節角度では、I期において有意な差が認められ ($F(2, 91) = 3.844, p < 0.05$)、多重比較検定の結果、成功群が失敗B群と比べて有意に低値を示した ($p < 0.05$)。III期において有意な差が認められ ($F(2, 91) = 3.790, p < 0.05$)、多重比較検定の結果、失敗A群が失敗B群に対して有意に高値を示した ($p < 0.05$)。

4. 考察

4.1. 回転速度 (上体角速度) について

成功群及び失敗A群、失敗B群の比較において、

表4 各関節角度

	首関節角度(deg)				多重比較
	成功群(n=33)	失敗A群(n=30)	失敗B群(n=31)	有意差	
I期	149.8±11.6	147.7±18.0	147.7±14.3	n. s.	
II期	154.1±18.9	152.2±19.7	147.9±15.9	n. s.	
III期	159.9±14.6	161.5±17.4	156.9±12.1	n. s.	
IV期	167.9±14.0	162.3±17.8	164.9±13.7	n. s.	
V期	172.4±15.0		168.4±17.8	n. s.	
	腰関節角度(deg)				
I期	98.8±20.9	119.7±22.0	105.6±24.5	**	a<b*** b>c*
II期	99.8±20.8	96.8±23.2	94.5±22.0	n. s.	
III期	82.0±16.6	79.8±31.9	75.2±24.6	n. s.	
IV期	59.4±13.7	83.8±31.1	59.0±23.5	***	a<b*** b>c***
V期	50.4±13.7		62.1±22.1	*	
	膝関節角度(deg)				
I期	202.4±26.0	215.7±30.8	220.8±24.8	*	a<c*
II期	248.2±34.1	237.8±45.7	250.8±32.1	n. s.	
III期	290.3±26.6	273.2±32.1	292.2±30.7	*	b<c*
IV期	288.5±29.5	287.9±37.0	297.5±25.4	n. s.	
V期	273.8±40.2		287.4±28.6	n. s.	

*; p<0.05, ***; p<0.001

III期とIV期で成功群が失敗A群と失敗B群より有意に高値を示し、失敗A群が失敗B群よりも低値を示し、V期で成功群が失敗B群に対して有意に高値を示した。III期以降で成功群が他の群よりも高値を示しており、前方支持回転の成功には上体角速度が大きく関わっていることが確認できた。

成功群及び失敗A群、失敗B群の各群において最高速度が出現した区間はIII期であり、III期で高い回転速度に達しておくことが重要であると考えられる。失敗A群で最も上体角速度の大きかった区間はIII期であるが、成功群及び失敗B群に比べ低値であった。

石田(1980)は、初心者は最大の回転力でも、回転に必要な最小限度に届かないことが多いと述べていることから、本研究でも、失敗A群では上体角速度の値が小さく、十分な回転速度に達してなかったと考えられる。失敗A群でのIV期における上体角速度では、III期からIV期にかけて大きく減速しており、回転速度の低下が鉄棒と腰が離れる原因となり、失敗に繋がったと考えられる。したがって、失敗A群では、回転前半における回転速度の獲得が少ないことに加え、回転

後半での回転速度の維持もできていないことがいえる。

失敗B群に関しては、II期までは成功群の上体角速度の値と変わらず、III期の上体角速度の値で、失敗A群よりは高値を示しているものの成功群の値には及ばなかった。しかし、表3に示すように、失敗B群の最大値は505.9deg/sの数値を示し、成功群と同程度の上体角速度を示した対象者もいたため、失敗B群に関しては、前半の加速技術の未熟さが原因であるとはい切れない。ところが、IV期では、成功群の平均値がIII期からおよそ30deg/sほど減少したことに對して、失敗B群の平均値はおよそ70deg/s減少していることが確認できることから、IV期にかけての減速が成功群よりも大きいことが分かる。V期においても、成功群の平均値がIV期からおよそ90deg/sほど減少したことに對して、失敗B群の平均値はおよそ130deg/s減少していることが確認できることから、成功群と失敗B群ともに回転速度が大きく減少していることが明らかであるが、その減少は失敗B群の方が大きい。したがって、失敗B群では、前半の回転速度の獲得は十分

であるものの、後半の減速に関わる技術が未熟であるため失敗している可能性が示唆された。

成功群において、上体角速度は高値であった。石田（1980）は、前方支持回転では初速を得ることが成功の鍵を握っていると報告していることから、本研究では、先行研究で挙げられているように成功には前半の回転速度を高める必要があるということを裏付けるデータを提示することができた。失敗A群は初速が遅いため、初速を高めることが成功への第一歩であるが、失敗B群に関しては回転後半において回転前半で獲得した上体角速度の維持が成功に関わってくると考えられる。

4.2. 各関節角度について

4.2.1 首関節角度について

首関節角度について、I期からV期にかけていずれの群においても有意な差は認められず、成功者と失敗者における首関節の外形的特徴は異なっており、共通した点を見出すことはできなかった。しかし、本研究における首関節角度では有意な差は認められなかったものの、いずれの3群も平均値を参照すると、回転後半にかけて数値が上昇すること、回転開始では首を屈曲させ徐々に首関節が伸展していく傾向がみられた。

前方支持回転における首関節の特徴として、岡本（2017）は、前方支持回転の前半局面の技術として顎を出して前方を見ることを挙げており、土屋（2021）は、前方支持回転の開始姿勢では顎を開き、頭が真下を通過したら顎を締めて首を前屈させると説明している。青鹿（2020）は前方支持回転の回転前半のコツとして、前を見ながら頭が遠く感じで回転を始めると述べている。このように、一般的には、回転前半では顎を開き、首関節を後屈させること、回転後半では顎を引き、首関節を前屈させることが前方支持回転のポイントであるとされる。

一方で、松下他（2007）の大学生20名を対象にした研究では、指導の際に従来使用されてきた「鉄棒の真下からあごを引く」という指導言語より「躯幹が水平位になったころからあごを引く」という指導言語を使用した方がより短期間で前方支持回転を習得できたと報告しており、より早い段階からあごを引く、つまりII期からIII期にかけて首関節を前傾させることが有効であることが示されている。このように、首関節を早期に前屈させるように指導したことで習得期間が早くなったという報告もあることから、成功に関して首関節の使い方は様々であると考えられる。

先行研究では首関節の使い方に関して、回転前半（I期からIII期）の区間は首関節を後傾させるのが良いと報告されているが、松下他（2007）の報告のように、指導場面では首関節の早い段階での前屈がポイントである可能性がある。つまり、首関節の後傾から前傾に移行するタイミングが重要であると考えられる。本研究では、首関節を前傾させるタイミングについて有意な知見を示すことはできていないため、今後は首関節の前屈や後屈のタイミングを明らかにすることで、失敗者が成功に至る道筋を示すことができると考えられる。

4.2.2 腰関節角度について

腰関節角度について、I期で成功群が失敗A群よりも有意に低値を示し、失敗A群が失敗B群よりも高値を示した。IV期では、成功群が失敗A群よりも有意に低値を示し、失敗A群が失敗B群よりも高値を示した。V期では、成功群が失敗B群よりも有意に低値を示した。

成功群は、I期からII期では腰関節角度の変化は少なく、II期からIII期にかけて屈曲し始め、回転後半であるIII期からV期にかけて腰関節を大きく屈曲させることが重要であることが明らかとなった。石田（1980）は、「回転後半では、上体と腿のなす角度（腰関節角度）を鋭角にし、膝を屈げて体の前で保つことが技術的に重要」と述べており、膝を体の前で維持するためには、腰関節の屈曲を大きくする必要がある。このことから、本研究と石田（1980）では、同様の結果が得られた。

失敗A群では、他の2群と比べて腰関節角度が大きく腰関節が伸展している状態であった。特に回転開始時から腰関節が伸展しており、失敗A群では、股関節角度を小さくしてから回転を始めることがポイントである。

腰関節角度では、IV期及びV期の回転後半局面で有意な差が認められたことより、腰関節の屈曲は回転後半における重要なポイントであることが示唆された。下山（2010）は、回転の中心から離れていたものが回転の中心に近づくことで回転速度が高くなると述べていることから、回転後半で腰関節を屈曲し、下肢と上体を近づけることによって回転速度の低下を防ぐことができると考えられる。

したがって、失敗A群では回転後半局面で腰関節の屈曲が小さく、鉄棒と下肢との距離が増え慣性モーメントが大きくなったことで、回転速度が低下している

と考えられる。そのため、Ⅲ期の頭部が鉄棒を通過した時点から腰関節を屈曲させることが重要であると考えられる。

4.2.3 膝関節角度について

膝関節角度について、Ⅰ期において成功群が失敗B群に対して有意に低値を示し、Ⅲ期において失敗A群が失敗B群に対して有意に低値を示した。成功群は、膝を伸ばした状態で回転を始め、Ⅱ期で膝が屈曲し始め、Ⅲ期で最も屈曲した状態となり、Ⅴ期まで膝を屈曲した状態を維持するという特徴が見られた。成功群は、Ⅰ期からⅢ期にかけておよそ90°屈曲していることを示しており、回転前半で膝関節を大きく屈曲させていることが明らかとなった。回転前半に関して、石田(1980)は、「膝を^まげると力学的に上体と脚の比のバランスが崩れ、回転が容易に起こるため膝を^まげることでスピードを増すことに役立つ」と報告しており、本研究の結果は石田(1980)の説明を裏付けるものであった。加えて、山下(1996)は、「脚の伸ばしから曲げによる加速も可能である」と述べており、脚を伸展の状態から屈曲させている本研究の結果と同様であった。また、回転の後半に関して、土屋(2021)は、膝を曲げることによって下肢の慣性モーメントが小さくなることを述べている。回転後半にかけて回転速度を減少させないためには、膝を屈曲させることが重要であると考えられる。

膝関節角度では、回転開始局面で有意な差が認められたことより、膝関節の屈曲は回転前半における回転速度を高める技術であることが考えられる。回転開始時点から膝関節を屈曲するか、もしくは、膝関節の伸展から鋭く屈曲させて回転速度を高めることが重要である。しかし、膝関節の屈曲に関する技術は多く説明されているが、発展技には膝関節を伸ばしたまま前方支持回転を行う伸膝技もあるため、熟練者に移行するにあたって、回転の前半において十分に加速ができていれば、膝を曲げる必要性は高くない可能性がある。

4.3. 前方支持回転習得のポイント

前方支持回転の成功には、回転速度(上体角速度)が大きく関わっていた。失敗A群では、Ⅲ期までの回転前半で回転速度を獲得できておらず、回転に必要な速度に達していないと考えられる。Ⅳ期以降の回転後半では、失敗A群と失敗B群ともに、回転速度の減速が大きいことが明らかとなった。このことから、失敗A群では、まず回転開始の技術に着目して練習を行

い、上体角速度を獲得できるようになる必要がある。失敗B群では、Ⅲ期までの回転速度は十分に獲得できていると考えられるので、回転後半で回転速度を維持することに着目した練習が必要であると考えられる。

首関節角度では、回転前半の後傾、回転後半での前傾といった先行研究を裏付ける結果は得られなかった。指導においては、首関節の前屈させるタイミングが重要となると考えられるので首関節の前屈及び後屈のタイミングを検討する必要がある。

腰関節角度や膝関節角度では石田(1980)や金子(1984)の技術的説明を裏付ける結果が得られ、Ⅰ期からⅢ期の回転前半局面では膝関節を屈曲させて回転速度を高め、Ⅲ期からⅤ期の回転後半局面では腰関節を屈曲させ、回転速度を落とさないようにすることが重要である。

5. 結論

本研究では、前方支持回転の成功者と失敗者の動作特徴を明らかにするとともに未習得者が前方支持回転を習得するにあたって改善すべきポイントをバイオメカニクスの知見から提示することを目的とした。

大学生94名を成功群33名、失敗A群30名、失敗B群31名に分類し、前方支持回転の動作分析を行った。前方支持回転に関して、本研究で明らかとなったことは以下の4点である。

1) 前方支持回転の成功には上体角速度が関わっており、成功群では高い値を示していた。失敗A群では、回転前半での上体角速度の値が低く、回転に必要な最小限度の速度に達していなかったことから、成功にはまず回転前半で高い上体角速度を得ることが重要である。失敗B群では、回転前半の値は成功群と比較して低くない値を示していたが、回転の後半において大きく減速していたことが明らかとなり、成功には回転後半で減速しないことが重要である。

2) 首関節角度に関して、有意な知見を見出すことはできなかった。しかし、先行研究では、回転前半は首関節を後屈させるのが良いという報告に対し、指導場面においては、首の前傾を早める指導言語が使用されることがあるという報告もあることから、首関節では首を後屈から前屈に移行するタイミングが重要ではないかと考えられる。

3) 腰関節角度に関しては、腰関節が伸展することによって下肢での慣性モーメントが増大するため、腰関

節を屈曲させて慣性モーメントを小さくする必要がある。そのために、特に頭部が鉄棒の真下を通過した時点から腰を屈曲させることが重要である。

4) 膝関節角度に関しては、回転前半において膝を伸ばしたまま回転する対象者や膝の屈曲により上体角速度を獲得していく対象者がいたため、回転前半において正しい膝の使い方は特定できない。しかし、先行研究より、膝を屈曲させることで下肢の慣性モーメントを小さくすることができるため、膝を曲げることで回転前半では上体角速度を獲得しやすく、回転後半では上体角速度が減速されにくいと考えられる。

文献

- 会沢哲史・岡本研二・加藤明子 (1979) 小学生の鉄棒運動技能の現状－「茨大附属小」の調査から－, 教育研究所紀要, 11, 101-117.
- 青鹿和裕 (2020) 単元 8 器械運動 鉄棒運動, 藤崎敬・古家眞編, 『イラストで見る全単元・全時間の授業のすべて小学校体育 6 年』, 東洋館出版社, 131.
- 後藤大輔・加賀勝 (2022) 教員志望学生における学校体育での器械運動の実技経験についての研究－「器械運動」受講生122名を対象として－, 岡山大学大学院教育学研究科研究集録, 179, 95-104.
- 日高義晴・具志堅幸司 (1990) 鉄棒, 竹本正男監, 『図解コーチ 体操競技・男子』, 成美堂出版, 304.
- 石田保之 (1980) 『スタンツ第 3 部 器械運動の段階指導 (3 版)』, 不昧堂出版, 201-202.
- 金子明友 (1984) 『教師のための器械運動指導法シリーズ 3, 鉄棒運動 (再版)』, 大修館書店, 338-339.
- 鴻巣暁・吉岡伸輔・深代千代 (2018) 逆上がりの遊脚期における振上脚から体幹部へのエネルギー伝達, 体育学研究, 10, 1-6.
- 松下健二・高梨里絵・上野洋介 (2007) 前方支持回転の技術指導における効果的指示内容に関する研究, 教育実践学論集, 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科編, (8), 165-174.
- 文部科学省 (2018) 『小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説体育編』, 東洋館出版社, 82.
- 中野裕史・田村孝洋 (2019) 小学校教員養成課程学生における器械運動の技の習得状況－2018年－, 中村学園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要, 51, 9-16.
- 中島武文 (1974) 鉄棒運動における前方支持回転の回転能率, 北海道教育大学紀要, 24(2), 38-47.
- 岡秀郎 (1987) ー鉄棒運動における腕立て前転の筋電図的研究ー, スポーツ教育学会, 7 (1), 37-46.
- 岡本敦 (2017) 器械運動の「コツ」をバイオメカニクスの観点から探る, 東海学園大学教育研究紀要, 3, 12-18.
- 岡本敦・市川真澄 (2018) 鉄棒の前方支持回転のバイオメカニクス, 東海学園大学教育研究紀要, スポーツ健康科学部/スポーツ健康科学部教育研究紀要委員会編, 4, 1-16.
- 佐伯聡史・鋤柄純忠 (2002) 運動の習得過程が運動遂行に及ぼす影響に関する運動学的一考察－鉄棒における前方支持回転を題材として－, 茨城キリスト教大学紀要, 36, 305-325.
- 佐藤徹・鈴木博・米谷元捷・田中和久・新開谷央・志手典之 (1986) 教員養成大学学生の小学校体育教材の達成度について (その 1) : 器械運動, 北海道教育大学紀要, 第二部, C, 家庭・養護・体育編, 37 (1), 23-33.
- 清水清志・塩原茂・金子伊樹・関口明宏・高橋珠実・新井淑弘 (2019) 小学校教諭の器械運動指導に関する意識について－群馬県 A 市小学校教諭に対する意識調査から－, 群馬大学教育実践研究26, 107-116.
- 下山真二 (2010) 『逆上がり とびばこ マット運動がたった一言であつというまにできる!』, 日東書院, 51-52.
- 鈴木和代 (1990) 鉄棒運動の指導法に関する一考察, 後方支持回転, 名古屋女子大学紀要 (人・社), 36, 33-40.
- 土屋純 (2021) 『体操競技のバイオメカニクス』, 講談社, 99-102.
- 山田哲・阿江通良・藤井範久 (2003) け上がりの習得過程における肩および股関節トルクの変化, バイオメカニクス研究, 7 (1), 43-53.
- 山下芳男 (1996) 器械運動における技の技術体系化について, 岩手大学教育学部研究年報, 56(1), 113-122.