

幼児の鉄棒逆上がりにおける習得者と 未習得者の振上脚と踏切脚の動作の差異

Differences in movement of the swing leg and railroad crossing leg of the learners
and non-learners in the horizontal bar forward upward circling of the infant

山本 周史
Shuji YAMAMOTO

1. 緒言

成人を対象とした鉄棒逆上がりの動作に関する研究によると、振り上げ脚の振り上げる方向の重要性と蹴る方向の正確性が大切な条件であることが示唆されており（野崎ら, 1990）、準備局面から主要局面前半部での腰部の振り上げに同期した上肢の引き寄せと、協働する上体の後方への倒しが重要であることが報告されており（高橋, 1995）、助走と踏切時における離地の運動エネルギーが遊脚期の体幹部の上方移動に利用される際に、エネルギーを体幹部に伝達する技術が逆上がりの成功に重要であることが示唆されている（鴻巣ら, 2018）。また、成人を対象とした鉄棒逆上がりの技術指導に関する研究によると、成功時の首の位置は一度鉄棒を超えた後に再び鉄棒側に戻り、腰の位置は鉄棒より離れながらほぼ水平移動してからの上方移動が認められ、上体の後方への倒れ込みの早いことに起因する指導上の重要なポイントであることが示唆されており（奥野, 2016）、踏み切り足を鉄棒の真下に位置する姿勢をとり、身体重心を鉄棒の後方に位置させて重力による回転方向のトルクを受けることで、鉄棒逆上がり動作の回転のきっかけをすることが可能になると報告されており（岡本, 2017）、鉄棒逆上がりの有効な技術として、多くの対象者が肘を曲げて回る技術が正しいと理解しており、中学高等学校教員指導書に示される肘を伸ばして回る技術を教えられていないことが報告されている（中西, 2017）。一方、児童を対象とした鉄棒逆上がりの動作に関する研究によると、準備局面での支持脚の離床時点に主要局面となる上体の後方への倒し速度が最大になり、その後の振り上げ脚の速度が大きくなり続けることで達成されていると示されており（橋爪と高邑, 2005）、その動作の遂行上、脚の振り上げと逆位が重要であることが報告されており（山本ら, 1992）、鉄棒逆上がりは筋力に頼らない方法で達成され、体力と運動能力の低さと形態の大きさが動作を難しくすることが報告されている（大内ら, 1994）。

以上のように、鉄棒逆上がりの動作に関して、成人および児童を対象とした研究はあるものの、実際に幼児を対象として運動動作を分析した研究は少ない。これまでに、幼児を対象とした鉄棒

逆上がりの動作に関して、習得者と未習得者との間に、助走期の身体重心移動パターンに差異が見られ、その要因の一つとして、習得者に比べて未習得者の踏み切り足の位置が鉄棒直下から遠いことを報告した(山本, 2007)。さらに、未習得者に比べて習得者は、助走期の腰の移動速度が早く、腰の位置が鉄棒軸から近いことから、幼児の鉄棒逆上がり達成の成否の要因が支持脚接地までの動作機序にあることを報告した(山本, 2020)。また、幼児を対象とした他の研究として、中西(2017)は、鉄棒逆上がりを円滑に遂行できた被験者は主要局面で肘を伸ばして回る傾向が強く、その技術が有効である可能性を示唆している。このように、幼児の鉄棒逆上がりの成否に関する研究は少ないが、神経系の発達が著しい幼児期の動作を詳しく分析することで、鉄棒逆上がりの遂行上の有益な情報が得られると考えられる。そこで本研究は、幼児の鉄棒逆上がりにおける振上脚と踏切脚の動作をそれぞれの膝とつま先の位置変化から分析し、習得者と未習得者における脚動作の差異をより詳細に明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象

本研究では、幼稚園において運動遊びの一環として実施している鉄棒逆上がり運動の様子をビデオ撮影し、参加した幼児の中から習得者と未習得者を選定し分析対象とした。ビデオ撮影は、幼稚園年長クラスの幼児が体育指導の一環として鉄棒逆上がりを実施している際に行った。なお、実施に際しては、幼稚園長に本研究の目的と方法を説明し、承諾を得た。また、保護者に対しては、幼稚園を通じて説明し、書面にて同意を得た。

ビデオ撮影した幼児は年長クラスの52名である。その中で、鉄棒逆上がり運動を習得していた幼児は5名であり、その5名を習得群として分析した。一方、鉄棒逆上がり運動を習得していない幼児の中で、振り上げた足が鉄棒横棒に近づく動作タイプと近づかない動作タイプの2つに大別できることが目視により確認でき、近づかない動作タイプの中から習得群と同等のカウプ指数の幼児を5名選定し未習得群として分析した。カウプ指数は、幼稚園側から提供された分析対象者の直近の身長および体重の測定値から算出した。なお、分析対象者の選定に際しては、体力・運動能力の性差は小さいと考えられることから、性別を考慮しなかった。分析対象とした習得群および未習得群の年齢および身体的特徴は表1の通りである。

表1 対象者の年齢および身体的特徴

	年齢 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	カウプ指数
習得群 (n=5)	5.6 ± 0.55	114.8 ± 1.15	19.5 ± 0.87	14.8 ± 0.65
未習得群 (n=5)	5.2 ± 0.45	113.9 ± 1.54	19.3 ± 1.09	14.9 ± 0.76

2.2 試技

試技に使用した鉄棒の高さは81cmであり、おおそ幼児の胸から肩の高さである。試技に際

しては、鉄棒横棒の中心が両手の中心に位置するように指示したが、立ち位置等は任意で行われた。また、鉄棒の握り方は、全ての対象者が順手握りであった。なお、試技1回目のみをビデオ撮影し分析対象とした。

2.3 ビデオ撮影

4点法による2次元画像解析法(三浦ら, 1986)に従い、鉄棒逆上がり動作を右側方からビデオ撮影した。校正点となる4つのマーカーは、地面上に、鉄棒の横棒と縦棒がなす面に垂直に交わる長方形の面の4角に設置した。長方形は、その中心と鉄棒横棒の中心から地面へ鉛直に降ろした点が重なるようにし、縦2m、横1mの間隔で設置した。使用したマーカーの大きさは、縦0.10m、横0.05mである。ビデオカメラは、鉄棒横棒の中心位置からその延長上の14m離れた位置に、その高さを鉄棒の横棒と同じ0.81mとして設置した。カメラ光軸は、鉄棒横棒と垂直に交わる平面と垂直に交わるように調節した。ビデオ撮影では、デジタルビデオカメラ(Panasonic社製)をスポーツモードに簡易設定し使用した。

2.4 2次元座標の算出

身体計測点として、左右の膝関節中心および左右のつま先を用いた。これらの身体計測点のビデオ画像の2次元座標は、PSデジタイザ(フィジカルソフト社製)を用い、1/60fpsのサンプリングでデジタイズして得た。デジタイズは目視により行い、隠れ点は前後の動作から推測した。各身体計測点の2次元座標データは、3点移動平均によって平滑化し、4点法による2次元画像解析法(三浦ら, 1986)およびビデオカメラのアスペクト比により実長換算した。実長換算した各身体計測点の2次元座標と対象者の年齢およびカウプ指数に適合した身体部分係数(横井ら, 1986)を用い、身体重心の実空間の2次元座標を算出した。なお、本研究では、鉄棒逆上がり動作の軸となる鉄棒横棒の中心を2次元座標の原点とした。

2.5 分析

本研究では、鉄棒逆上がり動作を、左右の膝および左右のつま先の軌跡と位置から分析した。また、その動作を、動作開始から支持脚が離地するまでを助走期、それ以降を遊脚期として分け、各期における計測点の軌跡および変位を時間微分した速度から分析した。なお、データ分析範囲は、動作開始から動作終了付近の左右のつま先が最大鉛直位に至る時点までとした。

2.6 統計処理

各計測点の距離および速度のデータは、全て平均値と標準偏差で示した。平均値の統計的有意差の検定は、対応のないt検定を用い、その有意水準を5%未満とした。

3. 結果

[膝とつま先の軌跡]

振上脚および踏切脚における膝の軌跡は、図1および図2の通りの様相を示した。また、振上脚および踏切脚におけるつま先の軌跡は、図3および図4の通りの様相を示した。

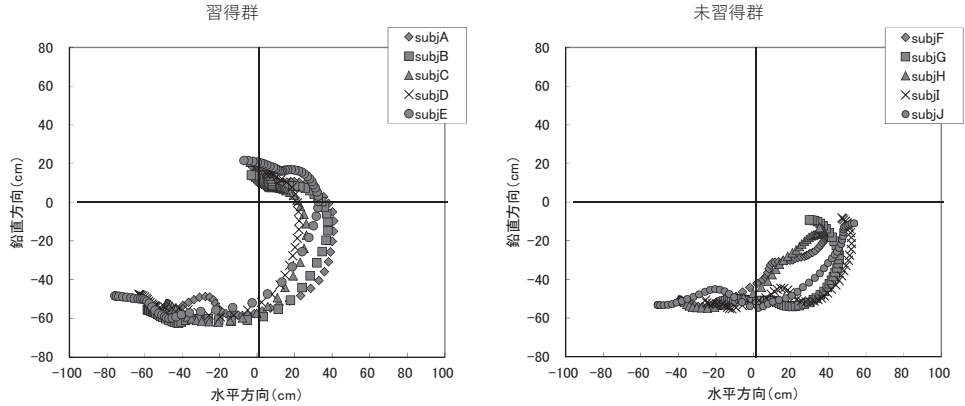


図1 振上げ脚の膝の軌跡
原点：鉄棒軸

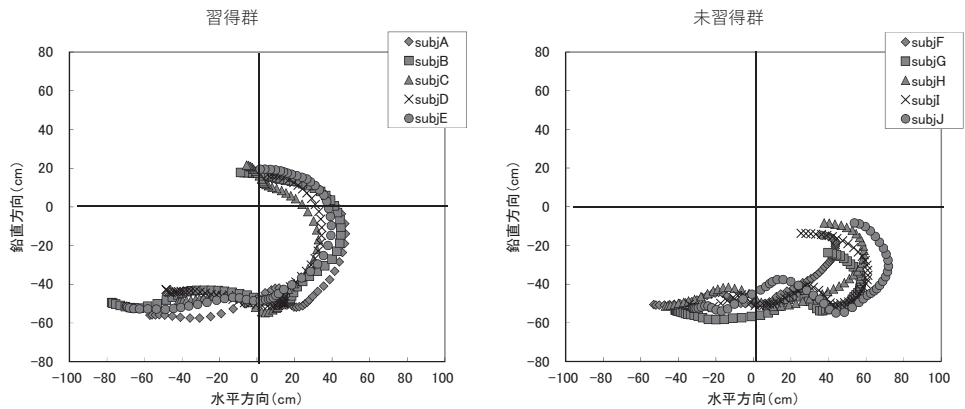


図2 踏切り脚の膝の軌跡
原点：鉄棒軸

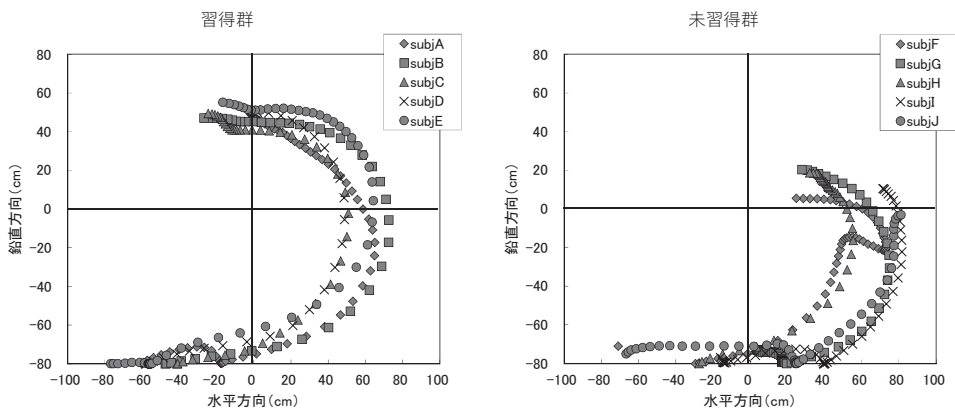


図3 振上げ脚のつま先の軌跡
原点：鉄棒軸

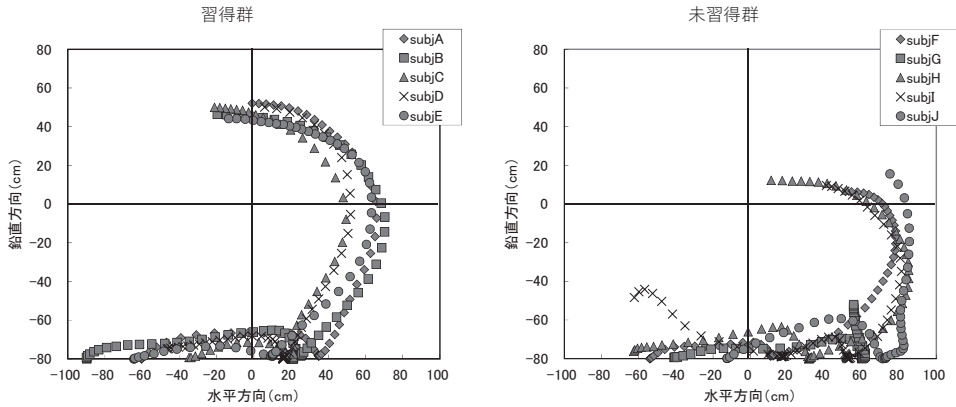


図 4 踏切り脚のつま先の軌跡
原点：鉄棒軸

[振上脚の膝およびつま先の最大速度]

振上脚の膝およびつま先の最大速度を表 2 に示した。膝およびつま先ともに、習得群が未習得群に比べて有意に高い値を示した (膝： $p < 0.001$ 、つま先： $p < 0.005$)。

表 2 振上脚の膝およびつま先の最大速度

	膝 (m/sec)		つま先 (m/sec)	
習得群 (n=5)	5.10 ± 0.90	****	8.17 ± 1.07	***
未習得群 (n=5)	2.73 ± 0.66		5.48 ± 1.12	

*** : $P < 0.005$ **** : $P < 0.001$: 対応のない t 検定 (習得群 vs 未習得群)

[助走期および遊脚期における踏切脚の膝とつま先の最大速度]

助走期および遊脚期における踏切脚の膝の最大速度を表 3 に示した。助走期では習得群と未習得群の間に有意差は認められなかったが、遊脚期では習得群が未習得群に比べて有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。

助走期および遊脚期における踏切脚のつま先の最大速度を表 4 に示した。助走期では習得群と未習得群の間に有意差は認められなかったが、遊脚期では習得群が未習得群に比べて有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。

表 3 助走期および遊脚期における踏切脚の膝の最大速度

	助走期最大速度 (m/sec)	遊脚期最大速度 (m/sec)
習得群 (n=5)	3.08 ± 0.82	3.25 ± 0.44 **
未習得群 (n=5)	2.75 ± 0.41	2.22 ± 0.53

** : $P < 0.01$: 対応のない t 検定 (習得群 vs 未習得群)

表4 助走期および遊脚期における踏切脚のつま先の最大速度

	助走期最大速度 (m/sec)	遊脚期最大速度 (m/sec)	
習得群 (n=5)	4.38 ± 1.17	6.19 ± 0.74	**
未習得群 (n=5)	5.21 ± 0.74	3.78 ± 1.32	

** : P<0.01 : 対応のないt検定 (習得群 vs 未習得群)

[振上脚および踏切脚の膝とつま先の最大到達高]

振上脚および踏切脚の膝の最大到達高を表5に示した。振上脚および踏切脚ともに習得群が未習得群に比べて有意に高い値を示した (p<0.001)。

振上脚および踏切脚のつま先の最大到達高を表6に示した。振上脚および踏切脚ともに習得群が未習得群に比べて有意に高い値を示した (p<0.001)。

表5 振上脚および踏切脚の膝の最大到達高

	振上脚 (cm)	踏切脚 (cm)	
習得群 (n=5)	78.40 ± 3.68	72.62 ± 3.84	****
未習得群 (n=5)	43.04 ± 3.39	39.82 ± 4.99	****

**** : P<0.001 : 対応のないt検定 (習得群 vs 未習得群)

表6 振上脚および踏切脚のつま先の最大到達高

	振上脚 (cm)	踏切脚 (cm)	
習得群 (n=5)	130.37 ± 3.00	128.46 ± 3.29	****
未習得群 (n=5)	90.38 ± 9.63	78.37 ± 28.39	****

**** : P<0.001 : 対応のないt検定 (習得群 vs 未習得群)

[助走期における踏切脚のつま先の水平方向移動距離]

助走期における踏切脚のつま先の水平方向移動距離を表7に示した。習得群と未習得群の間に有意差は認められなかった。

表7 助走期における踏切脚のつま先の水平方向移動距離

	水平方向移動距離 (cm)
習得群 (n=5)	80.63 ± 24.40
未習得群 (n=5)	91.95 ± 19.04

対応のないt検定 (習得群 vs 未習得群)

4. 考察

幼児の鉄棒逆上がりの動作について、技術的着眼点である肩と腰の動作における習得者と未習得者の差異を明らかにしたが（山本，2020）、より詳細に動作を分析するためには下肢動作の分析が必要であると考えられる。そこで本研究では、下肢動作を振上脚と踏切脚のそれぞれの膝とつま先の位置変化から分析し、習得者と未習得者の差異を明らかにすることを目的とした。

振上脚の膝の軌跡は、習得群では、鉄棒軸直下を過ぎた後に鉛直上方へ移動し、鉄棒軸直上を超えるといった様相を示した。未習得群では、鉄棒軸直下を過ぎた後も鉛直上方へ移動しないパターンや、鉄棒直下以前から45度の角度で上方へ移動するパターンがあり、どちらも鉄棒軸直上を超えないといった様相を示した。また、踏切脚の膝の軌跡は、習得群では、振上脚と同様に鉄棒軸直下を過ぎた後に鉛直上方へ移動し、振り上げ脚よりもやや大きい弧により移動し、鉄棒軸直上を超えるといった様相を示した。未習得群では、鉄棒軸直下を大幅に過ぎた後に鉛直上方へ移動しており、鉄棒軸直上を超えないといった様相を示した。一方、振り上げ脚のつま先の軌跡は、習得群では、鉄棒軸直下を過ぎる前に離地し、大きな弧により鉛直上方へ移動し、鉄棒軸直上を超えるといった様相を示した。未習得群では、鉄棒直下を過ぎた後に離地し、鉛直上方へ移動するが、鉄棒軸直上を超えないといった様相を示した。また、踏切脚のつま先の軌跡は、習得群では、鉄棒軸直下を過ぎた後、一回の接地および離地後に鉛直上方へ移動し、鉄棒軸直上を超えるといった様相を示した。未習得群では、鉄棒軸直下を過ぎた後、一回以上の接地および離地後に鉛直上方へ移動し、鉄棒軸直上を超えないといった様相を示した。すなわち、習得群は、振り上げ脚は鉄棒直下を過ぎる直前に上げ始め、踏切脚は鉄棒直下を過ぎた直後に一回のステップで踏み切って上げるといった動作であると考えられる。一方の未習得群は、振り上げ脚は鉄棒直下を過ぎた後に上げ始め、踏切脚は鉄棒直下を過ぎた後に二回のステップで踏み切って上げるといった動作であると考えられる。このような幼児の鉄棒逆上がりにおける脚の動作は、成人の鉄棒逆上がりにおける振り上げ脚の振り上げる方向の重要性和蹴る方向の正確性が大切な条件であること（野崎ら，1990）、児童が鉄棒逆上がりを遂行する上で重要な動作は脚の振り上げと逆位であること（山本ら，1992、大内ら，1994）と同様に、鉄棒逆上がりの成否を生じる差異であると考えられる。また、幼児の鉄棒逆上がりにおける成否に支持脚の位置および支持脚接地までの動作機序が大きく影響を及ぼすこと（山本，2020）に加えて、脚動作の詳細な分析が幼児の鉄棒逆上がり運動における指導法確立に寄与できるものと考えられる。

振上脚の膝およびつま先の最大速度は、両群間に差異が認められ、習得群の方が膝およびつま先ともに有意に高い値を示した。また、助走期および遊脚期における踏切脚の膝とつま先の最大速度は、遊脚期において両群間に差異が認められ、習得群の方が膝およびつま先ともに有意に高い値を示し、助走期の踏切脚の速度に差異は認められなかった。一方、振上脚および踏切脚の膝とつま先の最大到達高は、両群間に差異が認められ、習得群の方が振上脚および踏切脚において膝およびつま先ともに有意に高い値を示した。なお、助走期における踏切脚のつま先の水平方向移動距離は、両群間に差異は認められなかった。すなわち、幼児の鉄棒逆上がりにおいては、振上脚の移動速度と遊脚期の踏切脚の移動速度の高さが脚の最大到達高の高さに繋がり、その成否

の要因となることが考えられる。しかしながら、助走期の踏切脚の速度とつま先の移動距離は同程度であり、その成否の要因とはならないと考えられる。つま先の軌跡の結果を踏まえると、助走期の踏切脚のつま先の移動距離は同程度であるが、ステップの数と離地点といった脚動作の機序の差異が振上脚と遊脚期の踏切脚の速度の差異を生じているものと考えられる。これらのことは、成人逆上がりの成否における踏み切り時の脚の蹴り動作と力発揮が重要であるとの示唆（野崎ら、1990、鴻巣ら、2018）と同様に、幼児の鉄棒逆上がりにおいても成否の重要な要因であることが考えられる。一方、幼児の形態、筋力および鉛直方向への跳躍能力については性差が認められず、幼児の筋力発揮の発達には神経系の要因の影響が大きいこと（八木ら、1994）、リバウンドジャンプ遂行能力に必要とされる神経-筋機能および中枢神経系における運動調節機構の発達が促されていることが推察できること（坂口、2013）が報告されている。また、幼児の鉄棒逆上がりにおける習得者と未習得者に助走期の身体重心移動パターンに差異が見られ、踏み切り足の位置の差異が要因であること（山本、2007）、鉄棒下に足を位置する姿勢をとれば、身体重心は鉄棒の後方に位置し、重力によって身体重心は逆上がりと同じ回転方向のトルクを受け、それによって逆上がりの回転のきっかけを作ることが可能となること（岡本、2017）、準備局面での支持脚が離床する時点で、主要局面となる上体の後方への倒し速度が最大になり、その後も振り上げ脚の速度は大きくなり続けることによって逆上がりができること（橋爪、2005）、2回の身体重心の振り子運動を効率よく利用することによって、最小限の筋力で効率よく逆上がりを成功させることが可能であること（岡本、2019）、助走期の腰の移動速度と鉄棒からの距離といった支持脚の位置および支持脚接地までの動作機序が大きく影響を及ぼすこと（山本、2020）が報告されている。よって、幼児の鉄棒逆上がりにおいては、遊脚期の脚速度が筋力発揮に影響されることは考えられるが、助走期のステップを含めた脚動作の機序が要因となり、他の部位の動作に影響を及ぼしているものと考えられる。今後は、成人と同様の方法により、幼児の鉄棒逆上がり運動における力発揮などの分析を課題としたい。

[文献]

- 橋爪和夫、高邑和樹（2005）床反力を手がかりとした逆上がりの協働動作に関する研究．体育科教育学研究，21（2）：11-20.
- 鴻巣暁、吉岡伸輔、深代千之（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．東京体育学研究，10:1-6.
- 三浦望慶、村瀬豊（1986）写真による動作分析．身体運動の科学，キネシオロジー研究会（編），293-309.
- 中西一弘（2017）保育者による「逆上がり」の理解と幼児への援助についての一考察－肘関節の屈曲・伸展動作に注目して－．淑徳大学短期大学部研究紀要，57:157-166.
- 野崎忠信、佐尾山秀治、秋田勝彦、綿貫敏雄、今福一寿（1990）低運動技能者の体育指導法に関する分析的研究（その3）－鉄棒運動における運動技能について－．明星大学研究紀要人文学部，26:25-43.

- 奥野暢通, 堂元 一希 (2016) 大学生の逆上がりの動作: 習得前直前、直後の比較. 四天王寺大学紀要, 61:95-107.
- 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, 青山 有里, 田口 由香, 市川 真澄 (2019) 身体重心の運動から見た鉄棒の逆上がり 東海学園大学教育研究紀要. スポーツ健康科学部, 5:31-40.
- 大内義昭, 太田繁, 岸田真弓, 井上文子 (1994) 女子大学生における逆上がりと運動能力に関連に関する研究. 聖徳大学研究紀要 (人文学部), 5:103-107.
- 坂口将太, 関子浩二 (2013) 歳から6歳までの幼児におけるリバウンドジャンプ遂行能力の発達過程. 体育学研究, 58:599-615.
- 高橋健夫 (1995) 新しい体育の授業研究. 第4版, 大修館書店, 66-88.
- 八木規夫, 後藤洋子, 杉田正明, 小林寛道 (1994) 幼児の等速性脚伸展筋力と脚屈曲筋力の発達の特徴—等速性筋持久力テストの結果から—, 三重大学教育学部研究紀要・自然科学, 45:137-147.
- 山本博男, 穴田生, 東章弘, 福島基 (1992) 逆上がりユニットを利用した逆上がりのバイオメカニクスの考察. 金沢大学教育学部教育工学研究, 18:47-53.
- 山本周史 (2007) 幼児の鉄棒逆上がりにおける身体重心の移動パターン. 三重中京大学短期大学部論叢, 45:83-91.
- 山本周史 (2020) 幼児の鉄棒逆上がりにおける習得者と未習得者の動作の差異. 愛知淑徳大学愛知淑徳大学論集教育学研究科篇, 10:57-66
- 横井孝志, 渋川侃二, 阿江通良 (1986) 日本人幼少年の身体部分係数. 体育学研究, 31 (1) :53-66.