

曲線走のコツを考える

田中 弘之^{*}，久保こころ^{**}，塩田 稔樹^{***}，吉川 健太^{***}

(キーワード：曲線走，重心位置，体幹筋力)

【緒言】

『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説体育編』において、『A 体づくりの運動遊び』の『(1) 知識及び運動』の項に、『イ 多様な動きを創る運動遊び』が挙げられており、その細目に『(イ) 体を移動する運動遊び』があり、『O 這う，歩く，走るなどの動きで構成された運動遊び』が例示として掲げられている。その例示の具体として、『・大きな円を右回りや左回りに這ったり，歩いたり，走ったりすること。』『・横や後ろ，斜めに走ったり，曲線やジグザク，クランクなどの形態の異なる走路や細い走路を走ったりすること。』が明示されている。

これらを受けて，体育科の運動教材として，また，運動会種目等において，子供たちが曲線を走る場面が設定されている。この曲線走では，バランスの不安定化，遠心力による外振化，転倒防止のためのスピード低下等が招来され，子供たちの潜在的な苦手意識の誘因となっている。この曲線走に関する指導法として，文部科学省（2012）の『解説P.15・16 走・跳の運動かけっこ・リレー小型ハードル走幅跳び高跳び走・跳の運動遊び低学年走の運動遊び跳の運動遊び陸上運動短距離走・リレーハードル走走り幅』，広島県教育委員会事務局教育部スポーツ振興課（2015）の『小学校体育科「走り方」指導ハンドブック』および東京都教育委員会（2016）の『教育研究員研究報告書（体育）』等において、『コーナーでは軽く内側に体を傾ける』ことがポイントであるとの指摘が行われているに過ぎず，さらなる科学的な視座からの解析と提言が有用であると想起される。

まず，走行のみならず，多彩な動作の基本を成す立位姿勢は，随意調節のほか，視覚，前庭感覚，抗重力筋固有感覚および足底部皮膚感覚などを入力源とする種々の反射機構によって保持されている（渡辺，1983）。立位姿勢を維持するために身体が動揺することは自明であり，立位姿勢での足圧中心の動きから，客観的，数量的に捉えた概念のひとつに重心動揺が挙げられる（鈴木，1996）。

重心動揺に関する研究は多数の報告（新宅，2001，2002；宮部，2011；建内，2015；末吉，2016）が行われており，優秀な競技成績を有する大学運動部員は，同年齢の一般成人よりも，重心動揺が少なく，立位姿勢時の安定性が優れていることが検証されている（新宅，2001，2002）。また，クラシックバレエのダンサーでは，狭い支持基底面内で自身の重心を管理する能力に長けていることが実証されている（建内，2015；末吉，2016）。さらに，簡易的な重心動揺の指標として，体重移動の左右差の値を採用し，この左右差が小さければ，大きな歩幅でより速く歩くことができるとの指摘もある（宮部，2011）。これらの報告から，重心動揺は運動能力と密接な関係にあると推定される。

運動特性と重心位置に関する研究において，ハンドボール競技選手は右偏位，柔道選手は踵偏位に重心位置があると報告されている（浅見，1982；岡田，1987）。このことから，立位姿勢時において，スポーツ種目の運動特性は重心位置に影響を与えとも推量される。それでは，曲線走に長けていると想定される陸上競技選手は，競技特性上，習慣的に左回りで走行しているため，非陸上競技選手と比較して，重心位置は左側に偏重しているのだろうか。また，既述のような『コーナーでは軽く内側に体を傾ける』という指導内容を実践しているのだろうか。

本研究では，学校教育学部1・2年次生ならびに大学院長期履修学生等を対象として開講している「運動方法Ⅲ」において、『・横や後ろ，斜めに走ったり，曲線やジグザク，クランクなどの形態の異なる走路や細い走路を走ったりすること。』の基本運動としての曲線走に焦点を当て，この走法に関する基礎的な科学的知見について検証し，「運動方法Ⅲ」における受講生が，将来，教師になった場合の初心者指導の一助となる有用な実践的資料を得ることを目的とした。

^{*}鳴門教育大学 高度学校教育実践専攻（教科系）

^{**}徳島市八万中学校

^{***}鳴門教育大学附属中学校

方 法

1 被験者

被験者は、本学陸上競技部員 21 名（男性 12 名、女性 9 名、平均年齢 21.7 歳 ±1.7 歳）、健常な本学保健体育科大学院生および大学生 13 名（男性 11 名、女性 2 名、平均年齢 21.5 歳 ±1.2 歳）の合計 34 名とした。陸上競技部員の内訳は、短距離種目 9 名（男性 6 名、女性 3 名、平均年齢 21.6 歳 ±1.4 歳）、長距離種目 10 名（男性 6 名、女性 4 名、平均年齢 22.2 歳 ±1.9 歳）、投擲 2 名（女性 2 名、平均年齢 20 歳 ±1.4 歳）であった。

なお、実験に先立って、研究内容を詳述したインフォームドコンセントを実施して、被験者となることの同意を得た。

2 測 定

測定は、以下の項目について行った。

1) 重心動揺

重心動揺計（stable 101, 株式会社スズケン）を用いて、重心動揺を開眼および閉眼、それぞれ 1 回ずつ 60 秒間測定した。

また、体重計（HA-552-BK, タニタ社）を 2 台並列し、片脚ずつ体重計に乗り、体重の動揺を開眼および閉眼、それぞれ 1 回ずつ 60 秒間測定した。なお、計測に際しては、予め各被験者から自己申告された跳躍動作時の踏み切り足側の秤量値を注視し、その最大値と最小値を記録した。さらに、最大値と最小値の差を体重の振れ幅とし、これを体重で除した値を体重動揺度とした。

簡易的な重心偏重の測定として、閉眼その場足踏みを 30 秒間行った。測定開始時の爪先位置を原点に設定し、原点からの二次元方向の距離を測定値として採用し、矩形面積を算出した。

2) 筋 力

筋力は、握力、背筋力、股関節内転筋力および外転筋力、足指握力を測定した。

握力は、デジタル握力計（T.K.K.5401, 竹井機器工業株式会社）を用いて測定した。背筋力はアナログ背筋力計（NO.871152, 竹井機器工業株式会社）を用いて測定した。股関節内転筋力および外転筋力は、内転外転筋力測定器（内転外転筋力測定器Ⅱ, 竹井機器工業株式会社）を用いて測定した。足指握力は、足指筋力測定器（足指筋力測定器Ⅱ, 竹井機器工業株式会社）を用いて測定した。股関節内転筋力および外転筋力、足指握力は、膝関節および足関節 90° 屈曲位とした椅座位で測定した。

握力は、左右 2 回ずつ測定し、高値の記録を採用した。背筋力、股関節内転筋力および外転筋力、足指握力は、2 回ずつ測定し、高値の記録を採用した。なお、背筋力を体重で除した値を背筋力指数として算出した。

3) 形態計測

形態計測は筋力測定日に実施し、身長、体重、体脂肪率、上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲とした。

身長は電子デジタル身長計（DH-200, 新東京電子機材）を用いて測定した。体重および体脂肪率は、体組成計（BC-118E, タニタ社）を用いて測定した。各周径囲はメジャー（R-376, タイガー医療器株式会社）を用いて測定した。

4) 疾走能力

本学陸上競技場において、直線走 100m、トラックの曲線順走 100m および曲線逆走 100m の各走行タイムを測定した。測定時は、通常のシューズを使用し、スタート姿勢はスタンディングスタートとした。トラックの曲線順走 100m のタイムを直線走 100m のタイムで除した値をコーナリング比率として算出した。

3 統計学的処理

測定値は、平均値と標準偏差で示した。2 群間の平均値の有意差は対応のない t 検定、度数の分布の差は χ^2 乗検定、回帰分析は単回帰分析および重回帰分析を用いた。

なお、有意水準はすべて 5 % 未満とした。

【結果と考察】

先行研究において、陸上競技の短距離種目、長距離種目および投擲選手では、爪先寄りに重心が位置していると報告（岡田, 1987）されているが、左右差に言及した研究は、文献渉猟の範囲内では皆無であった。本研究において、自己申告のあった踏み切り動作時の軸足と重心位置の関係を検証した結果、陸上競技部員が左側に偏重している傾向は確認できなかった（図 1）。

また、重心位置の左右偏重を検証した結果、陸上競技部員と非陸上競技部員との間に有意な差異は認められなかった（表 1）。

また、重心位置について、簡易的な起立調整能力の評価指標として、背筋力計による推定法が報告されている（外山, 1985）。本研究においても、全被験者の平均値を算出した結果、重心位置が平均値よりも爪先寄りの群は踵寄りの群と比較して、背筋力が有意に高値を示した（図 2）。

従来、特定のスポーツ種目の偏重により、その運動様式に固有の筋力の発達が散見されている（角田, 1986；久野, 2001；星川, 2006）。加えて、姿勢の維持や重心位置の安定には、体幹の筋群の重要性が指摘されており（狩野, 2000；大川, 2004）、本研究においても他面から肯定する結果が得られた。

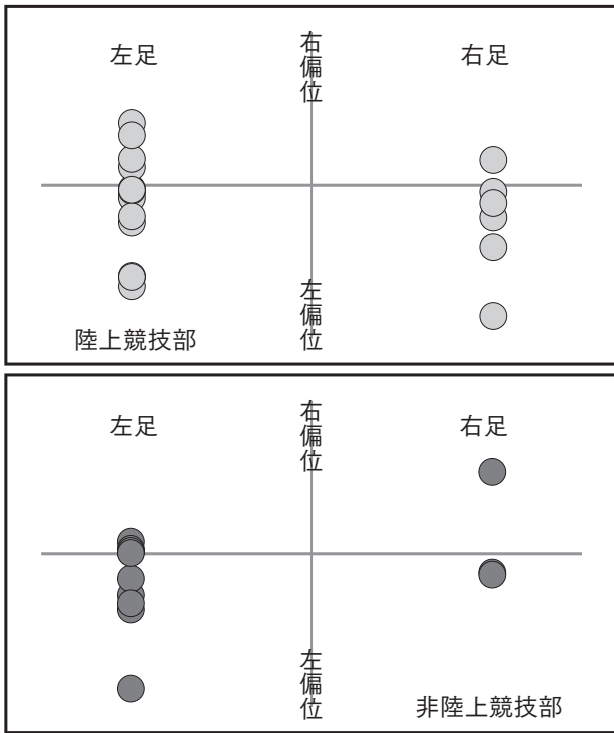


図1 全被験者における自己申告による軸足と重心位置の関係

表1 全被験者における重心位置の左右度数に関する χ^2 乗検定

項目	左	右	合計
陸上競技部員	16	5	21
非陸上競技部員	7	6	13
合計	23	11	34

n.s.

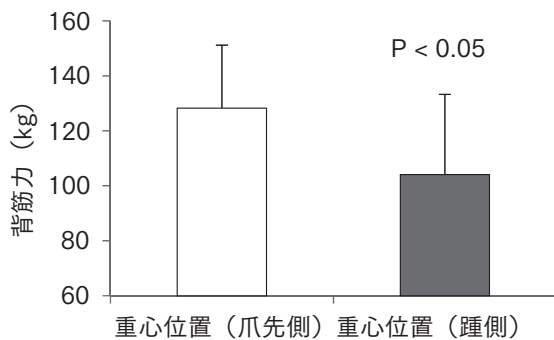


図2 全被験者における重心位置の前後方向の相違と背筋力との関係性

他方、全被験者において、コーナリング比率と開眼時総軌跡長との間に有意な正の相関関係が認められた(図3)。

この結果は、重心動揺が少ない者ほどコーナリング技能が高いあるいはコーナリング技能が高い者は重心動揺が少ないことを示唆するものと想定される。既述のように、重心位置が体幹筋力の影響を受けることは自明であ

り、重心動揺とコーナリング技能に関する追証では、筋力差の考慮が重要な因子となる。つまり、図3の実験結果は、男性および女性の双方を対象としており、筋力に差異が観られる被験者を同一に解析対象とした場合には、相応の誤認を生じる可能性がある。

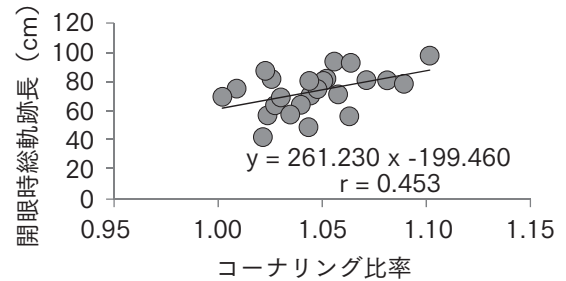


図3 全被験者におけるコーナリング比率と開眼時総軌跡長の相関関係

実際に、性別で筋力の比較を行ったところ、図4で例示したように、本研究で測定を行った全ての筋力の項目において、男性被験者は女性被験者と比較して有意に高値を示した。

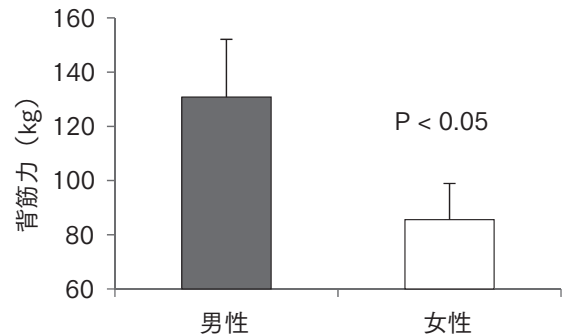


図4 男性被験者および女性被験者における背筋力の比較

解析精度を維持するため、男性被験者のみを対象として、図3と同様の相関分析の結果、図5のように、類似した傾向を得ることができたため、以後、男性被験者のみを抽出した分析を行うこととした。

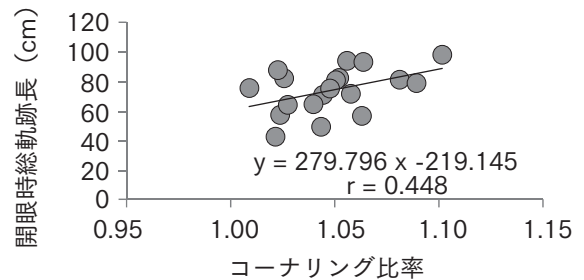


図5 男性被験者におけるコーナリング比率と開眼時総軌跡長の相関関係

男性被験者について、陸上競技部と非陸上競技部に群別した場合、開眼時における総軌跡長および体重動揺度

において、陸上競技部員は非陸上競技部員と比較して有意に低値を示した (図6)。

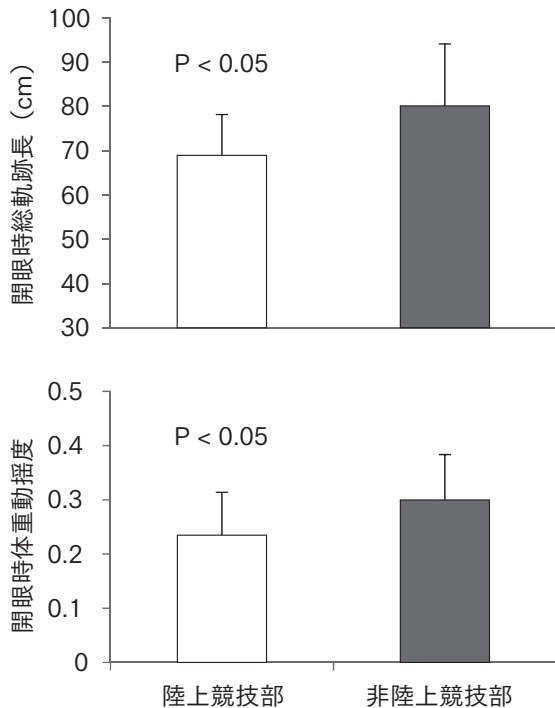


図6 男性陸上競技部および男性非陸上競技部における開眼時総軌跡長と体重動揺度の比較

陸上競技部員では、非陸上競技部員との較差から重心動揺度が安定している可能性が示唆された。

さらに、男性陸上競技部員のみを抽出し、開眼時総軌跡長およびコーナリング比率において、長距離種目群と短距離種目群について比較検証を行った。両者において、長距離種目群は短距離種目群と比較して、有意に優れた値を示し、長距離走選手は重心動揺度が少なく、コーナリング技能が高いことが推察された (図7)。

この結果を基に、陸上競技部員におけるコーナリングの能力に関連する因子について、コーナリング比率を従属変数に設定し、全ての測定項目の中から、独立変数を適宜に組み合わせる重回帰分析を行った。その結果、最も適合度の高い因子は、背筋力指数、股関節外転筋力、足指握力、開眼時重心動揺度であり、重相関係数は0.976、重回帰決定係数は0.953であった。これらの4項目から、比較的測定が簡便な背筋力指数と股関節外転筋力の2項目を独立変数として抽出した場合においても、有意な高い相関性が認められた (表2)。

本研究では、深部体幹筋力の測定を実施することはできなかったが、表2から類推されるように、陸上競技選手におけるコーナリングの技能には筋力要素が重要である可能性が示唆されている。

先行研究において、各種の競技者では一般人と比較して、脊柱起立筋および大腰筋横断面積が有意に増大して

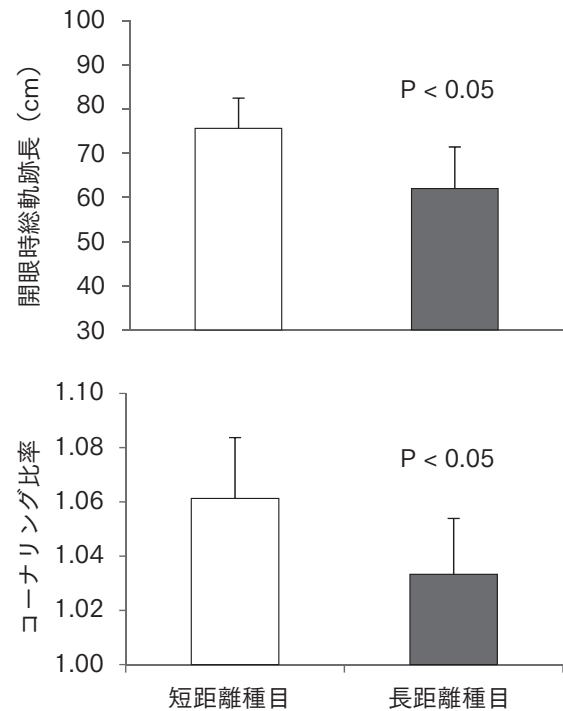


図7 男性短距離種目および男性長距離種目における開眼時総軌跡長とコーナリング比率の比較

表2 コーナリング比率を従属変数、背筋力指数、股関節外転筋力を独立変数とした重回帰分析

重回帰係数	R ² = 0.9217	
項目	係数	P- 値
背筋力指数	0.1173	0.0002
股関節外転筋力	0.0026	0.0001

いることが指摘されている (Peltonen, 1998: 福井, 2000)。殊に、大腰筋は腰椎前弯部において複数の椎体に列なって位置しており、その後方の横突棘筋とともに脊柱の直立維持に有用である (Calais, 2014)。近年、各種の競技スポーツにおいて、深部体幹筋群の重要性に注目が集まっており (Cholewicki, 1999: Cosio, 2003: Gildea, 2014: 中野, 2017)、バランス保持能力と体幹筋力との関連性が指摘されている (鈴木, 2009: 斎藤, 2007)。

一般に、股関節の外転筋として作用する小殿筋、中殿筋、大腿筋膜張筋、縫工筋等は、歩行時および走行時の立脚相において骨盤の安定化に寄与している。

骨盤の前傾に主として関与する筋は、大腰筋を包含する腸腰筋や大腿直筋、縫工筋などのいわゆる股関節屈曲筋群と脊柱起立筋群などであり、体幹筋群の横断面積の多寡が姿勢保持やバランス保持に影響するとの指摘7)を考慮すれば、コーナリングの技能的背景にこれらの筋群が強く関与するものと推察される。

元来、神経-筋協応能の視座から、効果器としての筋は、瞬時の身体状況を刻々と中枢へ伝達する役割を担っ

ている(種本, 2012)ことから, 体幹深部筋の有効な収縮と弛緩は, バランスの安定性にも寄与すると想定される。

他方, 近年, 子供たちの浮き指に関する多数の指摘が行われており, 重心位置とその動揺(酒向, 2008), 足のアーチ構造(中島, 2016), バランス能力(村田, 2017)等との関係が立証されている。本研究の成果と併せて, これらの報告等を総合的に勘案すれば, 曲線走における巧緻性に関するコツは, 従来の指導内容である『コーナーでは軽く内側に体を傾けることがポイントである』とするような上体姿勢にのみ依拠するばかりではなく, 日頃からの体幹と足趾を刺激するような運動遊びが奏功する可能性が高いことを示唆している。また, 子供たちの自己の重心動揺度の把握については, 図8に示したように, 開眼時における総軌跡長と体重動揺度との間に, 有意な正の相関関係が認められ, 既報(外山, 1985)とも合致することから, 簡易的な重心動揺度の推定として, 学校教育現場では, 体重計による代用が可能であると思量する。

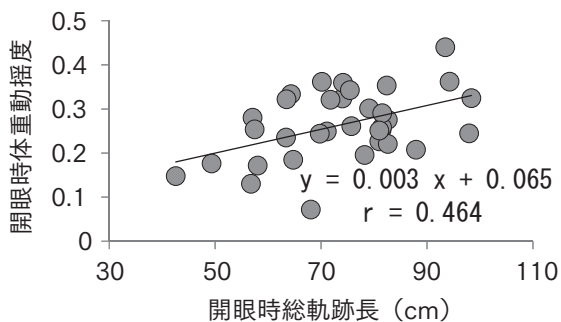


図8 全被験者における開眼時総軌跡長と開眼時体重動揺度の相関関係

【結 語】

曲線走の技能向上の一助となる資料について模索することを目的に, 健常な大学生である陸上競技部員21名, 非陸上競技部員13名を対象とし, 重心動揺, 重心位置, 体重動揺度等を測定した。また, 形態計測として身体周径囲4項目, 筋力5項目, および100m疾走能力について3項目を測定した。実験の結果から, 以下のような知見を得た。

1. 全被験者および男性被験者の双方において, コーナリング技能と開眼時総軌跡長との間に有意な正の相関関係が認められた。
2. 開眼時における総軌跡長および体重動揺度において, 男性陸上競技部員は男性非陸上競技部員と比較して有意に低値を示した。

3. 男性陸上競技部員のみを抽出し, 短距離種目群と長距離種目群に分別して, 開眼時総軌跡長およびコーナリング比率について比較, 検証した。両者において, 長距離種目群は短距離種目群と比較して有意に優れた値を示した。
4. コーナリング技能と筋力の関連を検証するために, コーナリング比率を従属変数に設定し, 背筋力指数, 股関節外転筋力の2項目を独立変数として, 重回帰分析を行った結果, 有意な高い相関性が認められた。

総括として, 重心動揺度の少ない対象者では, 曲線走での技能が高いことが推察された。さらに, 曲線走の技能は, 重心位置の偏位ではなく, 体幹・筋力の要素による影響が大きいことが推察された。

【謝辞】

本研究にあたり, 貴重な実験装置の貸与につきましてご快諾をいただきました徳島医療福祉専門学校の廣田茂美校長先生, 田中良先生, 村上和広先生をはじめ教職員の皆様に衷心より深謝申し上げます。

【参考文献】

- 浅見高明・岡田修一・川村禎三, 武道選手と他スポーツ選手の姿勢の比較, 武道学研究 14, pp.92 - 93, 1982.
- Calais-Garmain, B., Anatomy of movement. Eastland Press, pp.92-100, 2014.
- Cholewicki, J., Juluru, K., and McGill, S.M., Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. J. Biomech., 32, pp.13-17., 1999.
- Cosio-Lima, L.M., Reynolds, K.L., Winter, C., Paolone, V., and Jones, M.T., Effect of physio-ball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. Journal of Strength & Conditioning Research, 17, pp.721-725, 2003.
- 福井勉, 大腰筋機能の臨床的考察, バイオメカニズム学会誌, 24, pp.153 - 158, 2000.
- Gildea, J.E., Hides, J.A., and Hodges, P.W., Morphology of the abdominal muscles in ballet dancers with and without low back pain, A magnetic resonance imaging study. Journal of Science and Medicine in Sport, 17, pp.452-456, 2014.
- 広島県教育委員会, <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/200360.pdf>
- 星川佳広・飯田朝美・村松正隆・内山亜希子・中嶋由晴, 高校生スポーツ選手の競技種目別の大腿筋横断面積, 体力科学, 55, pp.217 - 228, 2006.

- 角田直也・金久博昭・福永哲夫・近藤正勝・池川繁樹, 大腿四頭筋横断面積における各種競技選手の特性, 体力科学, 35, pp.192 - 199, 1986.
- 狩野豊・秋間広・久野譜也, トップアスリートのMRI, スポーツ医学におけるMR画像の応用 - 診断と最新の研究・展望を中心に -, 臨総スポーツ科学臨時増刊号, 17, pp.33 - 37, 2000.
- 久野譜也・金俊東・衣笠竜太, 体幹深部筋である大腰筋と疾走能力の関係, 体力科学, 51(6), pp.428 - 432, 2001.
- 宮部美里, メタボピクス・ウォークへの道, 鳴門教育大学卒業論文, 24p., 2011.
- 文部科学省, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/sports/detail/_icsFiles/afiedfile/2012/01/27/1308039_04.pdf
- 村田伸・安彦鉄平・中野英樹・阪本昌志・松尾大・川口道生・須合洋次・松井宏彰, 浮き趾と足趾機能ならびに静的・動的のバランスとの関係, Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy, 6(4), pp.165 - 169, 2017.
- 中島弘毅・張勇・陸大江・大塚貴史・小林敏枝, 幼児の足裏と運動能力に関する日中比較研究 - 土踏まず形成度と足趾圧に着目して -, 松本大学研究紀要, 14, pp.73 - 83, 2016.
- 中野竜太郎, 野球の基本技術と下肢および体幹筋力との関連性, 鳴門教育大学修士論文, 24p., 2017.
- 岡田修一・浅見高明, 立位姿勢の分析からみたスポーツ選手の特徴, 日本体育学会大会号, p.431, 1987.
- 大川昌宏・菅原勲・櫻井忠義, 体幹部の筋横断面積および機能に関する陸上競技やり投げ選手と他の投擲選手との比較, 体力科学, 53, pp.411 - 424, 2004.
- Peltonen, J.E., Taimela, S., Erkintalo, M., Salminen, J.J., Oksanen, A., and Kujala, U.M., Back extensor and psoas muscle cross-sectional area, prior physical training, and trunk muscle strength - a longitudinal study in adolescent girls. European Journal of Applied Physiology, 77, pp.66-71, 1998.
- 酒向俊治・杉浦弘通・山崎伸一・江西浩一郎・松永勝也, 若年成人にみられる浮き指の重心動揺に及ぼす影響について, 理学療法科学, 35(2), p.749, 2008.
- 斉藤昭彦, 体幹機能障害の分析及び治療, 理学療法科学, 22, pp.1 - 6, 2007.
- 新宅幸憲・白井永男・高島規郎, 大学運動部員の重心動揺について, 日本体力医学会, 50, p.879, 2001.
- 新宅幸憲・溝畑潤・白井永男, 大学女子運動部員の立位姿勢の安定性について - 重心動揺の観点から -, 日本体力医学会, 51, 664, 2002.
- 末吉のり子・太田玉紀・村山敏夫, クラシックバレエ特有の立位姿勢保持能力と体幹筋の発達特性との関係, 体育学研究, 61, pp.815 - 825, 2016.
- 鈴木淳一・松永喬・徳増厚二, 重心動揺検査の Q & A, 手引き 1995, Equilibrium Research, 55, pp.64 - 77, 1996.
- 鈴木哲・平田淳也・栗本鮎美・富山農・植田一輝・小田佳奈枝・高橋正弘・渡邊進, 片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺との関係, 理学療法科学, 24, pp.103 - 107, 2009.
- 種本翔・渡邊進, 体幹深部筋群に対する運動介入が立位重心動揺に及ぼす影響, 理学療法科学, 27, pp.47 - 50, 2012.
- 建内宏重・樋口貴広, 姿勢と歩行 - 協調からひも解く -, 三輪書店, pp.2 - 29, 2015.
- 東京都教育委員会 http://www.kyoiku-kensyu.metro.tokyo.jp/09seika/reports/files/kenkyuin/sho/tai/207_sho_taiiku.pdf
- 外山寛・田中弘之, 簡易の重心動揺度測定法の試用と運動指導への応用について, デサントスポーツ科学, 6, pp.178 - 184, 1985.
- 渡辺功・山内公雄・平沢弥一郎, 成人の直立姿勢保持能力に関する長期的変動, 第5回姿勢シンポジウム一般演題抄録集, pp.15 - 16, 1983.