

研究ノート

任意の呼吸調整による呼吸相の違いが 四肢の等尺性・等速性筋力発揮に与える影響に関する国内文献の研究

岩城翔平¹⁾・木村 朗²⁾

A study of domestic literature on the effects of differences in respiratory phase due to arbitrary respiratory adjustment on the isometric and isokinetic muscle exertion of limbs

Shohei IWAKI¹⁾・Akira KIMURA²⁾

キーワード：呼吸調整、等尺性筋力、等速性筋力

I. はじめに

等尺性・等速性筋力を測定することは、スポーツやリハビリテーションの分野においてパフォーマンス向上および故障や怪我から競技・日常生活へ復帰するための指標の一つとして非常に有意義である。この等尺性・等速性筋力を発揮するメカニズムは、これまで主に運動力学と運動幾何学の観点から検討されてきた。

他方、呼吸と筋力・筋パワー発揮の関係については、多くのトレーニング指導書や指導現場において定説が流れている。Graham¹⁾は、短縮性局面あるいは筋力発揮の局面におけるスティッキングポイントで息を吐き、伸張性局面で息を吸うのが一般的であるとし、熟練したトレーニング実施者においては、脊柱にストレスがかかるレジスタンストレーニング時にバルサルバ法を用いることでより効果的な動作を行うことができるとしている。しかしながら、バルサルバ法は急激な血圧の上昇を招くことから、非熟練者においては運動中の事故につながる可能性がある²⁾ため、息を吐きながら行うことが望ましいとされている。このように呼吸と筋力・筋パワーの関係は、主にトレーニング実施上のテクニックや身体の安全を保つ点で重要視されている。

また、呼吸とスポーツパフォーマンスの関係につい

ては、剣道³⁾や柔道⁴⁾、空手^{5,6)}など元来相手との「間」や「呼吸」などを競技の決着に資する重要な要素として捉えている武道において盛んに研究されてきた。他競技では射撃や弓道などの標的競技と呼吸の関係⁷⁾、水泳の呼吸法の違いが泳パワーに及ぼす影響⁸⁾、中長距離走における疾走と呼吸リズムの関係⁹⁾、ダンスの感情的表現と呼吸の関係¹⁰⁾、ハンドボールの捕球・投球動作と呼吸相の関連¹¹⁾など、様々なスポーツにおいてパフォーマンスと呼吸相との関係が検討されてきている。

動作中の傷害リスクが低い等尺性・等速性筋力の測定は、実際のスポーツパフォーマンスに近い条件での筋力を測定することができるため、リハビリテーション分野だけでなくアスリートのトレーニングやコントロールテストにも利用されている。しかし、等尺性・等速性筋力発揮に関する研究は盛んに行なわれてきたものの、その際の呼吸方法及び呼吸調整について明確に定義した研究や、呼吸相の違いが四肢の等尺性・等速性筋力の多寡へ及ぼす影響について言及している文献は少ない。さらに、既存の文献は研究実施年が古く最新の知見であるとは言い難い。そこで我々は、直近10年以内に呼吸調整による呼吸相の違いが四肢の等尺性・等速性筋力に与える影響について言及した既存の研究論文を検索し、それらの研究報告に基づくメタ分

1) 群馬バース大学教養部 2) 群馬バース大学リハビリテーション学部理学療法学科

表1 研究論文の収集に使用したデータベース及び検索条件における検索結果と該当論文数

No.	キーワード	CiNii		J-STAGE		医中誌 Web		国立国会図書館サーチ	
		検索結果	該当数	検索結果	該当数	検索結果	該当数	検索結果	該当数
1	呼吸相 筋力	11	0	62	0	3	0	11	0
2	呼吸法 筋力	55	1	524	1	0	0	0	0
3	呼吸相 等速性筋力	0	0	0	0	3	0	6	0
4	呼吸調整 等速性筋力	0	0	0	0	3	0	6	0
5	呼吸 等速性筋力	6	0	93	0	1	0	4	0
6	呼気 等速性筋力	5	0	49	0	1	0	1	1
7	バルサルバ法 筋力	1	1	11	1	0	0	0	0
8	呼吸相 等尺性筋力	0	0	1	0	3	0	13	0
9	呼吸調整 等尺性筋力	0	0	1	0	3	0	13	0
10	呼吸 等尺性筋力	14	0	121	0	0	0	5	0
11	呼気 等尺性筋力	5	0	33	0	41	1	93	1
		97	2	895	2	58	1	152	2

析を行いその効果を統計学的に解析することで、多様な目的で実施されるトレーニングに効果的な呼吸法を取り入れることを目的とした。なお、今後日本人を対象とした実験を予定しており、可能な限り実験条件に近似したデータを得るために本研究では検索対象を国内の文献に限定した。

II. 対象と方法

対象の論文は2010年以降に日本人を研究対象とし日本国内で発表されたもので、公共の書誌データベースに掲載されているものとした。研究の対象者集団は、発揮筋力のばらつきを抑えるため15歳から30歳の健康者に限定した。呼吸と筋力の因果関係に言及（をテーマに）している論文を収集し、呼吸に対して何らかの介入を行い、対照条件として呼吸状態を操作していないもの、もしくは努力を伴わない呼吸状態としたもの、アウトカムには、等尺性・等速性筋力としているものを検索条件に設定した。

まず、対象で挙げた研究論文を収集するため書誌データベースから検索した。条件に当てはまる研究論文から数値データが得られた場合、そのうち最も有効なもの5編を選択し構造化抄録の作成を目指した。ここで対象、介入、対照、帰結の順に表を作成、研究論文で示されている数値を書き出し、集計された結果からメタ分析を行い、統合した結果（被検者の総和、介入条件:人数、対照条件の人数、アウトカムの数値（介入と対照））を独立したt検定を行って有意性を確認する。さらにオッズ比を求め、5編の研究のうち、介入の効果があつた数となつた数の確率を求めるクロス表の作成を行うこととした。

III. 結 果

各データベースで呼吸に関するキーワードと筋力に関するキーワードを組み合わせて検索を行った。用いた検索キーワード及びその検索結果と、条件に当てはまった論文数を表1に示した。ただし、「呼吸 筋力」のように「呼吸に用いられる筋力」をメインテーマとして据える論文が明らかに多かった検索キーワードは今回の結果から除外した。検索結果の総数は1,202件であり、条件に当てはまった論文の総数は7編であった。この内、同じ内容の検索結果を除外すると、該当する論文の総数は3編となった。さらに、図1のフローチャートに従い抄録を除外したところ、最終的に抽出された論文数は2編となった。以下に各論文の概要を示した。

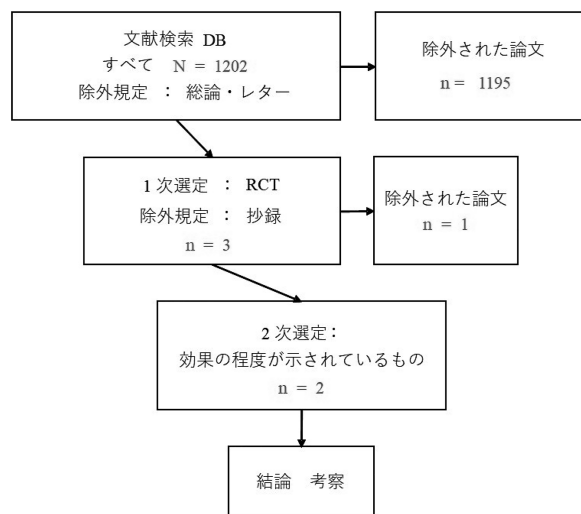


図1 文献検索のフローチャート

1. 呼吸法と把持力量の関係

藤本ら¹²⁾は、静的な動作において呼吸法が把持力量に与える影響について、運動部所属の男女学生10名を対象とし、その把持力量と筋電位の変化を比較検討した。その結果、すべての呼吸法条件間に有意な差は見られなかったものの、筋電位および把持力量において、「一瞬息を吐く」条件で呼吸法開始前の平均数値である100%を下回り、3秒間息を吐く条件および発声条件では筋力が増加するという特徴がみられた。有意差がみられなかったことについては、呼吸条件によって個人差が大きいことや、動作を伴わない課題であるため身体の動きがうまくリンクしなかった可能性が挙げられる。本実験では、ゆっくり息を吐いたり、力が抜けそうな声を短く発したり、素早く息を吸ったりという呼吸法が動作をスムーズに一致させる可能性が示唆された。また、「一瞬息を吐く」条件に比べ、「3秒間息を吐く」条件と「3秒間力の入る声を出す」条件で分散が大きく、個人差がみられたことから、3秒間呼吸法を続ける方法は個人差が大きく、個人によって向き不向きがあり、筋力のコントロールが難しくなる傾向があると言える、と結論付けている。

2. ゆっくりした腹式呼吸と肩内・外転運動の関係

治面地ら¹³⁾は、健常成人男子8名を対象とし、ゴムバンドを用いた肩関節の内外転運動における上腕二頭筋、三角筋（前部、中部、後部）、僧帽筋（上部、中部、下部）大胸筋の筋活動を、通常呼吸と呼吸介入の条件を加えて測定した。呼吸介入は、8秒間息を吐き続けながら上肢を90°外転、8秒間吸い続けながら内転するというものであった。その結果、呼吸介入ありで行った外転動作では、三角筋中部、僧帽筋において、通常呼吸で行った同様の動作と比較して有意に筋活動量が高値であった。同じく呼吸介入ありでの内転動作では、上腕二頭筋と三角筋前部において通常呼吸で行った同様の動作と比較して有意に低値を示した。肩関節の外

転・内転は、動作に先立ち体幹筋の収縮が起こることから、ゆっくりした呼吸で動作を行うことにより、体幹筋が効率よく収縮し安定したことで、主動筋の筋活動を効率よく高めたことが示唆された、としている。

各論文において、呼吸介入が運動に与えた影響を表2に示した。それぞれの論文で筋力発揮に対する呼吸の介入を実施しており、測定結果に対しある程度効果を与えていることが見て取れる。しかしながら、いずれの論文も等尺性・等速性筋力値については記載がなく、本研究で目的としていた統計処理は実施できなかった。なお、検索した直近10年間以前において肘関節の等尺性最大屈曲筋力と呼吸位相の関係について検討した研究論文¹⁴⁾が見られたが、等速性筋力については検討がなされていなかった。

表3に、直近10年間の等速性筋力および等尺性筋力に関連する論文の発行数を検索した結果を示した。等速性筋力に関連する論文の発行数は等尺性筋力に関連する論文数に比べて半分以下であった。

IV. 考 察

表1の結果において、厳選前の検索結果数に大きな差が見られたが、これはデータベースの特性上、学会大会誌の抄録にヒットした結果を多く含むためであった。さらに言えば、一つのページに3編の抄録が掲載されている場合でも、ヒットワードがページ内に含まれている場合、3編すべてが検索結果として表示されるケースも多く確認された。実際には全く関係性のないタイトルの抄録が重複していたことから、検索結果に大きく差が出たと考えられた。

また、結果に記載したとおり、今回抽出した文献ではいずれも各被検者における筋力の数値について記載がなく（表2）、本研究の目的である呼吸と筋力の因果関係およびその効果を統計学的に明らかにするには

表2 各文献内で呼吸介入が運動に与えた影響

No.	タイトル	発行年	被験者	運動	呼吸介入	運動に与えた効果
1	呼吸法が把持力量に及ぼす影響	2016	男性7名 女性3名	把持圧力の測定	一瞬息を吐く	把持力量低下
					3秒間息を吐く	把持力量が増加する傾向
					発声（3条件）	把持力量が増加する傾向
2	ゴムバンドを用いて、ゆっくりとした腹式呼吸に合わせて行う肩内・外転運動が肩関節周囲筋に及ぼす影響	2014	男性8名	ゴムバンドを用いた肩内外転動作	8秒間息を吐き続ける	筋力の測定なし 主動筋の筋活動量増加
					8秒間息を吸い続ける	筋力の測定なし 主動筋以外の筋活動量低下

至らなかった。さらに年代を遡って検索をしても、四肢の等速性筋力に対する呼吸介入の効果について検討した論文は見当たらなかった。その理由の一つとして、五味ら¹⁵⁾は、等速性筋力測定装置は設置型であり持ち運びができないこと、価格が高いこと、操作が複雑であるに対し、等尺性筋力測定装置の代表格であるハンドヘルドダイナモメーターは安価かつ小型であり、多くの臨床現場で用いられていることを指摘している。以上の理由から発行論文数に差があったものと考えられた(表3)。

表3 J-STAGEで検索した直近10年間の査読あり論文数

発行年	検索キーワード	
	等速性筋力	等尺性筋力
	or アイソキネティック	or アイソメトリック
2010~2019	155	317

呼吸と筋力発揮の関連に限定せずに文献を検索した場合、呼吸に関する論文は、はじめに挙げた武道やスポーツ、トレーニング、リハビリテーションなどの運動学的側面だけでなく、生理学的、心理学的側面などから数多くの研究がなされている¹⁶⁻¹⁹⁾。本研究で検索した条件に当てはまる研究論文が2編に留まった要因として、呼吸介入した試技の測定結果にばらつきがあり有意な関係が見られなかったことが予想される。坪井³⁾は、剣道のとび込み正面打撃動作中における熟練者と未熟練者の呼吸方法を計測し、未熟練者は最大呼気時に打撃するのに対して、熟練者は呼気あるいは吸気相～中期で打撃していることを明らかにした。また、藤本ら¹²⁾は、筋電位と把持力量の変化率に有意差が見られなかったことについて、呼吸条件によって個人差が大きいことや、動作を伴わない課題であるため呼吸法と身体の動きが上手くリンクしなかった可能性を指摘している。これらのことから、特定の動作または筋力発揮と呼吸の関係は、対象者の技術の熟練度や筋力発揮時の習慣によって個人差があることが考えられる。等速性筋力測定装置は、機器の特性上病院や研究施設にあることがほとんどであり、一般的な普及はしていないためにリハビリや研究の被検者として初めて経験する可能性が極めて高い。等速性筋力を発揮する動作に慣れていない被検者が等速性筋力発揮と呼吸調整の2つを意識して実施することは、対象によっては難易度が高く、個人の試技間でデータのばらつきが発生する可能性を否定できないであろう。

今後の展開として、実際に任意の呼吸調整による呼吸相の違いが四肢の等尺性・等速性筋力発揮に与える影響について測定を実施し、分析することは大変有意義であることが推察される。研究の実施にあたっては、予め被検者に等速性筋力発揮および呼吸調整法のトレーニングを行い、双方の試技によく慣れさせてから行うことが望ましいと考えられる。また、疫学的評価にも耐える研究論文の発表を目的とするにあたり、多くの被検者確保や測定結果の統計学的検討が必要である。

V. ま と め

本研究では、任意の呼吸調整による呼吸相の違いが四肢の等尺性・等速性筋力発揮に与える影響の仕組みについて、関連する既存の研究論文を整理し、その中で呼吸と筋力の因果関係を調べている研究に注目して、その効果を統計学的に明らかにすることを目的とした。各データベースで呼吸に関するキーワードと筋力に関するキーワードを組み合わせて検索を行ったところ、最終的に抽出された論文数は2編であり、いずれの文献も各被検者データについて記載がなかった。したがって、本研究で目的とした呼吸と筋力の因果関係およびその効果を統計学的に明らかにするには至らなかった。呼吸と運動・筋力発揮の関係には個人の習慣があるため、今後の研究の実施にあたっては、予め被検者に各試技のトレーニングを施しよく慣れさせてから行うことが望ましいと考えられた。疫学的評価にも耐える研究論文の発表を目的とするにあたり、多くの被検者確保や測定結果の統計学的検討が必要である。

VI. 謝 辞

本研究を遂行するにあたり御指導を賜りました、群馬パース大学副学長 高橋正明教授に深甚なる謝意を示します。

VII. 利益相反

本論文内容に関連する利益相反事項はない。

参 考 文 献

- 1) Graham JF. “レジスタンストレーニングのエクササイズテクニック”. NSCA パーソナルトレーナーのための基礎知識第2版. Coburn JW, Malef MH 編. 千葉, 特定非営利活動法人 NSCA ジャパン, p.309-310.
- 2) Caulfield S, Berninger D. “フリーウェイトおよびマシーントレーニングのためのエクササイズテクニック”. NSCA 決定版 ストレングストレーニング & コンディショニング 第4版. Haff GG, Triplett NT 編. 東京, 有限会社ブックハウス・エイチディ, p.391-392.
- 3) 坪井三郎. 剣道における動作と呼吸の研究—正面打撃・各稽古中の呼吸波形—. 体育学研究. 1973, 18巻, 1号, p.23-29.
- 4) 佐々木武人. 柔道投技における連絡技の呼吸調整について. 福島大学教育学部論集 教育・心理. 1978, 30号, p.45-52.
- 5) 池田守利. 空手道の突き動作と呼吸調整との関連について. 武道学研究. 1977, 10巻, 1号, p.25-29.
- 6) 池田守利. 空手道の突き動作時の呼吸調整とタイミングの関連. 武道学研究. 1976, 9巻, 2号, p.48-50.
- 7) 石井喜八, 林 恭輔. “標的競技における呼吸運動と心拍動”. トレーニングによるからだの適応—スポーツ生理学トピックス—. 平野裕一, 加賀谷淳子編. 東京, 杏林書院, 2002, p.180-191.
- 8) 森 誠護, 田口正公. クロール泳における呼吸法の違いによる自己推進時抵抗・泳パワーの比較. 日本体育学会大会号. 2002, 第53回, p.503.
- 9) 山口政信, 浅川正一, 武政喜代次, 他. 疾走(中長距離走)における呼吸リズムに関する研究. 体育学研究. 1971, 15巻, 5号, p.238.
- 10) 石黒節子, 松本千代栄, 石黒国雄. 動きのリズムに関する研究 (5)呼吸に表われたダンスのリズム. 体育学研究. 1969, 13巻, 5号, p.122.
- 11) 荒川清美, 藤原 侑, 正木健雄. ハンドボールにおける投球動作の考察—動作と呼吸との関連について—. 体育学研究. 1966, 10巻, 2号, p.436.
- 12) 藤本愛子, 石倉忠夫. 呼吸法が把持力量に及ぼす影響. 同志社スポーツ健康科学. 2016, 8号, p.48-52.
- 13) 治面地順子, 宮川俊平. ゴムバンドを用いて、ゆっくりとした腹式呼吸に合わせて行う肩内・外転運動が肩関節周囲筋に及ぼす影響. 日本温泉気候物理医学会雑誌. 2014, 77巻, 2号, p.143-150.
- 14) 脇田裕久, 河合辰夫, 矢部京之介, 他. 最大筋力発揮に及ぼす呼吸相の影響. 三重大学教育学部研究紀要. 1991, 第42巻, 自然科学, p.97-104.
- 15) 五味雅大, 平野正広, 加藤宗規. ハンドヘルドダイナモメーターとベルト固定を用いた等尺性肩関節筋力測定値の妥当性—等速性筋力測定機器との比較—. 理学療法化学. 2015, 30巻, 2号, p.317-321.
- 16) 麓 正樹. スムーズな動作につながる呼吸法と力の抜き方. バイオメカニズム学会誌, 2011, Vol.35, No. 3, p.176-180.
- 17) 脇田裕久, 南 亘, 細野信幸. 全身反応動作に及ぼす呼吸相の影響. 三重大学教育学部研究紀要. 2002, 第53巻, 自然科学, p.105-114.
- 18) 鈴木康文, 鯉坂隆一, 田辺 匠, 他. 高血圧を有する中高齢者における下肢レジスタンス運動の安全性および呼吸指導の効果. 体力科学, 2003, 第52巻, Supplement 号, p.185-192.
- 19) 小池俊徳, 一川 誠. 随意的呼吸調整が外発的注意および内発的注意に及ぼす効果. VISION, 2019, 31巻, 3号, p.87-100.