

Key Words 【水中環境：water environment、筋力：strength、ガイドライン：guidelines】

水中レジスタンストレーニング： 短期的および長期的効果

Aquatic Resistance Training: Acute and Chronic Effects

Sebastien Borreani,^{1,2} MSc Juan C. Colado,¹ PhD Joaquin Calatayud,¹ MScCarlos Pablos,² PhD Diego Moya-Nájera,¹ MSc N. Travis Triplett,³ PhD¹Research Group in Sport and Health, Laboratory of Physical Activity and Health, Department of Physical Education and Sports, University of Valencia, Valencia, Spain²University Institute of Science in Physical Activity and Sports, Catholic University of Valencia, Valencia, Spain³Department of Health, Leisure, and Exercise Science, Appalachian State University, Boone, North Carolina

要約

水中環境はエクササイズに有利な物理特性を備えており、レジスタンストレーニング(RT)の代替的、補助的な実行手段である。しかし、水中エクササイズの研究はもっぱら有酸素性エクササイズに焦点を当てており、水中で行なうRTの効果はほとんど明らかにされていない。この叙述的レビューでは、水中で行なうRTの短期的、長期的効果を調べた諸研究を概観し、エビデンスに基づく初期のガイドラインを提示する。

序論

レジスタンストレーニング(RT)の有益な効果は、この10年間に広く浸透した(1,2)。加えて、水中で行なうアクアレジスタンスエクササイズは、高齢者のための理想的なRTの様式として、筋力、パワー、心血管代謝危険因子、骨密度、および精神機能を改善し、またRTに伴うリスクの一部を低減するとされている(1)。また深い水深で行なうウォーキングおよびランニング、浅い水深で行なうウォーキングおよびランニング、アクアバイク、および水中で直立して行なうRTエクササイズは、非活動的な人や泳げない人のための代替的エクササイズとして人気が高まっている(43)。また水から頭を出して行なうアクアエクササイズは、いくつかの疾患のリハビリテーションプログラム、フィジカルコンディショニング、およびアスリートの競技パフォーマンス向上の主要な構成要素である(7,8,37)。水中環境は、エクササイズに有利な物理特性を備えており、RTの

代替的な実行手段となっている。

本稿では、水中で行なうRTに関するいくつかの問題について、先行研究をレビューする。まずは水中で行なうRTの短期的効果について、衝撃力、筋損傷、ホルモン応答、および筋活動の面から検証する。次に、水中で行なうRTの長期的効果について、筋力、パワー、機能的な能力、柔軟性、バランス、最高酸素摂取量($\dot{V}O_{2peak}$)、身体組成、心血管代謝危険因子、およびその他の要素から検証する。さらに、用具や水温の効果についてもレビューする。またこれらの先行研究を基に、水中で行なうRTプログラムを処方するにあたっての実践的ガイドラインを提示する。

水中で行なうRTの短期的効果 衝撃力

水中環境における身体活動は、浸水の深さに応じて体重が軽減した状態で行なわれるため、心肺機能や筋力を向上させるための効率的かつ安全な代替手段である(15,56)。また、水の浮力に

よって関節に加わる圧縮力が小さくなるため、傷害や転倒のリスクが低い(19)。特にこの理由から、水中で行なう身体活動は、肥満者、高齢者、および変形性関節症、骨粗鬆症、腰痛の患者のための理想的なエクササイズ様式である(9,43,56,60)。ただし荷重エクササイズはその性質上、禁忌や制限を伴う場合があるため、すべての人に最も適したエクササイズであるとは限らない(43)。Masumoto&Mercer(40)によると、浸水の深さによる体重の軽減率は、(a)第7頸椎までの浸水で43%減、(b)剣状突起までで29%減、および(c)上前腸骨棘までで15%減である。

また水中は、陸上に比べて衝撃力が小さく、短縮性のピークフォースが大きいため、ジャンプを行なうアスリートにとって最適な環境である(21,57)。さらには片脚で、また流体抗力を増大させる用具をつけてジャンプを行なうと、短縮性のピークフォースが増大し、衝撃力が低下する(30,57)。また、浅い水深で行なう有酸素性エクササイズでは、床反力(鉛直方向のピーク値および負荷率)が陸上に比べて小さく(3,27)、浸水が深くなるほど、床反力の鉛直方向のピーク値は小さくなる(27,33)。陸上に比べて、水中で身体に加わる力は、上前腸骨棘までの深さで40%、剣状突起までの深さで50%減少する(27)。ただし、トレッドミルでのランニングと、腰までの浅い水深で行なうランニングでは、実施30分後にみられる脊柱短縮の程度に差がない(31)。以上のような研究結果は、水中でのパワートレーニングが、陸上トレーニングと同様の効果をもたらす、なおかつ受傷リスクを低減する可能性を示しているため、実践的見地から非常に重要である。

水中で行なうRTが筋損傷とホルモン変数に及ぼす効果

水中で行なうRTが、筋損傷やホルモン変数に及ぼす短期的効果を調べた研究は少ない。我々の知る限り、これらのトピックを扱った研究は2件のみである。

水中で行なうRTの後には、筋損傷は生じないと考えられる。Pantojaら(44)は、陸上と水中環境で同様のRTを実施し、筋損傷を比較した。いずれのRTプロトコルも、3セットの最大努力で行なうエルボーフレクション&エクステンションで構成された。陸上でフリーウェイトを使用する対照群の負荷は、10RMテストを使って決定された。一方、水中でのエクササイズは、水の抵抗を増大させる用具を用いて最大速度で行なわれた。また同じ代謝応答を再現するため、エクササイズの継続時間は陸上、水中で同一とした。その結果、48時間後の血漿クレアチンキナーゼは、陸上群では有意に上昇したのに対し(約2倍)、水中群では有意な差は生じなかった。したがって、水中で行なうRTのほうが回復が早いため、陸上でのRTよりも高頻度で実施可能であると結論づけた。

また水中で行なうRTは、若年成人と高齢者のいずれにおいても唾液テストステロンを刺激すると考えられる(14)。筋力向上に重点を置いた水中エクササイズは、有酸素性の水中エクササイズに比べて、唾液テストステロンの上昇をより即時的に刺激することが明らかになっているが、これはおそらく前者のトレーニングプロトコルのほうが高強度のためである(14)。したがって、同化ホルモンへの刺激を最適化するのに十分な強度のトレーニングセッションを処方することが、特に高齢者の筋力と、またおそらくは筋量を

高める上で重要である。

水中環境における筋活動

表面筋電図(EMG)は、エクササイズ実施中の筋活動を分析するための最も一般的な方法である(55)。EMG信号の振幅が大きいエクササイズほど、筋力向上の効果も高いと考えられている(6,29)。水中におけるEMGは、適切な防水措置が施される限り、筋活動を分析する上で信頼性の高い手法である(17,48,49,54)。

水中でニーフレクションとエクステンションを反復して行なうと、可動域の最後で主働筋の短縮性筋活動が低下し、同時に拮抗筋の活動が増大する(51)。これは下肢の動作が原因であり、慣性の作用による水の流れに乗って下肢が動き続けることで生じる。また、早めの方向転換に伴って動作を減速させる必要があるために、拮抗筋の伸張性筋活動が早期に生じる。また、この種の動作は、伸張-短縮サイクル系のエクササイズと定義できる。これに対し、水中で1回のみ行なう動作では、可動域全体にわたって拮抗筋の活動は低い一方、主働筋の活動は高く、また長く持続する。さらに角速度は、エクササイズを1回のみ行なう場合と反復する場合とで同様の値を示す。以上のことから、水中で行なう反復動作は、短縮性と伸張性の両筋活動を発生させるのに対し、水中での単一動作は、純粋な短縮性筋活動のみを発生させ、またこれらの動作は重力の作用が小さく、角速度が非常に一定しているために、等速性マシンを用いるのと同様のEMGパターンを示す(51)。

水中で行なうRTエクササイズのEMGを測定した研究は少ない。Pintoら(46)は、女性15名に、肘を屈曲/伸展させながらその場で行なうアクア

ジョギングを、用具を使わない、流体抗力増大用具を使う、または浮遊具を使う各条件下で、最大下(80bpmおよび100bpm)および最大テンポで実施させてEMGを分析した。その結果、最大テンポで行なわれたエクササイズでは、最大下テンポに比べて、上腕三頭筋を除くすべての筋が有意に高い値を示した。また2種類の最大下テンポに関しては、両方とも大腿二頭筋を除くすべての筋が同様のパターンを示し、80bpmと100bpmで有意な差はなかった。

水中で行なうRTエクササイズのEMGを測定した研究の中には、脊柱を安定化する体幹筋群(コア)の筋活動を評価したものがある。RTにおいては、腰部の傷害予防やリハビリテーションを目的として、しばしば非活動的な人、健康なトレーニング実践者、およびエリートアスリート向けに、コアトレーニングを組み込む必要がある(9)。水中と陸上で、同じ水平シールドアブダクション&アダクションのエクササイズを実施し、主観的運動強度(RPE)スケールを用いて強度を同じに調節した場合、腰部脊柱起立筋の筋活動は水中が陸上を上回る(23)。水の流れによって不安定性が増大するため、腰部脊柱起立筋の活動が有意に上昇するのである(23)。

アクアレジスタンスエクササイズを最大速度で実施する場合、用具の違い(大きい小さいか、抗力増大用具か浮遊具か)によってコアの筋活動に差はみられない(20)。Bresselら(12)は、水中と陸上で行なわれる腹筋エクササイズ4種目を分析したところ、大半のコア筋群の筋活動は、すべてのエクササイズにおいて陸上が水中を上回った。著者らはこれを水の浮力によるものと説明し、水中で行なうこれらのエクサ

サイズを、腰部の傷害のリハビリテーション初期に取り入れることを推奨した。なお、アブドミナルプレーシング、スタビリティボールプッシュダウン、およびラテラルプッシュダウンなどのアクアエクササイズは、体幹の筋活動を最大限に高めるのに対し、アブドミナルホローイングやペルビクティルトは筋活動を抑える(13)。

浸水の深さに関しては、剣状突起までの深さが、鎖骨までの深さに比べて主働筋の筋活動を最適化する(20)。また深さの違いは、コアの筋活動に有意な変化をもたらさないが、それでも浸水が浅いほうがコアの筋活動が高まる傾向にある(20)。したがって、主働筋を最大限に活動させる必要がある場合は、浅い浸水を用いたほうがよい(20)。

水中で行なうRTの短期的効果に関する科学的根拠をレビューした上で、関連する介入研究の概要を表に示した。

水中で行なうRTの長期的効果

水中で行なうRTが筋力に及ぼす効果

水中で行なうRTは、男性(10,24,35)と女性(26,42,47,52,58)、また若年成人(24,47,52)と高齢者(10,26,32,42,56)のいずれにも、筋力を高める効果をもたらす。なお、筋力測定には様々な方法が用いられているが(1RM、3RM、10RM、等速性および等尺性テスト、機能テスト)、筋力の向上効果は、RTが水中エクササイズの一部として実施された場合にも、RTが単独で行なわれた場合にも生じている。Pintoら(47)は、水中でRTと有酸素性トレーニングを組み合わせて行なう場合は、セッション内のエクササイズ配列が重要であることを示し、その上で、筋力と筋厚の向上効果を最適化するために、RTは有酸素性トレーニングの前に行

なうことを推奨している。

水中で行なうRTが体力に及ぼす効果

パワー(24,56,58)、日常生活活動を行なう機能的能力(10,36,56,58)、柔軟性(11,26,35,58)、および最高酸素摂取量($\dot{V}O_{2peak}$)(42,47,56)は、RTを伴う水中エクササイズの実施後に向上するとみられる。ただしJonesら(34)は、中強度の複合アクアトレーニングを12週間実施した結果、 $\dot{V}O_{2peak}$ に有意な向上を認めなかった。またバランスを測定した研究は1件だけあるが、これも基準値に比べて差はみられなかった(36)。またRTのみ単独で実施した研究では、パワー、機能的能力、および柔軟性が向上した一方、 $\dot{V}O_{2peak}$ は複合トレーニングを実施した場合のみ向上した。水中で単独で行なわれるRTが、 $\dot{V}O_{2peak}$ とバランスに及ぼす効果を分析するには、さらなる研究を行なう必要がある。なお、同時トレーニングにおけるセッション内のエクササイズ配列は、 $\dot{V}O_{2peak}$ の向上には効果を及ぼさないとみられる(47)。また水中で行なうRTが、筋力や日常生活活動の機能的能力を向上させる効果は、陸上でエラスティックバンドやウェイトマシンを用いて行なうトレーニングと同等である(22)。

表 水中で行なうレジスタンストレーニングの効果

研究	集団	年齢(歳)	期間(週)	エクササイズの詳細	用具の使用	効果の測定	生理学的反応
Bentoら (10)	高齢者 (N=37)	60 ~ 76	12	CG EG=セッションを週3回、1回60分: うち20分の有酸素性エクササイズはBorgスケール(6 ~ 20)の12 ~ 16で、また20分の下肢のRTは40秒のエクササイズを20秒の休息を挟んで行ない、動作速度を徐々に速めてBorgスケール(6 ~ 20)の12 ~ 16で強度を漸増 浸水は剣状突起の深さまで	流体抗力増大用具	筋力:ピークトルク、トルクの立ち上がり速度 機能テスト	↑大半の筋のピークトルクとトルクの立ち上がり速度。 ↑機能テスト(シット&リーチ、8フィート[約2.4m]アップ&ゴーテスト、および6分間歩行テスト)、ただし30秒椅子立ち上がりテストは除く。
Bravoら (11)	閉経後女性 (N=77)	59.4±5.5	52	SWTを週3回、1回60分。うち40分をジャンプとRT。RTはエクササイズ6種目を各15 ~ 20レップ×1セット 浸水は最も低い身長の実験者の腰の深さまで	なし	BMD:L2 ~ L4および大腿骨頸をDEXAで測定 柔軟性、アジリティ、コーディネーション、筋力、持久力、精神的健康度	↓腰椎のBMD。 ≈大腿骨頸のBMD。 ↑柔軟性、アジリティ、筋力、持久力、および精神的健康度。 ↓コーディネーション。
Cardosoら (16)	成人女性 (N=34)	35 ~ 75	12	DWTを週2回、強度を漸増。エクササイズ1種目につき10 ~ 30秒×2 ~ 6セット、休息時間は1分 ~ 1分40秒 4つのEG:EG1とEG2=筋力向上に重点を置き、Borgスケール(6 ~ 20)の12 ~ 19で強度を漸増 EG3とEG4=筋力向上に重点を置かない	EG1とEG3=下肢に抵抗を増大させる用具(詳細不明)。 EG2とEG4=上肢に抵抗を増大させる用具(詳細不明)	1RM:肘関節屈曲筋群、肘関節伸展筋群、股関節内転筋群(プログラムで実施されたエクササイズ)	↑全EGのすべての筋の筋力。EG間には差はなし。ただしEG3とEG4の股関節内転筋は除く。下肢の筋力を有意に向上させるには、筋力向上に重点を置く必要がある。用具の使用は筋力に影響を及ぼさず。
Coladoら (22)	非活動的な閉経後女性 (N=77)	53±2	10	CG 全EGで同じデザイン。セッションを週2回。20レップ×1 ~ 3セット、30秒の積極的休養。強度はOMNIスケール(0 ~ 10)の5 ~ 7で漸増。EG1=陸上でエラスティックバンド EG2=浅い水深でトレーニング EG3=陸上でウェイトマシーン	流体抗力増大用具	体力:ニーブッシュアップ、60秒スクワット、アブドミナルクランチ 身体組成	↑全EGの体力。 ↓全EGの体脂肪量。 ↑EG2を除く全EGの除脂肪体重。EG2のみ除脂肪体重は変化せず。全般的に3つのEG間で各トレーニング方法の効果に差はなし。
Coladoら (24)	健康な若い女性 (N=20)	21.2±1.17	8	CG EG=SWTを週3回、強度を漸増。エクササイズ1種目につき8 ~ 15レップ×3 ~ 5セット。動作テンポはエクササイズおよび被験者ごとに調整	流体抗力増大用具	身体組成 筋力:1RM パワー:スクワットジャンプテスト	↑筋力、パワー、除脂肪体重。 ↓体脂肪量および一部の周囲径と皮脂厚、特に腹部と胸部。

表 水中で行なうレジスタンストレーニングの効果(つづき)

研究	集団	年齢(歳)	期 間 (週)	エクササイズの詳細	用具の使用	効果の測定	生理学的反応
Coladoら (26)	非活動的な 閉経後女性 (N=46)	54±2	24	CG	流体抗力増 大用具	体力:シット&リー チ、ニープッシュ アップ、60秒スク ワット、アブドミナ ル克蘭チ 身体組成、血液プロ フィール	↑両EGの体力(EG2 のアブドミナルクラ ンチを除く)。 ↑両EGの除脂肪体 重。 ↓両EGの体脂肪量、 BMI、およびウエスト 周囲径。 ↑EG2のHDL-Cおよ びHDL-Cに対する総 コレステロールの割 合。 ↑CGのコレステロー ル、LDL-C、血糖値、 およびウエスト周囲 径。両EGには変化な し。 ↓両EGの最低血圧。
				両EGとも同じデザインで強度 を漸増:セッション週2~3回、 15~20レップ×1~3セット。 強度はOMNIスケール(0~10) で5~7。EG1=SWT			
				EG2=陸上でエラスティックバ ンドを用いたエクササイズ			
Graefら (32)	高齢女性 (N=27)	60~74	12	CG	フォーム素 材の抵抗増 大用具	1RM:ベクトラルフ ライマシーン	↑EG1の筋力。
				EG1=筋力向上に重点を置い たSWT。うち35分の有酸素性 トレーニングはBorgスケール (6~20)の12~13の強度で、 また15分のRTは強度を漸増さ せながら8~15レップ×4~5 セットを、90~120秒の休息 時間を挟んで最大速度で実施 し、浸水は剣状突起の深さまで			
				EG2=筋力向上に重点を置か ないSWT。50分の有酸素性ト レーニングをBorgスケール(6 ~20)の12~13の強度で			
Jonesら (34)	過体重の 女性 (N=15)	57±4	12	DWTを週3回、1回60分。有酸 素性トレーニング(様式に依存 した最大心拍数の70~75%) とRT(有酸素の合間に60~90 秒)の組み合わせ	水の抵抗ま たはフォー ム素材のダ ンベル	血糖およびインスリ ン反応 形態測定:体重、 BMI、ヒップおよび ウエスト周囲径、お よびウエスト-hip 比 有酸素性能力:DWR による最大酸素摂取 量テスト	↓EG1のウエスト周 囲径およびウエスト -hip比。 ↓EG2のウエスト周 囲径。 ↑EG2のインスリン および血糖反応。
				EG1=正常な耐糖能の被験者			
				EG2=耐糖能異常の被験者			

表 水中で行なうレジスタンストレーニングの効果(つづき)

研究	集団	年齢(歳)	期 間 (週)	エクササイズの詳細	用具の使用	効果の測定	生理学的反応
Kargarfardら (35)	中等症血友病の男性 (N=20)	20±9	8	CG EG=水中、週3回のセッションを1回40～60分。有酸素性、柔軟性、およびRTの組み合わせで強度を漸増。RTは最大速度で実施	なし	筋力:Biodex製の等速性筋力測定器 柔軟性:可動域	↑両膝の屈曲および伸筋力、および膝関節、肘関節、足関節の可動域。
Katsuraら (36)	健康な高齢者 (N=20)	69.1±4.5	8	SWTを週3回、1回90分。両EGともに「中等度に強いRPEレベル」での歩行をベースとした柔軟性、持久力、およびRT	流体抗力増大用具およびゴムチューブ製用具	身体特性:BMI、体重、最高および最低BP 体力テスト:柔軟性、筋力、機能テスト、バランス 気分プロフィール検査	↑EG1のシット&リーチ、下腿三頭筋の筋力、TUG、および5m最大歩行速度。 ↓EG1の疲労感。 ↑EG2のシット&リーチ、下腿三頭筋の筋力、およびTUG。また5m最大歩行速度、10m障害物歩行、および開眼での軌跡長が、EG1はEG2と比べて有意に向上。 ≈両EGの身体特性、バランス、および気分プロフィール検査。
				EG1=用具を使用			
				EG2=用具を使用せず			
Kruelら (38)	成人女性 (N=17)	38～67	11	SWTを週2回、20分の持久力と15分のRT。RTは強度を漸増させながら10～15レップ×3～5セットを1レップ当たり20～30秒、Borgスケール(6～20)の15～19.4の強度で	EG1とEG3のみフォーム素材の抵抗増大用具	1RM:肘関節屈曲筋群、肘関節伸筋群、股関節内転筋群(プログラムで実施されたエクササイズ)	↑全EGの筋力。評価したすべての筋群においてEG間に有意差はなし。
				EG:EG1=下肢のRT。抵抗増大用具を使用			
				EG2=下肢のRT。抵抗増大用具を使用せず			
				EG3=上肢のRT。抵抗増大用具を使用			
Meredith-Jonesら (42)	非活動的な過体重の女性 (N=18)	59±8.6	12	EG=DWTを週3回、1回60分	フォーム素材のダンベルと水の抵抗	VO ₂ peak 筋力:Biodex製の等速性筋力測定器 身体組成	↑VO ₂ peak。 ↑下半身および上半身の筋力。 ↓ウエストとヒップの周囲径およびウエスト-ヒップ比。 ≈BMI。
				アクアサーキットトレーニング。3分の有酸素性トレーニングと1分30秒のRTの組み合わせ。RTエクササイズは最大速度で実施			

表 水中で行なうレジスタンストレーニングの効果(つづき)

研究	集団	年齢(歳)	期 間 (週)	エクササイズの詳細	用具の使用	効果の測定	生理学的反応
Petrickら (45)	健康な若い 女性 (N=37)	18 ~ 35	8	EG 1=水中で行なうRT	プラスチック製ボトル (浮遊具)	筋力: 大腿四頭筋の 等速性および10RM テスト 疼痛質問票	↑ 両EGの10RMテスト。 ≈両EGの等速性テスト。 EG間に差はなし。 痛みを訴えた被験者はEG 2がEG 1より多かった。
				EG 2=陸上で行なうRT			
Pintoら (47)	健康な若い 女性 (N=26)	25±3	12	セッションを週5回。50 ~ 100 % 10RMで10レップ×2セット、ニーエクステンションのみ、60° /秒	なし	心肺機能: $\dot{V}O_{2peak}$ 筋力: 1RM、等尺性 ピークトルク、および筋電図 筋厚: 超音波	↑ 両EGの $\dot{V}O_{2peak}$ 。 ↑ 両EGの1RM、等尺性ピークトルク、および筋電図の最大振幅。両群間に差はなし。ただし膝関節伸展筋群の1RMの向上幅はEG 1が上回った。 ↑ 膝関節伸展筋群と肘関節屈曲筋群の筋厚。ただし向上幅はEG 1がEG 2を上回った。
				CG=トレーニングプログラムの4週間前に被験者11名を評価 EG 1=SWTレジスタンストレーニングの後に有酸素性トレーニング EG 2=SWT有酸素性トレーニングの後にレジスタンストレーニング 両EGともセッションを週2回。有酸素性トレーニングは第二の換気閾値で強度を漸増させながら18 ~ 36分。RTは強度を漸増させながら10 ~ 20秒×3 ~ 6セットを、80 ~ 100秒の休息時間を挟んで最大速度で実施			
Pöyhönenら (52)	健康な女性 (N=24)	34.2±3.9	10	CG EG=SWTを週2 ~ 3回、1回40 ~ 60分。うち30 ~ 45分のRTは、強度を漸増させながら12 ~ 25レップ×2 ~ 3セット、休息时间30 ~ 50秒で。RTエクササイズは最大速度で実施し、流体抗力増大用具のサイズを小~大に漸増	流体抗力増大用具: ブーツ	筋力: 等尺性および等速性トルク、EMG 筋量: CT	↑ 静的および動的トルク、筋量、および筋活動。
Rotsteinら (53)	閉経後女性 (N=34)	50 ~ 65	31	CG EG=SWTを週3回、1回60分。うち20分の有酸素性トレーニングはBorgスケール(6 ~ 20)の12 ~ 16で、また20分のRTは強度を漸増させながら。浸水は胸の深さまで	流体抗力増大用具と浮遊具	DEXAを用いて脊椎L2 ~ L4および大腿骨頸のBMDと骨塩量	↑ 脊椎のBMD。骨状態については主効果が認められず向上は軽度。

表 水中で行なうレジスタンストレーニングの効果(つづき)

研究	集団	年齢(歳)	期間(週)	エクササイズの詳細	用具の使用	効果の測定	生理学的反応
Takeshimaら (56)	高齢女性 (N=30)	69.3± 3.5	12	CG	水抵抗増大用具 (Finbell: 柔らかいクッションつきのハンドバーとレッグパッド)	身体組成 心肺機能 筋力 パワー アジリティ 血中脂質 柔軟性	≈両群の安静時心拍数、最高および最低BP、HDL-C、中性脂肪、体前屈、および体重。 ↑垂直跳び、反復横跳び、上体起こし、肺機能、乳酸性作業閾値での $\dot{V}O_2$ および心拍数、 $\dot{V}O_{2peak}$ 、および筋力(上半身)。 ↓総コレステロール、LDL-C、皮脂厚。
				EG=SWTを週3回、1回70分。うち30分を持久力(低～中強度)、10分をRT。RTエクササイズは最大速度で実施し、浸水は剣状突起の深さまで			
Tsoulouら (58)	健康な高齢女性 (N=22)	60～75	24	CG	DEHAG製の 水抵抗増大用具(ヌードルとカフ)	筋力(等尺性および動的) 柔軟性 機能的可動性 身体組成	↑等尺性筋力(膝関節屈曲筋群と伸筋群、握力)および動的筋力(上半身および下半身のエクササイズ4種目の3RM)、シット&リーチテスト、スクワットジャンプ、TUG、および除脂肪体重。
				EG=SWTを週3回、1回60分。うち25分は持久力(65～80%最大心拍数)、うち20～25分はRTを強度を漸増させながら。RTエクササイズは60～120bpmの決まったペースで実施し、浸水は剣状突起～腋窩の深さまで。12～15レップ×2～3セット、休息時間20～30秒			
Volaklisら (59)	冠状動脈疾患の患者 (N=34)	48～61	18	CG	抵抗を増大させる用具 (詳細不明)	身体組成 運動負荷テスト 筋力 血液プロフィール	↓両EGの体重、皮脂厚合計、総コレステロール、中性脂肪。EG間に差はなし。 ↑両EGの運動耐性。 ↓両EGの循環負荷。 ≈HDL-CとLDL-C。
				両EGとも同じデザイン: セッションを週4回、うち2回は有酸素性トレーニング、2回はRT。1回60分。EG1=陸上エクササイズ。有酸素性の強度: 60～80%最大心拍数。RT: 60% 1RMで12～15レップ×2～3セット、休息時間はエクササイズ間に30秒、セット間に5分 EG2=SWT。有酸素性の強度: 50～70%最大心拍数。RT: 事前の最大反復回数数の60～80%。セット数、レップ数、およびエクササイズの動作速度を増やすことで強度を漸増			

BMD=骨密度、DEXA=二重エネルギー X線吸収測定法、DWR=ディープウォーターランニング、DWT=ディープウォーター(深い水深で行なう)トレーニング、SWT=シャローウォーター(浅い水深で行なう)トレーニング、RT=レジスタンストレーニング、EG=実験群、CG=対照群、BMI=体格指数、HDL-C=高密度リポタンパク質コレステロール、LDL-C=低密度リポタンパク質コレステロール、BP=血圧、bpm=1分当たりの拍数、RM=最大反復回数、TUG=タイムアップアンドゴーテスト。

水中で行なうRTが身体組成に

及ぼす効果

RTを含む水中エクササイズは、陸上エクササイズと同様の効果を示す。単独または有酸素性エクササイズとの組み合わせで行なわれるRTは、体脂肪量、一部の周囲径および皮脂厚を減少させ(22,34,42,59)、さらに除脂肪体重を増加させる(24,26,47,52)。しかし、除脂肪体重の増加を示した研究では、二重X線吸収測定法という「ゴールドスタンダード」、すなわち最も高度な技術にして、生物学的に最も妥当性の実証されている除脂肪体重の測定法を用いていない。また体格指数(BMI)と総体重は、一部の研究では減少したが(26,59)、それ以外の研究では変化しなかった(34,42,56)。興味深いことに、Coladoら(24)は、健康な若い男性にRTを単独で行なわせる介入研究において、除脂肪体重が増加した結果、わずか8週間で体重が有意に増加したと報告している。水中で行なうRTが身体組成に及ぼす効果を評価するには、「ゴールドスタンダード」の測定装置を用いたさらなる研究が必要である。

水中で行なうRTが心血管代謝危険因子に及ぼす効果

一部の研究において、中性脂肪(59)、総コレステロール(56,59)、低密度リポタンパク質コレステロール(LDL-C)(56)、耐糖能異常の被験者の空腹時血糖およびインスリン値(34)、および最低血圧(26)の有意な改善が認められた。しかし、それ以外の研究では、中性脂肪(26,56)、総コレステロール(26)、LDL-C(26,59)、高密度リポタンパク質コレステロール(HDL-C)(26,56,59)、耐糖能が正常な被験者の空腹時血糖値(26,34)、耐糖能が正常な被験者の空腹時インスリン値(34)、および最低血圧

(56)、最高血圧(26,56)に変化は認められなかった。興味深いことに、Coladoら(26)は、対照群のコレステロール、LDL-C、および血糖値に有意な上昇を認めた一方、実験群には変化を認めなかった。ただし、これらの研究の大半が、有酸素性トレーニングとRTを組み合わせで実施しており、水中で行なうRTが心血管代謝危険因子に及ぼす効果が明確ではないため、さらなる研究が必要である。

水中で行なうRTがその他の要素に及ぼす効果

Rotsteinら(53)は、実験群では脊椎L2～L4の骨状態が維持または改善されたのに対し、対照群では骨状態が低下したと報告している。同研究が用いたトレーニングプロトコルは、20分の有酸素性トレーニングと20分のRTを、様々なエクササイズと用具を使用して7ヵ月間実施するというものであった。これとは反対に、Bravoら(11)が閉経後女性77名を対象に行なった研究では、L2～L4および大腿骨頸の骨密度に変化はみられなかった。また冠状動脈疾患の患者は、水中エクササイズを週4日実施して、陸上エクササイズと同様の改善効果が得られた(59)。興味深いことに、これらの患者は、対照群と比べて運動耐性と循環負荷が改善した。またKargarfardら(35)は、血友病患者に水中でのRTを実施させたところ、わずか8週間で筋力と可動域が有意に向上したと報告している。

用具の効果

水中環境の物理特性を利用するアクアエクササイズの用具には、主に浮遊具と流体抗力増大用具のふたつのタイプがある(25)。浮遊具は、水に比べて

大幅に密度が低いのが特徴であるため、この用具の主な特性は、浮力の負荷を増大させることである。それに加えて、浮遊具は前面の表面積が抗力を発生させる。そのため浮遊具の抵抗性は、浮力と抗力を合計したものとなる(39)。ただし、この用具の特性を生かそうとすると、快適な姿勢で実施するのが困難な動作もある(25,45)。

もうひとつの主要な用具である流体抗力増大用具は、前面の表面積によってのみ抵抗性を増大させる。この用具は密度が水と変わらないため、浮力はほとんど発生しない。Colado & Triplett(25)は、水中で行なうRT向けには抗力増大用具の使用を推奨している。

興味深いことに、最大速度で動作を行なった場合には、異なる種類、異なるサイズ、異なる特性(抗力増大用具または浮遊具)のアクアエクササイズ用具を使用しても、筋活動に差は認められない(20)。Pintoら(46)は、女性15名に、肘を屈曲／伸展させながらその場で行なう15秒のアクアジョギングを、用具を使わない、抗力増大用具を使う、または浮遊具を使う条件の下、それぞれ最大テンポで実施させて筋活動を分析した。その結果、測定したほとんどの筋において、エクササイズに用具を使用した場合と使用しなかった場合とで、筋活動に有意な差は認められなかった。同様に、ニーフレクションおよびエクステンションを最大速度で実施させた研究では、素足で行なった場合と、抗力を増大させるブーツを用いた場合とで、EMGの振幅とパターンに差はなかった(50)。なお介入研究は記述研究と同様に、RTプログラムに用具を使用してもしなくても、得られる筋力向上効果に差はないことを示している(16,38)。した

がって、EMGの測定結果もこれらの介入研究を裏付けるものであり、またこの現象は一般流体方程式($F_d=1/2\rho\cdot A\cdot C_d\cdot v^2$)によって説明される(4)。また最大速度での動作を異なる用具を用いて行なった場合、用具のサイズが大きいかほど発生する角速度は減少し、小さいほど角速度は増加する(52)。

さらにアクアエクササイズ用具の異なる特性(抗力増大用具と浮遊具)を比較してみると、浮遊具の抵抗性は浮力と抗力の合計となるため(39)、達成可能な最大速度は浮遊具のほうが低くなる可能性があるが、最終的なEMGの振幅は浮遊具と抗力増大用具とで差はない(46)。異なる用具が水中で行なうRTプログラムに及ぼす効果については、さらなる研究が必要である。

水中で行なうRTは、最大速度で実施する場合、抗力増大用具を用いたほうが、用具を使わない場合に比べて酸素摂取量($\dot{V}O_2$)、エネルギー消費量、および運動後酸素消費量が多い(28)。また、ふたつの同一プロトコルを20秒×3セットまたは10秒×6セットで実施した場合、両方とも1分当たりの $\dot{V}O_2$ 、1分当たりのエネルギー消費量、および運動後酸素消費量は同等である(28)。

RT実施中の水温

浸水状態での休息時には、摂氏35℃の水温が中性温と考えられる。しかし、動的エクササイズを実施中は、摂氏29～34℃の水温が中性温域として求められる(18)。中性温以上または以下での浸水は、生理的体温や直腸温の変化をもたらすため、トレーニングの目的にとって最適とはいえない(7,18,41)。

Aquatic Exercise Association(5)は、アクアフィットネスプログラムのための水温として、摂氏28～30℃を推奨

している。ただし、水温は個別の状況に合わせて調整しなければならない。例えば、高齢者は若年成人に比べて高い水温を必要とし、また活動の目的がリラクゼーション、可動域または柔軟性の向上である場合は、水温を中性温まで高める必要がある(7)。

水中で行なうRTのための

一般的ガイドライン

水中で行なうRTの最適な漸進モデルを比較した研究は多くないため、以下に示す一般的ガイドラインは、諸研究に用いられている最も一般的なプロトコルと著者らの経験を基に作成した。

最初は週2回のセッションを1回10～15分実施する。1回のセッションでは、大筋群を用いるエクササイズ3～6種目を、1種目につき20～25レップ×1～2セット行なう。

適切な漸進を経た後、セッションは週3回以上、1回15～45分となる。1回のセッションでは、大筋群を用いるエクササイズ6～12種目を、1種目につき8～15レップ×3～5セット行なう。

頻度

週2～3回以上(22,52,56)。

継続時間

エクササイズ3～12種目を15～45分間。

エクササイズの様式

すべての大筋群。

セッション内のエクササイズ配列

RTの後に有酸素性エクササイズ(47)。

用具

用具は特に必要ないと思われるが(16,20,38)、用具を使用すると、エネルギー消費量を増やすことができる(46)。

浸水の深さ

剣状突起までの浅い水深(20)。

量

8～15レップ×2～5セット。

量に関しては、陸上で行なうRTと同様のガイドラインを用いる(25)。レップ数は、トレーニング目的(筋力、筋肥大、局所筋持久力)にとって最適な範囲内に収める(25)。

休息時間

休息時間は、目標レップ数に合わせて決定する(1)。休息中には、低強度の動きの少ない動作を行ない、中性温と活動部位の血液分布を維持する。

強度

強度のモニタリングにおいては、ふたつの異なる方法が有効であることが明らかになっている。

動作の最大速度

特定レップ数を最大速度で実施させることは、最も一般的な強度のコントロール方法である(32,42,47,56)。強度は個人単位ではコントロールされていないとみられるが、それでも水の特性ゆえに、強度が個人の能力を超えることはない。陸上では、1セットの全レップを通じてウェイトは一定であり、ウェイトをそれ以上挙上できなくなることがあるのに対し、水中では、最大速度は個人の疲労度と筋力レベルによって調節されるため、レップをそれ以上重ねられない状態に到達するこ

とはない。

主観的運動強度(RPE)スケールを用いて強度をコントロールするための基本的な基準:

1. 動作ペースすなわちテンポ(音や光を使用)(25)
2. 用具のサイズ
3. エクササイズで使う四肢の長さ
4. 動作を行なう部位と使用する用具の流体力学的位置
5. 予め定められたレップ数に対する主観的運動強度(OMNIスケール[0~10]で5~9、Borgスケール[6~20]で12~19)

今後の研究

水中で行なうRTは効果的であるが、最適なトレーニングプロトコルについてはほとんど明らかになっていない。異なる用具や浸水の深さは、介入研究において異なる生理学的効果をもたらすのか? 最大速度で動作を行なう場合、トレーニング量はレップ数で処方するのか、それともセット当たりの時間か? プライオメトリックトレーニングは、本当に水中で行なうほうが傷害予防の面で安全なのか? 異なるトレーニングプロトコルは、異なる集団の筋損傷、ホルモン応答、筋力、体力、身体組成、心血管代謝因子、骨密度、および筋量にどのような効果をもたらすのか?

研究の限界

ほとんどの研究では、有酸素性エクササイズとRTエクササイズを組み合わせ実施しているため、今後の研究では、RTを単独で行なった場合の効果を調べる必要がある。なお、本稿で提示した一般的ガイドラインは確定的なものではなく、個人の能力や目標に

合わせて調整しなければならない。また特定の集団(腰痛や骨粗鬆症でバランスが低下している患者など)においては、水上で行なうエクササイズが、陸上エクササイズを導入する前の有用な選択肢、または最初のステップとなりうる。

現場への応用

水中で行なうRTは、筋力、パワー、柔軟性、および日常生活活動を行なう体力の向上手段として安全かつ効果的である。一方で、 $\dot{V}O_2$ peak、バランス、身体組成、心血管代謝リスク因子、および骨密度に及ぼす効果については議論があるが、それでも多くの場合は有益な効果がみられる。また水中で行なうRTでは、陸上トレーニングと同様の処方を用いる。水中で行なうRTの適切なガイドラインを確立するために、また伝統的な陸上でのエクササイズプログラムの効果と比較するために、さらなる研究が必要である。◆

References

1. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 41: 687-708, 2009.
2. American College of Sports Medicine. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1334-1359, 2011.
3. Alberton CL, Tartaruga MP, Pinto SS, Cadore EL, Antunes AH, Finatto P, and Kruel LF. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. *Int J Sports Med* 34: 881-887, 2013.
4. Alexander R. Mechanics and energetic of animal locomotion. In: *Swimming*. Alexander R, Goldspink G, eds. London: Chapman & Hall, 1977. pp. 22-248.
5. Aquatic Exercise Association. *Standards and Guidelines for Aquatic Fitness Programming*. Nokomis, FL: Aquatic Exercise Association, 2008.
6. Ayotte NW, Stetts DM, Keenan G, and Greenway EH. Electromyographical analysis

- of selected lower extremity muscles during 5 unilateral weight-bearing exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 37: 48-55, 2007.
7. Barbosa TM, Marinho DA, Reis VM, Silva AJ, and Bragada JA. Physiological assessment of head-out aquatic exercises in healthy subjects: A qualitative review. *J Sports Sci Med* 8: 179-189, 2009.
8. Becker BE. Aquatic therapy: Scientific foundations and clinical rehabilitation applications. *PM R* 1: 859-872, 2009.
9. Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, and Cowley PM. Canadian society for exercise physiology position stand: The use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning. *Appl Physiol Nutr Metab* 35: 91-108, 2010.
10. Bento PCB, Pereira G, Ugrinowitsch C, and Rodacki ALF. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. *J Aging Phys Act* 20: 469-483, 2012.
11. Bravo G, Gauthier P, Roy PM, Payette H, and Gaulin P. A weight-bearing, water-based exercise program for osteopenic women: Its impact on bone, functional fitness, and well-being. *Arch Phys Med Rehabil* 78: 1375-1380, 1997.
12. Bressel E, Dolny DG, and Gibbons M. Trunk muscle activity during exercises performed on land and in water. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1927-1932, 2011.
13. Bressel E, Dolny DG, Vandenberg C, and Cronin JB. Trunk muscle activity during spine stabilization exercises performed in a pool. *Phys Ther Sport* 13: 67-72, 2012.
14. Cadore EL, Lhullier FLR, Alberton CL, Almeida AP, Sapata KB, Korzenowski AL, and Kruel LF. Salivary hormonal responses to different water-based exercise protocols in young and elderly men. *J Strength Cond Res* 23: 2695-2701, 2009.
15. Campbell JA, D'Acquisto LJ, D'Acquisto DM, and Cline MG. Metabolic and cardiovascular response to shallow water exercise in young and older women. *Med Sci Sports Exerc* 35: 675-681, 2003.
16. Cardoso AS, Tartaruga LP, Barella RE, Brentano MA, and Kruel LFM. Effects of a deep water training program on women's muscle strength. *J Int Med Phys Educ* 74: 590-592, 2004.
17. Carvalho RG, Amorim CF, Perácio LH, Coelho HF, Vieira AC, Karl Menzel HJ, and Szmuchrowski LA. Analysis of various conditions in order to measure electromyography of isometric contractions in water and on air. *J Electromyogr Kinesiol* 20: 988-993, 2010.
18. Choukroun ML and Varene P. Adjustment in oxygen transport during head-out immersion in water at different temperatures. *J Appl Physiol* 68: 1475-1480, 1990.
19. Chu KS and Rhodes EC. Physiological and cardiovascular changes associated with

- deep water running in the young. Possible implications for the elderly. *Sports Med* 31: 33-46, 2001.
20. Colado JC, Borreani S, Pinto SS, Tella V, Martin F, Flandez J, and Krue LFM. Neuromuscular responses during aquatic resistance exercise with different devices and depths. *J Strength Cond Res* 27: 3384-3390, 2013.
 21. Colado JC, Garcia-Massó X, González LM, Triplett NT, Mayo C, and Merce J. Two-leg squat jumps in water: An effective alternative to dry land jumps. *Int J Sports Med* 31: 118-122, 2010.
 22. Colado JC, Garcia-Massó X, Rogers ME, Tella V, Benavent J, and Dantas EH. Effects of aquatic and dry land resistance training devices on body composition and physical capacity in postmenopausal women. *J Hum Kinet* 32: 185-195, 2012.
 23. Colado JC, Tella V, and Triplett NT. A method for monitoring intensity during aquatic resistance exercises. *J Strength Cond Res* 22: 2045-2049, 2008.
 24. Colado JC, Tella V, Triplett NT, and Gonzalez LM. Effects of a short-term aquatic resistance program on strength and body composition in fit young men. *J Strength Cond Res*, 23: 549-559, 2009.
 25. Colado JC and Triplett NT. Monitoring the intensity of aquatic resistance exercises with devices that increase the drag force: An update. *Strength Cond J* 31(3): 94-100, 2009.
 26. Colado JC, Triplett NT, Tella V, Saucedo P, and Abellán J. Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol* 106: 113-122, 2009.
 27. de Brito Fontana H, Hauptenthal A, Ruschel C, Hubert M, Ridehalgh C, and Roesler H. Effect of gender, cadence, and water immersion on ground reaction forces during stationary running. *J Orthop Sports Phys Ther* 42: 437-443, 2012.
 28. de Souza AS, Pinto SS, Kanitz AC, Rodrigues BM, Alberton CL, da Silva EM, and Krue LFM. Physiological comparisons between aquatic resistance training protocols with and without equipment. *J Strength Cond Res* 26: 276-283, 2012.
 29. Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, and Padua DA. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 39: 532-540, 2009.
 30. Donoghue OA, Shimojo H, and Takagi H. Impact forces of plyometric exercises performed on land and in water. *Sports Health* 3: 303-309, 2011.
 31. Dowzer CN, Reilly T, and Cable NT. Effects of deep and shallow water running on spinal shrinkage. *Br J Sports Med* 32: 44-48, 1998.
 32. Graef FI, Pinto RS, Alberto CL, de Lima WC, and Krue LFM. The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *J Strength Cond Res* 24: 3150-3156, 2010.
 33. Hauptenthal A, Fontana HD, Ruschel C, Dos Santos DP, and Roesler H. Ground reaction forces in shallow water running are affected by immersion level, running speed and gender. *J Sci Med Sport* 16: 348-352, 2013.
 34. Jones LM, Meredith-Jones K, and Legge M. The effect of water-based exercise on glucose and insulin response in overweight women: A pilot study. *J Womens Health (Larchmt)* 18: 1653-1659, 2009.
 35. Kargarfard M, Dehghadani M, and Ghias R. The effect of aquatic exercise therapy on muscle strength and joint's range of motion in hemophilia patients. *Int J Prev Med* 4: 50-56, 2013.
 36. Katsura Y, Yoshikawa T, Ueda SY, Usui T, Sotobayashi D, Nakao H, Sakamoto H, Okumoto T, and Fujimoto S. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *Eur J Appl Physiol* 108: 957-964, 2010.
 37. Koury JM. *Aquatic Therapy Programming, Guidelines for Orthopaedic Rehabilitation*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
 38. Krue LFM, Barella RE, Graef F, Brentano MA, Figueiredo PP, Cardoso A, and Severo CR. Effects of resistance training in women engaged in hydrogymnastics programs. *Rev Bras Fisioter* 4: 32-38, 2005.
 39. Martinez F, Ghorzi V, Gomes LE, and Loss J. Characterization of the buoyancy load of implements used in aquatic exercise and hydrotherapy. *REMEFE* 10: 64-75, 2011.
 40. Masumoto K and Mercer JA. Biomechanics of human locomotion in water: An electromyographic analysis. *Exerc Sport Sci Rev* 36: 160-169, 2008.
 41. McArdle WD, Magel JR, Lesmes GR, and Pechar GS. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18 C, 25 C, and 33 C. *J Appl Physiol* 40: 85-90, 1976.
 42. Meredith-Jones K, Jones LM, and Legge M. Circuit-based deep water running improves cardiovascular fitness, strength and abdominal obesity in older, overweight women. *Med Sport* 13: 5-12, 2009.
 43. Meredith-Jones K, Waters D, Legge M, and Jones L. Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: A qualitative review. *Complement Ther Med* 19: 93-103, 2011.
 44. Pantoja PD, Alberton CL, Pilla C, Vendrusculo AP, and Krue LFM. Effect of resistive exercise on muscle damage in water and on land. *J Strength Cond Res* 23: 1051-1054, 2009.
 45. Petrick M, Paulsen T, and George J. Comparison between quadriceps muscle strengthening on land and in water. *Physiotherapy* 87: 310-317, 2001.
 46. Pinto SS, Cadore EL, Alberton CL, Silva EM, Kanitz AC, Tartaruga MP, and Krue LFM. Cardiorespiratory and neuromuscular responses during water aerobics exercise performed with and without equipment. *Int J Sports Med* 32: 916-923, 2011.
 47. Pinto SS, Cadore EL, Alberton CL, Zaffari P, Bagatini NC, Baroni BN, Radaelli R, Lanferdini FJ, Colado JC, Pinto RS, Vaz MA, Bottaro M, and Krue LFM. Effects of intra-session exercise sequence during water-based concurrent training. *Int J Sports Med* 34: 1-8, 2013.
 48. Pinto SS, Liedtke GV, Alberton CL, da Silva EM, Cadore EL, and Krue LFM. Electromyographic signal and force comparisons during maximal voluntary isometric contraction in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol* 100: 1075-1082, 2010.
 49. Pöyhönen T, Keskinen K, Hautala A, Savolainen J, and Mäkiä E. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol* 80: 52-56, 1999.
 50. Pöyhönen T, Keskinen K, Kyrolainen H, Hautala A, Savolainen J, and Mäkiä E. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. *Arch Phys Med Rehabil* 82: 1446-1452, 2001.
 51. Pöyhönen T, Kyrolainen H, Keskinen K, Hautala A, Savolainen J, and Mäkiä E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercise under water. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 16: 496-504, 2001.
 52. Pöyhönen T, Sipilä S, Keskinen KL, Hautala A, Savolainen J, and Mäkiä E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Med Sci Sports Exerc* 34: 2103-2109, 2002.
 53. Rotstein A, Harush M, and Vaisman N. The effect of a water exercise program on bone density of postmenopausal women. *J Sports Med Phys Fitness* 48: 352-359, 2008.
 54. Silvers WM and Dolny DG. Comparison and reproducibility of sEMG during manual muscle testing on land and in water. *J Electromyogr Kinesiol* 21: 95-101, 2011.
 55. Soderberg GL and Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. *Phys Ther* 80: 485-498, 2000.
 56. Takeshima N, Rogers ME, Watanabe E, Brechue WF, Okada A, Yamada T, Islam MM, and Hayano J. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc* 33: 544-551, 2002.
 57. Triplett NT, Colado JC, Benavent J, Alakhdar Y, Madera J, Gonzalez LM, and Tella V. Concentric and impact forces of single-leg jumps in an aquatic environment versus on land. *Med Sci Sports Exerc* 41: 1790-1796, 2009.
 58. Tsoulou T, Benik A, Dipla A, Zafeiridis A, and Kellis S. The effects of a 24-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly woman. *J Strength Cond Res* 20: 811-818, 2006.
 59. Volaklis KA, Spassis AT, and Tokmakidis SP. Land versus water exercise in patients

with coronary artery disease: Effects on body composition, blood lipids, and physical fitness. *Am Heart J* 154: 560.e1-560.e6, 2007.

60. Waller B, Lambeck J, and Daly D. Therapeutic aquatic exercise in the treatment of low back pain: A systematic review. *Clin Rehabil* 23: 3-14, 2009.

From *Strength and Conditioning Journal*
Volume 36, Number 3, pages 48-61.

著者紹介



Sebastian Borreani:
スペインにあるUniversity of Valencia体育・スポーツ学部のスポーツ・健康研究グループに所属。



Juan Carlos Colado:
スペインにあるUniversity of Valenciaのスポーツ・健康研究グループ責任者。



Joaquin Calatayud:
スペインにあるUniversity of Valencia体育・スポーツ学部のスポーツ・健康研究グループに所属。



Carlos Pablos:
スペインにあるCatholic University of Valenciaで競技パフォーマンス、健康、および生活の質を研究。



Diego Moya-Najera:
スペインにあるUniversity of Valencia体育・スポーツ学部のスポーツ・健康研究グループに所属。



N. Travis Triplett:
Appalachian State Universityの健康・運動科学部の教授と学部長を務める。

トレーナー & インストラクター
フリー・正社員求人満載 web サイト!! 随時更新中!

jF-work



PCはもちろん、スマホ・携帯にも対応

<http://fj-work.jp>



創刊31年のフィットネス専門誌

月刊ジャパンフィットネス
Japan Fitness

トレーナー向けの連載も多数展開中!

★ AT (アスレティックトレーナー) の視点
★ P.E. for TRAINERS (トレーナーのための保健体育)
★ 知っておきたい救命救急法
★ americanFITNESS 誌 Pick Up
他、特集、連載や FITNESS NEWS など情報盛り沢山!



毎月28日発売!

◆1冊520円

◆定期購読 (送料込み)

・6ヵ月2,900円

・1年間5,500円

・2年間10,000円

※詳細は <http://fit-j.jp> をご覧ください!

※バックナンバーもごさいます!

←3月号 (2/28発売) の表紙

(株) ジャパンフィットネス TEL.042-767-5855 (平日10時~18時) E-mail: info@fit-j.jp <http://fit-j.jp>