

膝関節症例に及ぼす水中運動の影響－全身・部位別体組成測定を含めて－

高田 大*, 田口信教*, 赤嶺卓哉**

はじめに

関節疾患の原因別分類では、1. 変性性(退行性)、2. 炎症性、3. 外傷性、4. 腫瘍性、5. 神経病性、6. その他、などに分けられる。これらの中でも日常よく認められるのは、変性性、炎症性、外傷性の各関節疾患である。特に中高年に多発する変形性膝関節症は、変性、変形などの原因による関節疾患である。膝関節部に生じる痛みは、一般に関節を構成する骨の破壊や関節包の障害、関節周囲筋群の攣縮などによって生じるとされている。しかし、実際にX線上で大きな破壊像が認められる症例はそれほど多数は占めず、大半のケースは関節包や靭帯、筋膜などの軟部組織に分布する知覚神経によって痛みとして感じられる(赤嶺ら：1994, pp.9-12, 48-52, 山下：2009, 白土ら：2009)。

一方、水中運動は一般的なりハビリテーションとしても、広く用いられている。それは、水中での浮力により関節への体重負荷による影響を軽減し、水の抵抗により運動量を増やし、適度な運動負荷を得ることが可能だからである。水中環境では、陸上では行いにくい運動形態を実施できることから、無理なくストレッチングなどを行ったりラクスすることも可能である(須藤ら：1994, pp.111-129)。また近年、水中運動療法により、腰痛症・股関節症・膝関節症の症状改善、肥満度の軽減、呼吸循環機能および筋力・柔軟性の向上などが報告されている(大谷ら：1989, LeFortら：1994, 増本ら：2000, 菅野ら：2003, 赤嶺ら：2012)。膝関節症例に水中運動を指導する場合には、基本的には軟部組織伸張運動、筋力増強運動を行うのと同時に、一般的に水中運動初期には水

中歩行、バタ足、クロールなどを指導し、可能であれば背泳ぎなどへと移行する運動処方が行われている(赤嶺ら：1993, 須藤ら：1994, pp.130-170)。

我々は、中高年の膝関節症例(運動器症候群；Locomotive Syndrome〔略称ロコモ〕例を含む)の方々を対象に、平成3年度から関節症水中運動教室(大学公開講座)を施行してきた。科学的調査により、水中運動は先述の症例に様々な好影響を与えることが判明している。今回は、過去約12年間の水中運動療法の成績結果をまとめ、さらに全身・部位別体組成測定(生体電気インピーダンス分析；Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)結果を含めて、検討する機会を得たので報告する。

対象と方法

1. 対象

対象は、膝関節疾患症例46名(男性10名、女性36名、37歳～75歳、平均年齢 61.2 ± 8.7 歳)である。疾患の内分けは変形性膝関節症41名、膝内障5名であり、日本整形外科学会変形性膝関節症(膝疾患)治療成績判定基準(100点満点)(日本整形外科学会, 1992)では、水中運動療法実施前において平均 85.6 ± 10.0 点であった。

2. 方法

対象者に、水中運動療法を平均約6.0ヵ月間、週約2回の頻度で施行した。内容は、週1回約30分間の膝関節疾患基礎教育と、週2回約90分間ずつの水中運動である。水中運動は、約5分間ずつの準備・整理運動、約50分間の基礎的水中運動

*鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

**鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

表1 水中運動教室の内容

・ 水中運動実施期間	平均約 6.0 ヶ月間 (毎週 2 回)	
・ 内容	1. 膝関節疾患基礎教育	(30 分)
	2. 水中運動	
	①準備・整理運動	(10 分)
	②基礎的水中運動	(50 分)
	a. 有酸素性 (歩行) 運動	
	b. 関節授動運動	
	c. 軟部組織伸張運動	
	d. 筋力増強運動	
	③ボール運動	(15 分)
	④泳法指導	(15 分)

(有酸素性〔歩行〕運動・関節授動運動・軟部組織伸張運動・筋力増強運動), 約15分間ずつのボール運動と泳法指導より構成される(表1)。基礎的水中運動では, 特にハムストリングス(大腿屈筋)のストレッチングと大腿四頭筋の筋力強化をめざして指導した。泳法指導では, バタ足, クロール, 背泳を中心として教示した。また運動処方全般において, 過負荷や疲労がなるべく生じないように注意が払われた。なお, プールの水温は常時約30℃である。

身体測定(体重, 体脂肪率〔% fat; Brozek 法〕, ローレル指数), 呼吸循環機能(最大酸素摂取量, 無酸素性作業能力, 肺活量), 筋力・柔軟性(背筋力, 膝伸展・屈曲力, 立位体前屈, 上体そらし)ならびに日本整形外科学会(以下日整会)変形性膝関節症(膝疾患)治療成績判定の各測定・検査を, 膝関節症水中運動実施前, 実施平均3.1ヵ月後, 平均6.0ヵ月後に計3回行い, 水中運動療法前後の数値の推移について, 比較検討を加えた。最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)の測定では, 自転車エルゴメーター(AEROBIKE 75XL, COMBI社)が用いられた。運動強度はイヤースンサーによりモニタリングされた心拍数に対応し, 最大心拍数(HRmax)の75%に達した時点をもって測定を終了した。 $\dot{V}O_2\max$ は, 負荷-心拍数応答の回帰式を算出し推定した。無酸素性作業能力は, 自転車エルゴメーター(POWERMAX-V II, COMBI



図1 体組成計 (BC-118E)

社)を用いて, 運動負荷3.0kpにて10秒間の全力ペダリングを行い, 運動負荷に最高回転数を乗じたものを体重で除して, 体重1kgあたりの仕事量($\text{watt} \cdot \text{min}^{-1}$)を求めた。筋力測定に関しては, 膝伸展・屈曲力測定ではマスキュレーター(GT-160, OG技研社)を使用し, 膝屈曲60°における等尺性最大筋力を測定した。

なお, 全対象中同意を頂いた12名(男性5名, 女性7名, 平均62.2±6.3歳)に対してのみ, 全身・部位別体組成測定(生体電気インピーダンス分析; Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)を水中運動療法実施前, 実施平均3.8ヵ月後に計2回実施し, 比較した。体組成測定では, タニタ社製体組成計(BC-118E; 図1)を用い, 体重, 全身脂肪率・除脂肪量・筋肉量・推定骨量, 基礎代謝量, BMI, 全身インピーダンス, 下肢・上肢・体幹体脂肪率, 下肢・上肢・体幹筋肉量について測定した(表2)。なお, 事前に対象者全員(大

表2 測定項目

1. 身体測定	体重, 体脂肪率, ローレル指数
2. 呼吸循環機能	最大酸素摂取量, 無酸素性作業能力, 肺活量
3. 筋力・柔軟性	背筋力, 膝伸展・屈曲力, 立位体前屈, 上体そらし
4. 日整会变形性膝関節症(膝疾患)治療成績判定	疼痛・歩行能, 疼痛・階段昇降能, 屈曲角度, 腫脹, 総点
5. 体組成測定(BIA)	全身, 部位別(下肢, 上肢, 体幹)

表3 身体・体力測定結果 (n=46)

	水中運動療法実施前	実施平均 3.1 ヶ月後	実施平均 6.0 ヶ月後
<u>身体測定</u>			
体重 (kg)	58.5 ± 9.1	57.8 ± 9.0 ↓*	57.9 ± 8.8 ↓*
%fat (%)	26.1 ± 6.9	24.5 ± 6.7 ↓***	24.2 ± 6.0 ↓***
ローレル指数 (g/cm ³)	157.4 ± 22.2	155.2 ± 22.1 ↓*	155.6 ± 22.2 ↓*
<u>呼吸循環機能</u>			
最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	26.2 ± 4.9	29.7 ± 6.8 ↑**	28.6 ± 3.3 ↑**
無酸素性作業能力 (W/kg)	4.4 ± 1.2	4.5 ± 1.2	4.9 ± 1.1 ↑**
肺活量 (ml)	2029.1 ± 561.2	2152.2 ± 518.6 ↑***	2127.2 ± 534.0 ↑**
<u>筋力</u>			
背筋力 (kg)	66.6 ± 24.2	77.2 ± 32.4 ↑***	75.2 ± 28.9 ↑***
膝伸展力 (kg)	58.5 ± 15.5	62.2 ± 15.7 ↑*	62.1 ± 15.1 ↑*
膝屈曲力 (kg)	31.5 ± 6.3	35.9 ± 8.3 ↑*	34.6 ± 6.5 ↑*
<u>柔軟性</u>			
立位体前屈 (cm)	9.1 ± 7.2	10.9 ± 7.6 ↑**	10.6 ± 7.1 ↑**
上体そらし (cm)	31.2 ± 9.2	33.0 ± 8.7 ↑*	33.3 ± 9.3 ↑***

(* : p < 0.05, ** : p < 0.01, *** : p < 0.001)

学公開講座受講者) に対して, 実施される水中運動・測定・検査の内容に関する十分な説明が医師により行われた。運動・測定などの施行過程においては, 安全確保に万全の配慮が払われ, 常時医師の注視下で, ヘルシンキ宣言の精神に則り研究は遂行された。

また運動後の各数値については, それぞれを運動前の数値と比較して対応のある t 検定を行い, 有意水準は危険率 5 % 未満として判定した。

結果

以下に, 統計学的に有意な変化 (p < 0.05) を

示した測定・検査項目について述べる。

1. 身体・体力測定結果

測定結果を表 3 に示す。水中運動療法施行後では施行前に比し, 肥満の軽減 (体重, 体脂肪率 [% fat], ローレル指数), 呼吸循環機能の向上 (最大酸素摂取量, 無酸素性作業能力, 肺活量), 体幹・下肢の筋力と柔軟性の改善 (背筋力, 膝伸展・屈曲力, 立位体前屈, 上体そらし) などが, それぞれ統計学的に有意に認められた。

表4 日整会変形性膝関節症(膝疾患)治療成績判定の推移(n=46)

	水中運動療法実施前	実施平均 3.1 ヶ月後	実施平均 6.0 ヶ月後
疼痛・歩行能 (点)	25.0 ± 3.9	27.2 ± 4.0 ↑***	28.0 ± 3.5 ↑***
疼痛・階段昇降能	19.8 ± 4.6	22.1 ± 3.8 ↑**	22.9 ± 3.0 ↑***
屈曲角度	31.2 ± 4.5	32.2 ± 4.0 ↑*	33.4 ± 3.0 ↑***
腫脹	9.6 ± 1.2	9.8 ± 1.0	9.8 ± 1.0
総点 (点)	85.6 ± 10.0	91.4 ± 10.5 ↑***	94.0 ± 8.9 ↑***

(* : p < 0.05, ** : p < 0.01, *** : p < 0.001)

表5 全身・部位別体組成測定(BIA)結果(n=12)

	水中運動療法実施前	実施平均 3.8 ヶ月後
全身体組成		
体重 (kg)	65.8 ± 8.0	64.7 ± 7.1
体脂肪率 (%)	32.1 ± 12.4	30.4 ± 12.1 ↓**
除脂肪量 (kg)	44.2 ± 7.3	44.7 ± 7.2 ↑*
筋肉量 (kg)	41.8 ± 7.0	42.2 ± 6.9 ↑*
推定骨量 (kg)	2.4 ± 0.3	2.5 ± 0.3
基礎代謝量 (kcal)	1268.0 ± 147.7	1273.5 ± 141.7
BMI	26.9 ± 4.7	26.3 ± 4.3 ↓*
全身インピーダンス (Ω)	568.4 ± 59.8	545.5 ± 33.8 ↓*
部位別体組成		
・下肢 体脂肪率 (%)	30.9 ± 12.0	29.9 ± 11.9 ↓*
筋肉量 (kg)	15.9 ± 3.1	16.2 ± 2.9 ↑*
・上肢 体脂肪率 (%)	29.0 ± 14.0	27.8 ± 13.5 ↓**
筋肉量 (kg)	4.4 ± 0.9	4.4 ± 0.8
・体幹 体脂肪率 (%)	32.8 ± 13.1	30.5 ± 12.9 ↓**
筋肉量 (kg)	21.6 ± 3.2	21.6 ± 3.3

(* : p < 0.05, ** : p < 0.01)

2. 日本整形外科学会変形性膝関節症(膝疾患)

治療成績判定

判定結果を表4に提示する。水中運動療法後には、疼痛・歩行能、疼痛・階段昇降能、屈曲角度(Range Of Motion ; ROM)、総点に統計学的に有意な点数の向上が認められ、症状の漸増的な改善が観察された。

3. 全身・部位別体組成測定(BIA)

測定結果を表5に示す。水中運動療法後では、全身体脂肪率、BMI、全身インピーダンス、下肢・上肢・体幹部別脂肪率にそれぞれ有意な軽減が観察された。また、全身除脂肪量・筋肉量、下肢

筋肉量にはそれぞれ有意な増加が認められた。

考察

膝関節症例に及ぼす水中運動の影響として、肥満の軽減、心肺機能の向上、体幹・下肢の筋力・柔軟性の増強などが挙げられ、それらの効果による膝関節症状の改善が報告されている(大谷ら:1989, 赤嶺ら:1993, 武藤ら:2009)。本研究においても、それらの中の多くの所見が統計学的に有意に認められた。

次に、今回新たに導入された体組成測定(生体電気インピーダンス分析; Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)結果について考察する。BIA法

とは、身体の電氣的抵抗値を測定することで脂肪量や筋肉量などの体組成を推定する方法である (Kyle, U. G. ら, 2004)。脂肪はほとんど電氣を通さないが、筋肉に多く含まれる水分は電氣を通しやすい。一方、BIA法で同時に推定される基礎代謝量とは、「生きていくために最低限必要なエネルギー量」を意味する。基礎代謝量が低いと肥満になりやすく、生活習慣病を誘発する原因になるとされている (Mifflin, M. D. ら: 1990, Frankenfield, D. ら: 2005)。運動療法などにより、全身インピーダンスが低下し、基礎代謝量が増加すれば理想的である (Hever, D. ら: 1996, Smith, D. A. ら: 1997)。

本研究においては、水中運動処方により、全身体脂肪率、BMI、全身インピーダンスなどは統計学的に有意に低下し、全身除脂肪量・筋肉量、下肢筋肉量も有意に増加した。しかし、基礎代謝量は増加したものの、有意な変化ではなかった。これらの測定データは直近約2年間の数値であり、例数も少なく不明確ではあるが、近年は水中運動参加者の高齢化も進み、水中運動療法の主たる効果は、筋力増強から肥満軽減や柔軟性向上に変容しつつある、とも推量された。しかし、改善傾向を示す多くの有意な所見や数値から、水の浮力と抵抗、温熱効果、心身のリフレッシュ作用などを活用する温水下の水中運動療法は、膝関節症例に対し極めて有益な効果をもたらすことが推察された。

まとめ

膝関節症例46名(平均年齢 61.2 ± 8.7 歳)に対し、平均6.0ヵ月間(週2回)の水中運動療法を行い、以下の知見を得た。

1. 水中運動後では運動前に比し、肥満の軽減、心肺機能の向上、体幹・下肢の筋力・柔軟性の増強、症状の改善が統計学的に有意に認められた(以下 $p < 0.05$)。
2. 水中運動後の全身・部位別体組成測定(BIA)結果においては、運動前に比し、下肢・上肢・

体幹を含む全身体脂肪率、BMI、全身インピーダンスはそれぞれ有意に軽減し、全身除脂肪量・筋肉量、下肢筋肉量はそれぞれ有意な増加を示した。

以上より、中高年の膝関節症例における水中運動は極めて有益であることが示唆された。

引用文献

- 赤嶺卓哉・田口信教・鶴田英二・酒匂 崇 (1993): 女性の下肢変形性関節症に対する水中運動療法の効果. 整形・災害外科 36 (9): 1187-1193.
- 赤嶺卓哉・田口信教・須藤明治 (1994): 関節症者のための水泳教室テキスト. 赤嶺卓哉編 関節症の正しい知識., 関節症者のための水中運動療法. 環境工学社: 東京, pp.9-12, 48-52, 111-170.
- 赤嶺卓哉・吉田剛一郎・高田 大・藤井康成・田口信教 (2012): 腰痛症例の身体・体力機能に及ぼす水中運動の影響—全身身体組成・骨密度測定を含めて—. 九州・山口スポーツ医・科学研究会誌 24: 60-63.
- Frankenfield, D., Roth- Yousey, L., and Compher, C. (2005): Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults.: a systematic review. J. Am. Diet. Assoc. 105 (5): 775-789.
- Hever, D., Ingles, S., Ashley, J. M., Maxwell, M. H., Lyons, R. F., and Elashoff, R. M. (1996): Clinical detection of sarcopenic obesity by bioelectrical impedance analysis. Am. J. Clin. Nutr. 64 (3 Suppl): 472S-477S.
- 井原秀俊・石橋敏郎 (2009): 運動器慢性疾患に対する運動療法. 黒澤 尚編 変形性膝関節症. 神経運動器協調訓練. 金原出版: 東京, pp.197-201.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Antonio, D., Deurenberg, P., Eria, M., Gomez, J. M., Heitmann, B. L., and Kent- Smith, L. (2004): Bioelectrical impedance analysis-part I: review of

principles and method. *Clin. Nutr.* 23 (5) : 1226-1243.

LeFort, S. M. and Hannah, T. E. (1994) : Return to work following an aquafitness and muscle strengthening program for the low back injured. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 75 (11) : 1247-1255.

増本賢治・赤嶺卓哉・堀田 昇・藤島和孝 (2000) : 高齢者の腰痛症者に及ぼす水中運動の影響. *日本生理人類学会誌* 5 (3) : 35-42.

Mifflin, M. D., St Jeor, S. T., Hill, L. A., Scott, B. J., Daugherty, S. A., and Koh, Y. O. (1990) : A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am. J. Clin. Nutr.* 51 (2) : 241-247.

武藤芳照・太田美穂・高杉紳一郎 (2009) : 運動器慢性疾患に対する運動療法. 黒澤 尚編 変形性膝関節症. 水中運動. 金原出版 : 東京, pp.234-236.

日本整形外科学会 (1992) : 変形性膝関節症治療成績判定基準. *日本整形外科学会雑誌* 66 (11) : 1214-1215.

大谷宏明・山本義彦・入船尚子・成沢研一郎・敦賀一郎 (1989) : 温水プールによる運動療法. *整形外科と災害外科* 37 (4) : 1790-1794.

Smith, D. A., Dollmann, J., Withers, R. T., Brinkman, M., Keeves, J. P., and Clark, D. G. (1997) : Relationship between maximum aerobic and resting metabolic rate in young adult women. *J. Appl. Physiol.* 82 (1) : 156-163.

菅野篤子・野村武男 (2003) : 腰痛者のための水中運動処方に関する研究. *筑波大学体育科学系紀要* 26 : 99-102.

山下敏彦 (2009) : 運動器慢性疾患に対する運動療法. 黒澤 尚編 運動器と痛み. 金原出版 : 東京, pp.40-46.