変形性膝関節症に対するセラバンドを用いた運動療法の効果

— 膝伸展・屈曲同時訓練についての検討 —

竹 川 徹¹⁾ 殷 祥 洙²⁾
安 保 雅 博²⁾ 宮 野 佐 年²⁾

THERAPEUTIC THERA-BAND® EXERCISE ON OSTEOARTHRITIS OF THE KNEE —EFFECTS OF SIMULTANEOUS EXERCISE OF KNEE EXTENSORS AND FLEXORS—

TORU TAKEKAWA, EUN SANG SOO, MASAHIRO ABO, HIROSHI FUJITA and SATOSHI MIYANO

Abstract

Purpose : We examined the effect of therapeutic exercise on osteoarthritis (OA) of the knee.
Objects and Method : We evaluated seven women with bilateral OA of the knees of over Grade I on the Kellgren and Lawrence scale. The patients were instructed in therapeutic exercise for both knees. The exercise was to tie a Thera-Band® around the leg just above both ankles in the 8 figure, and then, in a sitting position, extend one leg while simultaneously retracting the other, repeating alternatively every 5 seconds. One set consisted of repeating this motion 10 times, and 2 sets were performed per day. Before exercise, 1 month, and 3 months after exercise, we evaluated the effect of this therapy by the JOA score, isokinetic muscle strength of knee extensors and flexors, and surface EMG signals recorded from rectus femoris (RF), vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL), and biceps femoris (BF). The integrated signal, the root mean square (RMS), and the mean power frequency (MPF) parameters were extracted.

Result : The parameters of the JOA score, muscle strength of knee flexors, integrated EMG from RF, VM, VL, and RMS from VM, VL were significantly increased at 3 months after exercise. MPF from VM at 3 months after exercise decreased significantly.

Conclusion : We thought a proper balance of knee extensors and flexors are related to the improvement of symptoms of OA of the knee. The decrease of MPF might suggest the possibility of muscle fiber type change. It is also possible that pain reduction results from the improvement of balance between knee extensors and flexors as well as from the increase of knee joint stability. Therapeutic exercise with the Thera-Band® is extremely easy and is effective in promoting continuous exercise.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2003, 52 : 305~312)

key word : osteoarthritis of the knee, therapeutic exercise, muscle strength, surface EMG, knee flexors

I. 結 言

変形性膝関節症(以下膝 OA)は高齢社会の到来とともに急速に増加している疾患であるが、今なお原因あるいは病態発生のメカニズムは明らかではない。膝 OA では、薬物療法や装具療法のみでは筋力の萎縮は改善せず、疾患の進行の予防に

運動療法がきわめて重要である。膝 OA の運動療法では大腿四頭筋の筋力増強訓練を含むプログラムが多くみられ、等尺性の下肢伸展挙上訓練などがすすめられている。われわれは、膝関節 X 線像と膝伸展筋力、膝関節痛との関連性について報告した¹⁾が、膝伸展筋力のみならず、屈曲筋力の評価を今後の課題とした。そこで今回、外来通院

¹⁾ 東京医科大学病院リハビリテーション科
〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-7-1

²⁾ 東京慈恵会医科大学リハビリテーション医学講座
〒105-8461 東京都港区西新橋3-25-8

Department of Rehabilitation Medicine, Tokyo Medical
University Hospital

Department of Rehabilitation Medicine, Jikei University,
School of Medicine

可能な膝 OA 患者を対象とし, 当院リハビリテーション科において通常の運動療法のほかに訓練用ゴムバンドを用いた運動の指導を実施し, 日本整形外科学会変形性膝関節症治療成績判定基準(以下 JOA score), 筋力測定器を用いた筋力, 表面筋電図を指標として患者の運動療法の効果を評価, 検討した。

II. 方 法

A. 対 象

インフォームドコンセントの得られた通院中の女性患者で膝関節単純X線正面像が Kellgren and Lawrence scale²⁾にて Grade I 以上の両側膝 OA 患者, 7 名14膝を対象とした。Grade I が1名1膝, Grade II が2名3膝, Grade III が4名8膝, Grade IV が1名2膝であった。年齢は59歳~81歳で, 平均年齢 72.0 ± 7.8 歳(平均 $\pm$ 標準偏差), 移動能力は屋外歩行自立が5名, 屋内歩行自立が2名, 大腿脛骨角(FTA)は175~197度, 平均 182.6 ± 6.7 度(Tab. 1)であった。

B. 運動療法

対象患者に対し, 大腿四頭筋訓練や, 下肢伸展挙上訓練などの通常の運動療法の指導のほかに, 座位で両足関節直上部に訓練用ゴムバンド(HYGENIC 社製, セラバンド®(緑))(以下ゴムバンド)を8の字状に巻きつけ, 一側で膝伸展すると同時に他側では膝屈曲を行い(Fig. 1), 5秒毎に交互に繰り返す動作10回を1セットとし1日2セット施行する運動を指導した。運動療法は週5日, 自宅にて施行するよう指導した。また, 希望

Fig. 1. Exercise with the Thera-Band®

する者に対して, 週1回程度の通院による筋力強化訓練や歩行訓練などの理学療法を施行した。

C. 評 価

評価は運動療法開始前, 開始1か月後, 開始3か月後に JOA score, 膝屈曲・伸展筋力および表面筋電図を用いて行った。JOA score は, 日本整形外科学会による, OA 膝治療成績判定基準³⁾であり, 点数が高いほど成績は良好である。疼痛・歩行能, 疼痛・階段昇降能, 屈曲角度および強直・高度拘縮, 腫脹の四項目について, 左右それぞれの膝につき100点満点で評価する。筋力は筋力測

Table 1.

case	age	K-L†	FTA(deg.)	gait ability	cane	JOA (points)			knee flexor strength (Nm/kg)			knee extensor strength (Nm/kg)		
						before	1 m. after	3 ms. after	before	1 m. after	3 ms. after	before	1 m. after	3 ms. after
1	Rt	74	Grade III	193	independent out of doors	T-cane	60	95	34.6	42.3	42.3	51.9	63.5	55.8
1	Lt		Grade III	190			70	95	36.5	40.4	44.2	63.5	75	69.2
2	Rt	81	Grade III	175	independent out of doors	-	90	70	36.2		37.5	112.8		100
2	Lt		Grade III	179			65	50	29.8		31.3	93.6		83.3
3	Rt	76	Grade III	179	independent out of doors	-	85	95	56.9	66.2	69.2	118.5	113.8	101.5
3	Lt		Grade III	182			75	80	52.3	55.4	66.2	86.2	87.7	87.7
4	Rt	73	Grade III	184	independent within doors	T-cane	45	65	29.3	22.4	31	103.4	106.9	117.2
4	Lt		Grade III	178			50	75	20.7	27.6	24.1	136.2	120.7	120.7
5	Rt	64	Grade I	177	independent out of doors	-	65	70	31.7	33.3		78.3	63.3	
5	Lt		Grade II	178			80	85	25	21.7		90	73.3	
6	Rt	79	Grade IV	190	independent within doors	-	35	45	26.3		13.2	71.1		34.2
6	Lt		Grade IV	197			30	50	7.9		7.9	36.8		34.2
7	Rt	59	Grade II	177	independent out of doors	-	75	70	25		40	48.1		80
7	Lt		Grade II	178			75	70	25		50.9	48.1		94.5
mean $\pm$ 1SD									31.2 $\pm$ 11.9	38.7 $\pm$ 15.8	38.2 $\pm$ 18.6*	81.3 $\pm$ 28.8	88.0 $\pm$ 23.0	81.5 $\pm$ 28.7
p value: comparison with before exercise										0.20(n=8)	<0.05(n=12)		0.50(n=8)	0.92(n=12)

† Kellgren and Lawrence scale

m. : month ms. : months

定器(Lumex 社製, CYBEX 770-NORM[®])を使用して測定した。筋力測定時の肢位は股関節屈曲85度の座位とし、角速度60度/秒における膝伸展および屈曲の等運動性最大筋力を測定した。筋力測定は2分間の安静の後に各15秒の間隔で4回施行し、4回のうち最大値を示した筋力を体重で除した値(Nm/kg)で比較した。表面筋電図は上記の筋力測定と同時に測定した。筋電図の測定に際して、研磨剤入りのペーストを用いた前処置を施した後、大腿直筋(以下 RF)、内側広筋(以下 VM)、外側広筋(以下 VL)、大腿二頭筋(以下 BF)に表面電極を貼付した。電極の貼付位置は、RF は上前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結んだ線分の二等分点⁴⁾、VM は膝蓋骨内側上縁より四横指上方⁴⁾、VL は膝蓋骨外側上縁より四横指上方⁴⁾、BF は腓骨頭より四横指上方⁴⁾とした。表面電極(ユニークメディカル社製, TF 200-056 B)は、アクリル板に2 cm 間隔で二か所に長さ1 cm の直線電極が埋め込まれたものを使用した。筋電計(日本光電社製, ニューロパックΣ[®])を用い、ハイパスフィルターを10 Hz、ローパスフィルターを10 kHzとして導出し、出力された筋電信号はADコンバーター(ADInstruments 社製, MacLab[®])へ入力し、デジタル変換した。サンプリング周波数は1 kHzとした。表面筋電図は角速度60度/秒の等運動性収縮時におけるものであり、4回の膝屈伸のうち最大筋力を示したときの筋電図を採用した。RF, VM, VL は膝最大屈曲位から最大伸展位までの膝伸展時、BF は膝最大伸展位から最大屈曲位までの膝屈曲時の表面筋電図を計算に使用した。それぞれの積分値および、20 msec 単位の交流実効値(root mean square: 以下 RMS)の平均値と最大値を算出した。また、周波数分析を施行し、平均周波数(mean power frequency: 以下 MPF)を求めた。

D. 統計処理

運動療法施行前後の比較における有意差の検定には、paired t-test を使用した。

Ⅲ. 結 果

A. 運動の継続性

対象となった7名のうち1名は、運動療法開始1か月後に症状が改善し、その後も順調な経過であったため開始1か月後で評価を終了した。評価を終えた1名はその後もトレーニングを継続している。

B. JOA score

JOA score は、運動療法開始前と比較し開始1か月後では有意な変化を認めなかった($p=0.45$)が、開始3か月後で有意($p<0.05$)に改善しており(Tab. 1, Fig. 2)、項目別では疼痛・歩行能力、疼痛・階段昇降能力を中心に改善を認めた。Fig. 2で、実線は開始1か月後のデータが存在するもの、破線は開始1か月後のデータが存在しないものを示している。

C. 筋 力

角速度60度/秒における等運動性膝伸展筋力は運動療法開始前の 81.3 ± 28.8 (Nm/kg)と比較し、開始1か月後で 88.0 ± 23.0 (Nm/kg) ($p=0.50$)、3か月後で 81.5 ± 28.7 (Nm/kg) ($p=0.92$)と有意な変化を認めなかった。膝屈曲筋力は運動療法開始前の 31.2 ± 11.9 (Nm/kg)と比較し開始1か月後では 38.7 ± 15.8 (Nm/kg) ($p=0.20$)と有意差を認めなかったが、開始3か月後で 38.2 ± 18.6 (Nm/kg) ($p<0.05$)と有意に増強していた(Tab. 1)。膝屈曲筋力の膝伸展筋力に対する比を図に表した(Fig.

Fig. 2. Change of the JOA score between before and after exercise

Fig. 3. Change of isokinetic muscle power ratio at 60 degree/sec between before and after exercise

3). 運動療法開始前 (0.41 ± 0.16) と比較し開始 1 か月後では 0.46 ± 0.19 ($p=0.26$) と有意差を認めなかったが、開始 3 か月後で 0.48 ± 0.20 ($p<0.05$) と有意に増加していた。

D. 表面筋電図

運動療法開始前を 1 としたときの表面筋電図の積分値は、運動療法開始 3 か月後には RF で 1.53 ± 0.79 ($p<0.05$), VM で 1.53 ± 0.56 ($p<0.01$), VL で 1.65 ± 0.68 ($p<0.01$) と有意な増加を認めた。また、運動療法開始前を 1 としたときの RMS

平均値は VM で 1.33 ± 0.35 ($p<0.01$), VL で 1.42 ± 0.49 ($p<0.05$) と有意に増加し、RMS 最大値は VM で 1.36 ± 0.34 ($p<0.01$), VL で 1.69 ± 0.88 ($p<0.05$) と有意に増加していた。BF の表面筋電図では有意差こそ認めなかったが、運動療法開始 3 か月後には積分値は 1.49 ± 1.14 ($p=0.19$), RMS 平均値は 1.39 ± 1.14 ($p=0.28$), RMS 最大値は 1.27 ± 0.99 ($p=0.38$) と上昇傾向にあった (Tab. 2)。周波数分析による MPF は、VL において運動療法開始前の 139.9 ± 20.7 に対し、運動療法開始 3 か月後では 120.3 ± 31.1 ($p<0.05$) と有意な減少を認め、他の各筋も減少傾向にあった (Tab. 3)。

IV. 考 察

膝 OA 患者では、膝関節の疼痛、腫脹、可動域制限、筋力低下が認められ、歩行などの移動能力が低下している。膝 OA の運動療法としては大腿四頭筋を中心とした筋力強化、温熱療法、関節可動域訓練、自宅での運動療法の実施のほか、肥満の予防と改善や日常生活動作における諸注意の指導がある⁵⁾。膝 OA 患者では大腿四頭筋筋力

Table 2. Change of EMG parameters of muscular isokinetic contraction at 60 degree/sec (before exercise=1)

case	RF integral		RF RMS mean		RF RMS max		VM integral		VM RMS mean		VM RMS max	
	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after
1 Rt	0.73	1.41	0.68	1.24	0.63	1.19	1.91	1.88	1.74	1.63	2.27	1.77
1 Lt	0.84	1.09	0.97	1.15	0.97	1.21	0.90	0.93	1.02	1.00	0.86	0.86
2 Rt	1.58	1.89	1.28	1.53	1.36	1.70	1.33	1.49	1.14	1.29	1.24	1.17
2 Lt	1.34	1.06	1.16	1.02	1.03	1.05	0.71	0.86	0.65	0.87	0.71	1.02
3 Rt	1.03	0.69	1.19	0.60	1.10	0.63	0.68	1.34	0.81	1.13	0.88	1.38
3 Lt	1.60	1.91	1.39	1.43	1.38	1.68	1.50	1.73	1.27	1.27	1.38	1.53
4 Rt	1.22	1.51	1.13	1.42	0.84	1.08	1.08	1.43	1.06	1.44	0.80	1.43
4 Lt	1.16	0.88	1.03	0.79	1.04	0.96	1.11	1.29	0.96	1.14	0.85	0.83
5 Rt	1.47		1.58		1.82		1.06		1.17		1.05	
5 Lt	1.06		1.04		0.90		1.14		1.13		1.05	
6 Rt		0.57		0.59		0.58		0.92		0.95		1.19
6 Lt		2.08		1.30		1.48		2.75		1.69		1.72
7 Rt		3.46		3.21		3.55		2.25		2.04		1.81
7 Lt		1.80		1.87		1.72		1.51		1.55		1.56
mean $\pm$ 1SD	1.20 $\pm$ 0.30	1.53 $\pm$ 0.79*	1.14 $\pm$ 0.25	1.34 $\pm$ 0.70	1.11 $\pm$ 0.34	1.40 $\pm$ 0.78	1.14 $\pm$ 0.37	1.53 $\pm$ 0.56**	1.10 $\pm$ 0.29	1.33 $\pm$ 0.35**	1.11 $\pm$ 0.46	1.36 $\pm$ 0.34**
p value	0.06(n=10)	<0.05(n=12)	0.10(n=10)	0.12(n=12)	0.34(n=10)	0.10(n=12)	0.26(n=10)	<0.01(n=12)	0.32(n=10)	<0.01(n=12)	0.48(n=10)	<0.01(n=12)

case	VL integral		VL RMS mean		VL RMS max		BF integral		BF RMS mean		BF RMS max	
	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after	1 m. after	3 ms. after
1 Rt	0.94	1.29	0.91	1.16	0.91	0.96	2.14	3.17	1.85	2.75	1.68	2.80
1 Lt	0.42	1.08	0.51	1.16	0.50	1.63	0.38	1.97	0.39	1.81	0.13	0.64
2 Rt	2.20	1.11	1.76	0.94	2.00	1.07	0.50	0.49	0.44	0.40	0.50	0.32
2 Lt	1.32	0.79	1.17	0.78	1.17	0.75		0.74		0.70		1.07
3 Rt	1.09	1.21	1.22	0.99	1.20	1.00	0.34	0.66	0.41	0.65	0.37	0.79
3 Lt	1.73	2.50	1.49	1.77	1.48	3.00	1.25	1.40	1.28	1.19	1.19	1.30
4 Rt	1.28	1.67	1.19	1.50	1.60	1.55	1.54	1.03	1.69	0.82	6.06	0.83
4 Lt	1.36	1.89	1.22	1.54	1.42	1.94						
5 Rt	0.91		0.97		0.96		0.88		1.05		1.23	
5 Lt	0.62		0.62		0.51		0.38		0.36		0.33	
6 Rt		0.94		0.96		0.81		0.28		0.28		0.43
6 Lt		2.93		1.87		3.48		0.51		0.41		0.45
7 Rt		2.15		2.12		1.85		3.30		2.90		2.98
7 Lt		2.17		2.24		2.29		2.80		3.42		2.41
mean $\pm$ 1SD	1.19 $\pm$ 0.52	1.65 $\pm$ 0.68**	1.10 $\pm$ 0.37	1.42 $\pm$ 0.49*	1.18 $\pm$ 0.48	1.69 $\pm$ 0.88*	0.93 $\pm$ 0.66	1.49 $\pm$ 1.14	0.93 $\pm$ 0.62	1.39 $\pm$ 1.14	1.69 $\pm$ 2.20	1.27 $\pm$ 0.99
p value	0.29(n=10)	<0.01(n=12)	0.40(n=10)	<0.05(n=12)	0.27(n=10)	<0.05(n=12)	0.76(n=8)	0.19(n=11)	0.77(n=8)	0.28(n=11)	0.55(n=8)	0.38(n=11)

p value : comparison with before exercise

m. : month

ms. : months

Table 3. MPF (Hz) of muscular isokinetic contraction at 60 degree/sec

case	RF			VM			VL			BF		
	before	1 m after	3 ms after	before	1 m after	3 ms after	before	1 m after	3 ms after	before	1 m after	3 ms after
1 Rt	153.6	145.0	111.8	148.4	140.5	120.9	120.3	136.8	141.0	162.3	174.5	153.5
1 Lt	152.3	172.9	137.1	148.2	137.6	133.1	132.6	169.4	133.7	203.2	224.7	182.5
2 Rt	180.7	151.0	147.2	149.1	151.4	124.0	173.4	149.3	171.0	201.1	188.6	125.7
2 Lt	151.2	116.0	132.8	113.2	131.7	133.4	153.1	141.4	164.0	183.1		196.4
3 Rt	153.4	156.6	165.6	154.1	155.5	131.9	166.6	118.8	137.1	138.4	175.8	180.7
3 Lt	135.8	104.3	151.4	154.1	104.4	145.3	165.4	147.4	115.6	152.8	172.6	183.2
4 Rt	106.1	121.7	126.7	107.4	142.3	148.5	143.4	114.4	118.6	158.5	148.3	188.7
4 Lt	122.7	118.3	143.9	132.4	112.5	155.9	134.8	149.0	81.9	153.8		
5 Rt	155.8	146.8		126.2	138.8		145.7	160.4		145.8	152.4	
5 Lt	132.1	103.9		125.2	80.8		136.1	142.7		197.6	164.4	
6 Rt	153.4		143.2	117.1		115.5	98.3		81.9	143.9		121.4
6 Lt	172.4		128.5	128.7		107.1	143.0		99.0	152.1		111.6
7 Rt	139.8		115.9	161.2		111.5	116.7		122.3	204.3		163.1
7 Lt	142.4		117.5	152.0		120.9	129.4		77.7	218.5		159.2
mean±SD	146.5±19.0	133.6±23.8	135.1±16.0	137.0±17.5	129.5±23.3	129.0±15.2	139.9±20.7	143.0±16.8	120.3±31.1*	172.5±27.4	175.2±23.9	160.5±29.5
p value		0.13(n=10)	0.11(n=12)		0.47(n=10)	0.22(n=12)		0.62(n=10)	<0.05(n=12)		0.54(n=8)	0.27(n=11)

p value : comparison with before exercise

m. : month ms. : months

が低下^{6,7)}しており、運動療法としては大腿四頭筋の強化が重要であるとの報告が数多くあり^{8~12)}、運動療法施行後に、疼痛の軽減および移動能力の改善を認める報告も多い^{8,10,13)}。

われわれは以前、膝 OA 患者に対する簡単な home-exercise program により、等尺性膝伸展筋力の増加、疼痛の減少および歩行能力の改善を認めたことを示し¹⁾、膝伸展筋のみならず膝屈曲筋力について調べることを今後の課題とした。また、膝 OA の進行に大腿四頭筋の筋力低下以外の要因がより重要であるとするコホート研究¹⁴⁾もある。

そこで今回、膝 OA 患者を対象とし、膝伸展・屈曲筋力とともに、RF, VM, VL, BF の表面筋電図の測定を行い、痛み、筋力、筋電図の相互関係より運動療法の効果を評価した。

A. JOA score および筋力について

今回の結果では運動療法開始 3 か月後で、JOA score は有意に改善し、膝屈曲筋力には有意な増強を認めており、筋力の増強は JOA score の改善に重要な役割を果たしていると考えられた。膝 OA において膝伸筋群とともに膝屈筋群を強化することが重要であることは以前より報告されており^{13,15)}、われわれの指導したゴムバンドを用いた運動療法は、膝屈曲筋力を強化し、膝 OA の症状の改善に有効であると考えられた。

B. 表面電極について

今回表面筋電図の導出に使用した電極は、アク

リル板に 2 cm 間隔で二か所に長さ 1 cm の直線電極が埋め込まれたものである。表面筋電図の測定において電極間距離を 2 cm とした研究は多い^{16~19)}。一般的に使用されている皿電極を用いると正確に 2 cm 間隔で貼付するのに時間がかかり、テープによる貼付では膝の屈伸時に電極がずれたり外れたりしやすい。面積の小さな電極で電極間距離を小さくすればするほどクロストークが減少する²⁰⁾ことからこのような電極を使用した。

C. 表面筋電図について

膝関節周囲筋の表面筋電の積分値を膝 OA 患者と健常者と比較した報告はいくつかある^{16,21)}が、われわれが関与し得た範囲では運動療法施行前後で痛みの評価を含め表面筋電図を比較した報告はない。経時的再現性は十分高いとはいえない^{22,23)}が、等尺性収縮時の筋力と筋電位の関係はほぼ直接的な関係になる²⁴⁾。また、等運動性収縮時の表面筋電を周波数解析^{25~28)}や積分値²⁷⁾、RMS^{25,28)}にて評価した報告は多い。

今回、運動療法開始 3 か月後における等運動性収縮時の表面筋電の積分値は、RF, VM, VL ともに有意な増加を認めており、動員された運動単位が増加したと考えられる。このことから痛みの減少、移動能力の改善と筋電図変化が関係している可能性が示唆された。

一方、表面筋電図の処理法として、RMS 法は次第に定着しつつある²⁴⁾。3 か月間の測定間隔があり表面筋電の信頼性の問題もあるが、われわれの結果では、運動療法開始 3 か月後で RF, VM,

VL の RMS 平均値と RMS 最大値が有意に増加し, BF においても増加傾向が認められた. Moritani ら²⁹⁾は, 表面筋電の RMS 値が筋出力の増加に伴い有意に増加したと報告しており, 膝伸展筋のみならず膝屈曲筋の活動を増強するような運動療法を施行することが望ましいと思われた.

周波数分析においては, 運動療法開始3か月後に VL で MPF の有意な低下を認めた. 筋疲労の進行に伴い MPF は低下する²⁴⁾. 一方, 筋線維の組織化学的分類における FG ならびに FOG 線維の割合が増加するほど中央周波数が増加するとの報告³⁰⁾がある. 本研究では FG 線維や FOG 線維の割合が減少した可能性も考えられ, 今後生検を伴う研究が必要であると思われた.

以上より, 膝 OA では膝屈曲筋力の強化が重要であり, ゴムバンドによる運動療法は伸展, 屈曲に対しほぼ同等の負荷がかかるため, きわめて有効に膝屈曲筋力を強化することが可能であると考えられた. 膝屈曲筋の膝伸展筋に対する比が運動後に増加しており, 適切な運動療法の指導による, 膝伸筋群・屈筋群のバランスの良い改善が, 疼痛の軽減および移動能力の向上に有効であると考えられた.

D. ゴムバンドを用いた運動について

7名の対象のうち, 途中で評価を終了した1名を除き, 全例3か月の訓練期間を終了した. 今回使用したゴムバンドは携帯性に優れており, いすがあればどこでも施行可能な運動である. そのため, 患者負担は比較的少なく, 運動療法の継続性を促すことが可能であると思われた.

今後は, 下肢の固有知覚, 股関節伸展筋, 足関節底屈筋や, 筋のタイプ分類にも着目し, 膝 OA 患者の特性を研究して行くことが課題であると思われた.

V. 結 語

膝 OA 患者に対しゴムバンドを使用した運動療法を施行し, 運動療法開始3か月後に疼痛の軽減, 移動能力の向上が認められた. 膝屈曲筋力の増強を認め, また RF, VM, VL における表面筋

電の積分値の増加, VM と VL における RMS 平均値および最大値の増加, VL における MPF の減少を認めた. 膝 OA では, 膝伸筋群のみならず屈筋群も重要であり, 両者のバランスの良い働きによる膝関節の安定性の向上と, 症状の改善とが密接に関わっていることが示唆された. ゴムバンドを用いた運動療法は手軽であり, 運動の継続および症状の改善に有効であると考えられた.

(なお, 本稿の要旨は第56回日本体力医学会大会および第39回日本リハビリテーション医学会学術集会にて発表した.)

(受理日 平成15年3月31日)

文 献

- 1) 安保雅博, 殷 祥洙, 竹川 徹, 宮野佐年. 両側変形性膝関節症患者における home-exercise program の効果について. 慈恵医大誌(2002), 117.
- 2) Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. Ann. Rheum. Dis., (1957), 16, 494-502.
- 3) 腰野富久. OA 膝治療成績判定基準. 日整会誌, (1988), 62, 901-902
- 4) Aldo O. Perotto. (柏森良二訳), 筋電図のための解剖ガイド, 第3版, 西村書店, 新潟, (2000).
- 5) 吉永勝訓, 栃木祐樹, 高橋和久. 変形性膝関節症における運動療法. 臨床リハ, (1999), 8, 405-409.
- 6) Wessel J. Isometric strength measurements of knee extensors in women with osteoarthritis of the knee. J Rheumatol. (1996), 23, 328-331.
- 7) Madsen OR, Bliddal H, Egsomose C, Sylvest J. Isometric and isokinetic quadriceps strength in gonarthrosis; inter-relations between quadriceps strength, walking ability, radiology, subchondral bone density and pain. Clin Rheumatol. (1995), 14, 308-314.
- 8) Maurer BT, Stern AG, Kinossian B, Cook KD, Schumacher HR Jr. Osteoarthritis of the knee: isokinetic quadriceps exercise versus an educational intervention. Arch Phys Med Rehabil. (1999), 80, 1293-1299.
- 9) O'Reilly SC, Muir KR, Doherty M. Effectiveness of home exercise on pain and disability from osteoarthritis of the knee: a randomised controlled trial. Ann Rheum Dis. (1999), 58, 15-19.
- 10) Rogind H, Bibow-Nielsen B, Jensen B, Moller HC, Frimodt-Moller H, Bliddal H. The effects of a physical training program on patients with osteoarthritis of the knees. Arch Phys Med Rehabil. (1998), 79, 1421-7.

- 11) Fisher NM, Pendergast DR, Gresham GE, Calkins E. Muscle rehabilitation: its effect on muscular and functional performance of patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*, (1991), **72**, 367-374.
- 12) 太田晴康, 黒澤尚, 廣瀬友彦, 池田浩, 松田圭二. 変形性膝関節症における大腿四頭筋訓練の効果について. *運動・物療*, (2000), **11**, 41-46.
- 13) Fisher NM, Gresham G, Pendergast DR. Effects of a quantitative progressive rehabilitation program applied unilaterally to the osteoarthritic knee. *Arch Phys Med Rehabil*, (1993), **74**, 1319-1326.
- 14) Brandt KD, Heilman DK, Slemenda C, Katz BP, Mazuca SA, Braunstein EM, Byrd D. Quadriceps strength in women with radiographically progressive osteoarthritis of the knee and those with stable radiographic changes. *J Rheumatol*, (1999), **26**, 2431-2437.
- 15) Tan J, Balci N, Sepici V, Gener FA. Isokinetic and isometric strength in osteoarthritis of the knee. A comparative study with healthy women. *Am J Phys Med Rehabil*, (1995), **74**, 364-369.
- 16) Marks R, Percy JS, Semple J, Kumar S. Comparison between the surface electromyogram of the quadriceps surrounding the knees of healthy women and the knees of women with osteoarthritis. *Clin Exp Rheumatol*, (1994), **12**, 11-15.
- 17) Kollmitzer J, Ebenbichler GR, Kopf A. Reliability of surface electromyographic measurements. *Clin Neurophysiol*, (1999), **110**, 725-734.
- 18) Cesarelli M, Bifulco P, Bracale M. Study of the control strategy of the quadriceps muscles in anterior knee pain. *IEEE Trans Rehabil Eng*, (2000), **8**, 330-341.
- 19) Ebenbichler G, Kollmitzer J, Quittan M, Uhl F, Kirtley C, Fialka V. EMG fatigue patterns accompanying isometric fatiguing knee-extensions are different in mono- and bi-articular muscles. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, (1998), **109**, 256-262.
- 20) Winter DA, Fuglevand AJ, Archer SE. Crosstalk in surface electromyography: Theoretical and practical estimates. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, (1994), **4**, 15-26.
- 21) 平中崇文, 竹内一喜. 変形性膝関節症における膝周囲筋の筋電図学的研究. *日整会誌*, (1995), **69**, 675-684.
- 22) Heinonen A, Sievanen H, Viitasalo J, Pasanen M, et al. Reproducibility of computer measurement of maximal isometric strength and electromyography in sedentary middle-aged women. *Eur J Appl Physiol*, (1994), **68**, 310-314.
- 23) Yang JF, Winter DA. Electromyography reliability in maximal and submaximal isometric contractions. *Arch Phys Med Rehabil*, (1983), **64**, 417-420.
- 24) Basmajian J, DeLuca C. *Muscles Alive*, 5th. ed., Williams and Wilkins, Baltimore, (1985).
- 25) Gerdle B, Larsson B, Karlsson S. Criterion validation of surface EMG variables as fatigue indicators using peak torque: a study of repetitive maximum isokinetic knee extensions. *J Electromyogr Kinesiol*, (2000), **10**, 225-32.
- 26) Hwang IS, Abraham LD. Quantitative EMG analysis to investigate synergistic coactivation of ankle and knee muscles during isokinetic ankle movement. Part 2: time frequency analysis. *J Electromyogr Kinesiol*, (2001), **11**, 327-35.
- 27) Tesch PA, Dudley GA, Duvoisin MR, Hather BM, Harris RT. Force and EMG signal patterns during repeated bouts of concentric or eccentric muscle actions. *Acta Physiol Scand*, (1990), **138**, 263-71.
- 28) Lindstrom B, Gerdle B. The interrelationships between EMG, peak torque and perceived fatigue during repeated maximum isokinetic knee flexion with and without active knee extension. *Physiotherapy Theory and Practice*, (1994), **10**, 17-25.
- 29) Moritani T, Muro M. Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, (1987), **56**, 260-265.
- 30) Kupa EJ, Roy SH, Kandarian SC, DeLuca CJ. Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. *J Appl Physiol*, (1995), **79**, 23-32.