

수중운동이 아킬레스건 손상 흰쥐의 보행에 미치는 영향

동남보건대학 작업치료과 · 부산가톨릭대학교 물리치료학과¹⁾

용 준 환 · 노 민 희¹⁾ · 김 은 영¹⁾

The Effect of Gait to Apply Aquatic Exercise on Achilles Tendon injured in Rats

Yung, Joon-Hwan · Rho, Min-Hee¹⁾ · Kim, Eun-Young¹⁾

Department of occupational therapy, Dongnam, Health College

Department of Physical Therapy, Catholic University of Busan¹⁾

- ABSTRACT -

This study were investigated the effects to the starting-time of the applied aquatic exercise to the functional healing phase on the Achilles tendon injured rats. The Sprague-Dawley female rats weights($246 \pm 18g$) were assigned to the four groups(24 rats), all experimental groups were able to walking training for 20 min, on the rolling bar motor before injured, one group; control group and three groups; aquatic exercise groups, The aquatic groups were derived into the first day, fourth day and seventh day groups after injuring Achilles tendon according to the levels of aquatic exercise.

This studied were investigated the effects of functional healing after applying the aquatic exercising after first day, fourth day and seven days after injured Achilles tendon by the method of rolling bar-motor(Jc-35L-H/GEAR MOTOR, DC, 12V-20RPM, TAIWAN)R.O.C. and to the phase of healing phase to the Achilles tendon.

After injuring Achilles tendon, the starting-times of walking on the rolling bar motor were showed from 10th day in the first day aquatic groups, after injuring, from the eight day of fourth day and seventh day aquatic groups, but those of the all aquatic groups were not significantly showed from the ninth day after injured in the control group. There were showed healing phase without adherence like normal tissue from the fourth day group after injured to the control group.

The results showed that aquatic exercising were effected the healing phase to the injured Achilles tendon to apply exercise, after being the late period of inflammation.

Key word : Gait, Achilles tendon, aquatic exercise, rolling bar motor

I. 서 론

건은 나선구조로 단단하게 결합된 콜라겐 섬유다발과 건에 분화된 섬유모세포(tenocyte)로 이루어져서(Cula 등, 1999) 근육 신장부하에 저항하고 근육에서 빠르게 힘을 전달하는 역할을 한다. 정상조직에서는 세포표면의 유착 분자가 근수축 등의 기계적 스트레스 변화를 감지하여(Ingber 등, 1994) 적절한 세포 반응을 유도하는 신호를 보내게 되고(Shyy 등, 1997; Galbraith 등, 1998), 섬유모세포는 전달된 신호에 따라 콜라겐 합성을 조절한다고 한다.

건의 치유과정은 일반적인 상처 치유과정과 같이 섬유모세포가 중요한 역할을 하는 것으로 생각되고 있지만, 건 봉합 후에 건 치유가 일어나는 기전에 대해서는 두 가지 학설이 대립하여 왔다(Lundborg 등, 1978). 건 자체의 섬유모세포에 의해 건 치유가 이루어질 수 있다는 내적 치유학설과 주위조직의 섬유모세포가 건으로 이동하여 건 치유를 도와준다는 외적 치유학설로서 현재로는 두 가지 모두 인정되고 있다.

조직이 손상되면 치유과정은 즉시 시작되고(Bryant, 1997), 조직의 파괴는 다양한 연부 조직 세포에 직접적인 손상을 발생시키며 염증반응 물질의 다양한 대사 변화를 가져온다.

특히, 섬유모세포가 활성화되어 많은 양의 세포외기질 성분을 합성하고(Hayem, 2001) 기질 성분의 전환(turnover)을 가져오게 되며, 이 과정동안 세포활성 물질(cytokine)과 성장인자들의 영향을 받는다고 한다(Moller 등, 2000).

Nosaka 등(2000)에 의하면, 손상된 근육에 대한 운동효과는 빠른 근력 회복, 관절 가동범위 제한의 최소화, 부종과 근육통 감소, 혈중 단백질 증가, 미세구조 정상화 등의 연구 보고가 있다(Clackson 등, 1992; Foley 등, 1999; Mchugh 등, 1999). 운동을 할 때 혈액의 온도가 증가하는 것은 근육내 탄수화물과 지방 분해에 의해 방출되는 화학에너지의 일부가 열에너지로 소실되고, 근육 자체의 열이 발생하기 때문인

데(Stuerenburg 등, 1999), 이로 인해 강한 부하로 신체적 훈련된 사람이 비 훈련된 사람보다 오래 운동할 수 있고, 적혈구로부터 근육 조직 내로 빠른 산소운반이 일어난다. 건치유 과정은 염증반응 후 조직 증식과 재생과정을 거치는데 환자에게서는 평균 46.8일(Porter 등, 1999), 실험쥐는 발병 후 5일 내지 7일째 증식과정이 제일 높게 나타난 뒤 14일째 정상과 가까워진다고 보고하고 있다(Murrell 등, 1998; Raunest 등, 1990; Wiig 등, 1997).

한편 건 손상에 대한 일반적인 보존적 치료로서 수중운동이나 능동운동을 점진적으로 적용하는 운동 치료가 시행되고 있다(배성수, 1997). 보존적 치료방법으로서 고정을 시행한 군보다 운동치료를 적용한 군이 근육 신장력이 크게 나타났다고 보고되고 있듯이, 운동치료의 효과가 여러 연구를 통해 입증되고 있다(심대무 등, 1995; Beskin 등, 1987). 그럼에도 불구하고 운동치료의 적용시점이 정확히 설정되지 못하여 논란이 되고 있다. 42명의 환자를 대상으로 한 임상 실험에서도 기능적 범위의 운동을 초기에 적용했을 때 족관절의 배측굴곡의 각도가 평균 12.5도 증가하는 효과를 보고하였다(Beskin, 1987), 수영을 적용한 쥐 실험에서도 탄성력이 증가한 효과를 보고하였다(Burroughs 등, 1990). 또한 건 봉합 후에 초기에 운동을 시키는 경우 유착을 감소시키며, DNA양이 증가하고, 장력이 향상되며, 건의 운동성이 증가하였다고 보고하였다(Porter 등, 1997).

본 연구의 목적은 여러 저자들의 연구를 토대로 특히 임상에서는 건의 손상환자나 근육 손상환자에 대해 각종 전기치료 기기들이나 운동치료 방법들을 적용시키고 있으며, 치료적용시기나 방법에 따라 건의 치유효과에 대한 연구가 부족하다고 사료되어, 운동 적용시점에 따른 치료기간이 건의 기능회복의 정도를 알아보기 위해 환자의 아킬레스건에 손상을 가하고, 시기별로 비 체중부하 운동을 적용한 후 보행시간을 측정하여 비교 분석하였다.

II. 연구방법

1. 실험동물

실험동물은 Sprague-Dawley계의 건강한 흰쥐를 암컷만 선별하여 24마리 (체중 264±18g)를 사용하였다. 실험기간 중 명암은 10시간/14시간으로 조절하였고 온도(22±2°C)와 습도(55-65%)를 유지하였으며 사료와 물을 자유롭게 섭취 하도록 제공하였다.

실험동물은 건 손상 대조군(이하 대조군'이라 한다), 손상 후 1일째 수중운동 적용군(이하 '1일 군'이라 한다), 손상 후 4일째 수중운동 적용군(이하 '4일 군'이라 한다), 그리고 손상 후 7일째 수중운동 적용군(이하 '7일 군'이라 한다)의 4가지 군으로 나누고, 각 군당 6마리씩 배정하였다.

2. 처치

건의 창상제작은 오른쪽 하지 종골 부위를 탈모제를 사용하여 털을 제거한 후 전신 마취(Rompun inj.-Bayer Korea, Keiran inj.-Korea United)를 시켰다. 종골(calcaneus) 저면으로부터 0.7cm 높이의 피부를 횡으로 약 1cm 절개하고, 건 내측 50%정도를 메스로 손상을 가하였다. 그리고 비골근과 장족지굴근의 작용으로 족저 굴곡이 가능하므로 이를 모두 절단하였다. 절개된 피부만 외과적으로 봉합하였고, 수중운동을 적용한 실험군은 2차 감염을 방지하기 위하여 소독치료를 하였다.

1일군, 4일군, 7일군은 비 체중부하 운동인 수중운동을 적용하기 위하여 원형 플라스틱통(반지름=20cm)에 수온 약 25°C의 물을 120cm 깊이로 채우고 군별로 매일 5분간 씩(murrell 등) 수중운동을 하게 하였다.

3. 평가 및 측정

1) 회전봉 검사

아킬레스건 손상 후 시일의 경과에 따라 하지의 보행 및 수중운동 능력을 평가하기 위해 심 등(1995)에 의한 연구보고에 의하여 직접 제작한 원형 봉 회전장치를 이용하였다.

모든 동물은 건 손상 전 회전봉에서 4일간 훈련을 통해 1200초(20분)이상 견디도록 훈련하였다. 회전봉 검사는 20RPM의 속도에서 견디는 보행시간을 측정 한 뒤 1200초에 도달하는 시점을 기능회복의 상태로 설정하였다. 이때 보행시간은 자세 유지 및 보행이 불가능하며 체중을 유지하는 데 어려운 상태로 인해 회전봉 아래로 낙하 하는 데까지 걸리는 시간이다. 검사에 사용한 원형봉 회전장치는 직경이 2cm, 길이가 100cm, 높이가 50cm의 회전 가능한 원통형의 봉으로 분당 20회 회전하는 모터(JC-35L-H/GEAR MOTOR, DC 12V-20RPM, TAIWAN R.O.C)를 연결하여 제작하였다. 회전봉 검사는 건 손상 후 매일 비부하 운동인 수중운동을 5분간씩 적용한 후 회전봉 검사를 하루에 연속 3회 반복 실시하여 얻은 평균값을 보행시간으로 정하였다.

각 군별로 건 손상 후 측정된 보행시간은 평균값과 분산값으로 표시하고, 그 결과는 T-test(p<0.05)로 통계적 유의성을 검정하였다. 모든 통계 분석은 SPSS/PC+로 하였다.

2) 육안관찰

건 치유과정 및 건 유착정도를 알아보기 위해 14일 후 각 군별 6마리씩 흡입마취(diethyl ether)를 시켜 희생시킨 후 아킬레스건 주변의 조직을 주의 깊게 박리 하여 절제한 후 관찰하였다. 아킬레스건의 근위 및 원위 절단부 사이의 길이 즉, 치유조직의 길이를 촉감 및 육안으로 확인 후 캘리퍼스자(Calipers rule)로 정밀하게 측정하였다. 각 군별 유착 정도는 Lee 등(1997)이 토끼 아킬레스건 치유 실험에 근거하여 다음과 같이 분류하였다. 아킬레스건 박리 시 전혀 유착이 없이 정상건과 똑같이 아킬레스건 및 건초가 주위 조직으로부터 박리되는 경우를 0-유착 없음, 유착이 경미하여 건 및 건초가 지혈 겹자 만

으로 박리되는 경우를 1-경도의 유착, 유착이 아주 심하여 건 및 건초가 주위 조직과 구분이 잘되지 않으며 수술칼을 이용하여 겨우 박리 되는 경우를 3-고도의 유착, 그 중간을 2-중등도의 유착으로 구분하였다. 각 군간의 유착 정도는 비모수 통계 검정방법인 Mann-Whitney U-test를 사용하여 통계적 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 회전봉 검사

아킬레스건 손상 후 하지의 보행 및 운동능력을 평가하기 위하여 건 손상 후 1일부터 14일 동안 매일 수영을 5분간씩 적용한 후 분당 20회의 회전 속도의 회전봉에서 보행시간을 측정하였다.

7일 군은 손상 후 1일째 보행시간이 25 ± 8 초로 유의하게 감소하였고, 시일이 경과하면서 보행시간이 증가하였으며, 8일 1160 ± 56.57 초로 손상 전 보행시간에 유의한 차이 없이 회복하였다. 그리고 4일 군

은 손상 후 1일째 보행시간이 34.7 ± 18 초로 유의하게 감소하였고, 8일째 이후 1185 ± 21.21 초로 손상 전 보행시간에 유의한 차이가 없이 회복하였다. 1일 군은 손상 후 1일째 군은 보행시간이 35 ± 16.3 초로 유의하게 감소하였으며, 10일째 이후 1124 ± 69.95 초로 손상 전 보행시간에 유의한 차이가 없이 회복하였다. 그리고 대조군은 손상 후 1일째 군은 35.7 ± 14.8 초로 다른 군과 같이 유의하게 감소하였으며, 손상 후 9일 이후 1054 ± 141.8 초로 손상 전 보행시간에 유의한 차이 없이 회복하였다. 모든 군은 손상 후 10일 이후 손상 전 보행시간 (1200초)에 유의한 차이를 보이지 않고 회복하였다(표 1).

2. 육안 관찰

건 치유과정 및 유착정도를 알아보기 위해 손상 후 14일째 각 군별 6마리씩 흡입마취(diethyl ether)를 시켜 희생시킨 후 아킬레스건 주변의 조직을 주의 깊게 박리 하여 관찰하였다(표 2).

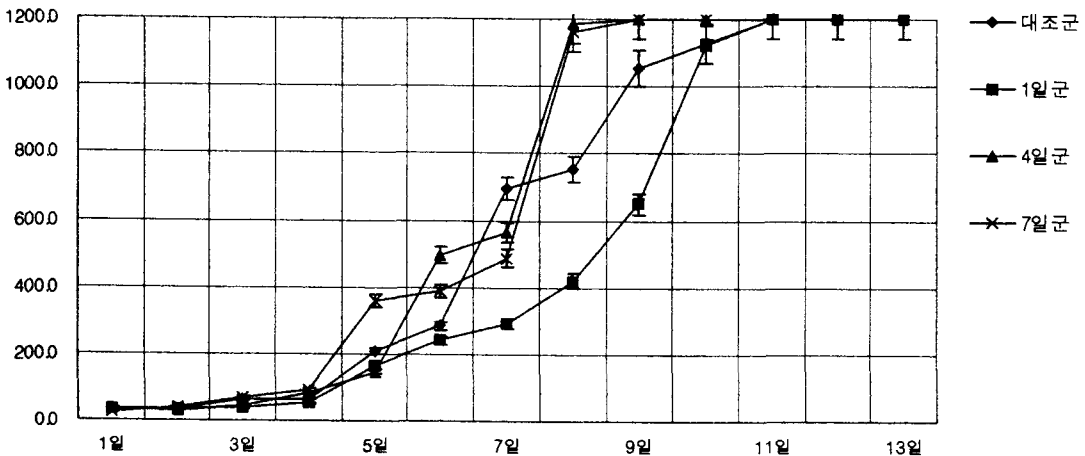


그림 1. 아킬레스 건 손상 후 회전봉에서의 보행시간의 변화

표 1. 아킬레스 건 손상 후 운동적용에 따른 회전 봉에서의 보행시간의 변화

구 분	단위:초			
	대 조 군	1 일 군	4 일 군	7 일 군
손상 전	1200	1200	1200	1200
손상 후				
1일	35.7±14.8*	35±16.3*	34.7±18*	25±8*
2일	35.2±21.7*	32.9±20.6*	30±17*	40.5±16*
3일	62.1±11.1*	36.6±15*	43.2±23.5*	70.3±9.03*
4일	64.2±16.3*	51.4±21.5*	80.8±30.6*	91.9±17*
5일	210.5±8.5*	165.9±37.35*	146.5±38.53*	359±27.36*
6일	284.3±64.07*	241.8±55.22*	496±65.5*	387±58.24*
7일	694.4±112*	293.3±10.53*	563±53.53*	488.2±67.09*
8일	754±112.1*	419.3±79.62*	1185±21.21	1160±56.57
9일	1054±141.8	650±28.33*	1200±0	1200±0
10일	1127±103.7	1124±69.95	▲	▲
11일	1200±0	1200±0	▲	▲
12일	▲	▲	▲	▲
13일	▲	▲	▲	▲
14일	▲	▲	▲	▲

T-test (p<0.05), Value are Mean±D(Standard deviation),

* : statistically significant

표 2. 아킬레스 건 손상 후 운동적용에 따른 유착 정도의 변화

실 험 군	단위:마리			
	유착없음	경 도	중 등도	고도
대 조 군	0	0	4	2
1 일 군	0	0	2	4
4 일 군	0	3	3	0
7 일 군	0	2	2	2

경 도 : 건 및 건초가 지혈감자로만으로도 쉽게 박리되는 경우

중 등도 : 건 및 건초가 지혈감자로만으로도 겨우 박리되는 경우

고 도 : 건 및 건초가 수술칼을 이용하여 겨우 박리되는 경우

새로 형성된 조직은 정상 조직에 비해 회백색의 육아조직과 혈괴가 차 있고 두께가 비후 되어 있는 소견을 발견할 수 있었다. 4일 군은 손상부위를 찾기 어려울 정도로 정상 아킬레스건에 가깝게 치유되는 것을 볼 수 있었으며, 대조군에 비해 유착의 정도가 아주 양호한 편이었다. 그러나 1일군은 다른 군에 비해 새로 형성된 부위가 눈에 띄게 두꺼워졌으며, 유착의 정도가 대조군에 비해 유의한 차이는 볼 수 없었다. 그리고 7일군은 유착의 정도가 대조군에 비해 양호한 편이었으나, 유의한 차이를 볼 수 없었다(표 3).

그리고 치유조직의 길이를 포함하는 아킬레스건의 길이는 대조군이 평균 13.93±1.1mm로 가장 짧았고, 1일군이 평균 15.58±1.98mm로 가장 길었다. 그러나 각 군별로는 통계적으로 유의한 차이가 보이지 않았다(표 4).

표 3. 각 실험군의 유착 정도 비교

구 분	단위:mm			
	대 조 군	1 일 군	4 일 군	7 일 군
유착정도	2.33±0.52	2.67±0.52	1.50±0.55*	1.83±0.75

Mean-Whitney test(P<0.05), Value are Mean±D(Standard deviation), * : statistically significant

표 4. 각 실험군에서의 치유조직 길이를 포함한 아킬레스 건의 길이 비교

구 분	단위:mm			
	대 조 군	1 일 군	4 일 군	7 일 군
정 도	13.93±1.15	15.58±1.98	14.09±1.55	14.22±0.99

T-test (p<0.05), Value are Mean±D(Standard deviation), * : statistically significant

IV. 고 찰

아킬레스 건 손상은 달리기 선수가 겪는 흔한 부상 중 하나이고 많은 경우 스포츠 활동 중에 발생하

며(Fahlstrom 등, 1998) 최근에 스포츠 인구가 증가하면서 발병률이 높아지고 있다(Maffulli, 1999). 일반적으로 발과 발목의 건과 인대는 운동선수 및 일반인의 활동과 생활에서 흔히 손상되는 부위이다(Fyfe, 1992; Griffin, 1993; Pneumatics 등, 1999). 대부분의 사람들은 그들의 일생에 적어도 한번 이상은 건 손상을 경험하게 된다(Fyfe, 1992). 특히 발목 염좌나 골절과 같은 급성 손상과, 과 사용에 의한 손상 등 다양한 손상을 입게 된다(Griffin, 1993, Pneumatics 등, 1999). 이 중 아킬레스건 손상은 슬관절을 신전한 상태에서 갑자기 족관절이 배굴 회전되면서 호발하며, 대부분 건 종지부의 2-6cm 상방인 혈액공급이 적은 부위에서 잘 발생한다는 점은 치료를 어렵게 하는 요인이다(이운태, 1992).

윤 등(1997)의 닭을 이용한 건 손상 실험에 의하여 치유 과정을 크게 3단계로 분류할 수 있다. 제 1단계인 염증기는 염증세포의 침윤과 같은 세포성 반응이 나타나며, 장력은 생성되지 않고 5일간 지속된다. 발열, 발적, 부종 및 통증이 있어, 이로 인한 보호적 기전으로 관련된 손상 부분의 사용 감소가 동반된다고 보고한다. 제 2단계인 원섬유 생성기는 건 주위조직으로부터 섬유아세포가 이동하여 섬유아세포에서 형성된 교원조직이 손상된 건 조직을 메꾸게 된다. 교원섬유의 침착은 5일-21일 사이에 최고에 달하여, 이 기간동안 반흔조직의 장력은 급격히 증가한다. 3단계인 성숙기는 손상 후 21일 이후에 교원섬유의 생성은 거의 없으나, 건 사이에 불규칙하게 놓여 있던 교원섬유의 재배열이 일어나 건 섬유에 평행하게 배열되어 결과적으로 수복된 건의 장력이 증가된다고 보고되고 있다. 그러나 닭과는 달리 환자의 경우 염증기를 지나 5내지 7일째 원섬유 생성기에서 치료 효과가 두드러지고, 성숙시까지 약 14일의 치료기간이 필요하다고 보고하고 있다(Gigante 등, 1996; Lee 등, 1997; Murrell 등, 1997).

Ramirez 등(1997)는 쥐 아킬레스건 섬유모 세포에 초음파치료(0.4W/cm², 1MHz)를 조사했을 경우, 세포

증식 및 분열이 증가하는 것을 보고하였다.

손상된 건의 치료에서 건 조직 자체의 회복과 유착을 최소화하려는 연구들이 진행되어 왔다(윤준호, 1997). 이러한 연구들 중 보존적 치료 방법인 운동을 점진적으로 적용하는 경우 건 치유에 유익한 효과를 나타내며(배성수 등, 1997) 제한된 운동은 활액의 생산을 증가시키는 펌프기전과 같은 역할을 통해 치유를 활성화시킨다고 보고되고 있다(Lundborg 등, 1978).

한편 운동치료의 효과의 유무에 대한 논란과 더불어 적용시점에 대한 논의 또한 지속적으로 이루어져 왔다. Buckwalter(1995)의 연구에서, 운동을 적용하면 손상된 조직에 가한 운동이 염증을 증가시켜 건 치유에 비효과적이며, 충분한 안정을 취하는 방법이 오히려 치료를 촉진시킨다고 주장하였으나, 오히려 초기에 조절된 능동운동이 기능 회복을 촉진시킬 것이라는 반대된 연구를 보고하였다. 최근 Murrell(1998)은 환자에게 아킬레스건 손상을 가한 직후부터 5분간 수영을 적용하면 기능회복에 효과를 보인다고 주장하였다.

환자의 아킬레스건 손상 직후 적용한 5분간의 수영이 치료를 촉진시킬 것이라고 주장한 Murrell 등(1998)의 실험과, 닭의 건 손상 후 초기에 운동을 적용시킨 경우 유착이 감소된다는 Gelberman 등(1982)의 보고와는 달리 본 실험에서는 4일군과 7일군이 대조군 보다 1일 빠르게 운동기능의 회복을 보였고, 육안 소견에서 4일 군이 유착정도가 다른 군보다 낮게 관찰되었다. 이러한 결과들을 기초로 하여 운동의 적용시점이 1단계인 염증기를 지난 후 적용하는 4일군, 7일군이 기능 회복에 모두 유리하며, 특히 2단계인 원섬유 생성기의 초기인 5일경에 적용하는 4일군이 가장 좋은 효과를 가져 온다고 사료된다.

이러한 것은 건 손상된 닭에게 초기에 보호적 안정을 취한 뒤, 3주 후 제한된 운동을 실시하여 유리한 효과를 나타낸 Montgomery(1989)의 실험과, 아급성기에 비체중부하운동이 효과가 있다고 주장한 Kisner & Colby와 유사한 효과를 나타내었을 뿐만 아

나라(배성수 등, 1997) Farkas 등(1980)에 의한 닭의 제 3지골 건 손상 후 18일째 적용한 운동치료가 유착을 적게 발생시킨 실험결과와 비교되며, 개체성을 고려할 때 본 실험 결과와 유사한 적용시점을 가진다고 사료된다.

또한 4일 군에서 가장 좋은 효과를 나타낸 것은, 토끼의 아킬레스건 치유과정에 유사한 시점인 1주 후 건에 섬유아세포의 농도가 증가한다는 이운태(1992)의 실험 결과 및 운동이 섬유아세포를 통하여 활액생산을 촉진하고 이에 따라 유착이 방지되며, 건의 영양을 호전시킨다는 윤 등(1997)의 실험 결과와 운동이 건초의 혈관생성을 촉진하며, 이에 따라 섬유아세포의 손상된 건으로의 이동과 증식이 촉진되고 더불어 손상된 부위에 반흔의 재생이 촉진된다는 Gelberman 등(1981)의 실험의 결과와 일치되어T다.

1일군에서 대조군보다 1일 늦게 운동기능의 회복을 나타낸 것은 아킬레스건 손상된 흰쥐에게 5분간 수영을 초기에 적용하면 치료를 촉진시킨다는 Murrell 등(1998)의 주장과 다른 결과를 나타내었다. 그러나 슬개건 손상 토끼에게 손상직후 적용한 운동이 오히려 손상된 건에 다양한 축 방향으로 stress가 가해지고 미세 손상이 증가하여 유해한 효과를 가져온다고 보고한 Kamps 등(1994)의 실험과 초기에 적용한 운동이 미세 손상과 염증을 증가시킨다는 보고와 일치하였다.

또한 Murrell 등(1998)과 같은 5분의 운동강도를 적용했음에도 불구하고 1일군이 대조군보다 운동기능회복이 늦게 나타난 것은 실험에서 과도하게 가해진 건 신장력이 건을 과신전 시키고, 이에 따라 근력이 줄어든다는 결과로 미루어 볼 때 손상직후 실시한 5분의 운동 강도가 치료 효과를 나타낼 수 있는 임계치를 초과하여 유해한 영향을 미쳤다고 판단된다. 그리하여 1일군이 대조군보다 늦은 회복을 보인 것이 효과적인 운동량의 임계치를 초과하여 생긴 문제점인지 운동이 염증이 초기에 적용되어 발생된 것인지는 향후 실험을 통하여 정확하게 분석되어야 할 것이다. 한편 본 실험은 기능적 회복능력을

평가하기 위해 보행분석을 실시한 Murrell등(1998)의 실험과 달리, 지구력을 위주로 하는 원형봉 회전장치를 이용하여 분석한 방법의 차이에 따라 결과가 다르게 나타날 수도 있다고 사료된다.

이러한 점을 감안하여 향후에는 운동의 강도와 운동적용 시점에 대한 보다 정확한 치료방법의 설정과 더불어, 초기 염증기에 운동만을 적용하는 것보다 근방호를 줄일 수 있는 진통치료를 병행하는 방법에 대한 연구를 계속하여야 할 것으로 사료된다.

V. 요약

본 실험은 아킬레스건 손상 후 운동의 적용기간이 회복과정에 미치는 영향을 알아보고자, 흰쥐의 우측 아킬레스건을 손상한 후 수중운동을 적용하여 기능회복과정을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 건 손상 후 회전봉에서의 보행시간이 대조군은 9일 이후, 1일군은 10일 이후, 4일군과 7일군은 8일 이후 손상 전 보행시간에 대해 유의한 차이 없이 회복하였다.
2. 4일군은 육안관찰에서 손상부위를 찾기 어려울 정도로 정상 건에 가깝게 치유된 것을 볼 수 있으며, 대조군에 비해 유착의 정도가 아주 양호한 편이었다.

이상의 결과를 종합해보면 흰쥐 아킬레스건 손상에 대해 염증기를 지난 후 적용하는 수중운동가 건치유 과정을 촉진시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 배성수의 15인; 키스너·콜비, 운동치료 총론. 영문사, 285-300, 566-568, 1997.
- 심대무, 최정기, 차상도 등. 흰쥐에서 척수손상 후 후지의 운동기능회복을 위한 좌골신경의 전기자극 효과. 대한척추외과학회지, 2(2): 151-160, 1995.
- 윤준오, 김정재, 조성진 등. Fibrin접착제를 이용한 굴곡건 손상의 치료-닭을 이용한 실험적 연구. 대

- 한수부의과학회지, 2(1): 16-27, 1997.
- 이윤태. 섬유소 접착제가 토끼의 손상된 아킬레스건 치유에 미치는 영향. 연세의대학위논문집, 259-271, 1992.
- Beskin JL, Sanders RA, Hunter SC, Hughston JC. Surgical repair of Achilles tendon ruptures. *Am. J. Sports Med*, 1-8, Jan-Feb 15(1), 1987.
- Bryant MW. Wound healing. *CIVA Clinical Symposia* 29(3): 2-36, 1997.
- Buckwalter JA. Activity VS rest in the treatment of bone, soft tissue and joint injuries. *Iowa Orthop. J*, 15: 29-42, 1995.
- Burroughs P, Dahners LE. The effect of enforced exercise on the healing of ligament injuries. *Am. J. Sports Med*, Jul-Aug, 18(4): 376-8, 1990.
- Chiquet M. Regulation of extracellular matrix gene expression by mechanical stress. *Matrix Biology*, 18: 417-426, 1999.
- Clarkson P. M., Nosaka & B., Braun. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med. Sci. Sports Exerc*, 24: 512-520, 1992.
- Cula E. M., Clark. C.H., & Merrilees, M. J. Connective tissue : matrix composition and its relevance to physical therapy. *Physical Therapy*, 79: 308-319, 1999.
- Fahlstrom. M., Bjornstig, U., & Lorentzon, R. Acute Achilles tendon rupture in badminton players. *American Journal of Sports Medicine*. 26: 467-470, 1998.
- Farkas LG, Herbert MA, James JS. Peritendinous healing after early movement of repaired flexor tendon : anatomical study. *Ann. Plast. Surg*, Oct, 5(4): 298-304, 1980.
- Farkas LG, Hervbert MA, James JS. Does early movement speed the recovery of function of repaired flexor tendon. *Ann. Plast. Surg*, Oct, 5(4): 305-8, 1980.
- Foley J. M., R. C. Jayraman, B. M., & Prior, J. M. Pivarnik, and R. A. Meyer. Mr measurments of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. *J. Appl. Physiol*, 60: 26-31, 1999.
- Fyfe Stanish WD. The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries. *Clin. Sports Med*, Jul, 11(3): 601-24, 1992.
- Galbraith C. G. & Sheetz, M. P. Forces on adhesive contracts affect cell function. *CurrentOpinion in Cell Biology*, 10: 566-571, 1998.
- Gelberman RH, Arnifl D, Gonsalves M, Woo S, Akeson WH. The influence of protected passive mobilization on the healing of flexor tendons, a biochemical and microangiographic study. *Hand*, Jun, 13(2): 120-8, 1981.
- Gelberman RH, Woo SL, Lothringer K, Akeson WH. Effects of early intermittent passive movbilization on healing canine flexor tendons. *Hand. Surg. [Am]*, Mar, 7(2): 170-5, 1982.
- Griffin JR, Stanish WD. Overuse tendonitis and rehabilitation. *Can Fam Physician*, Aug, 39: 1762-9, 1993.
- Gigante A, Specchia N, Rapali S, Venture A, de Palma L. Fibrillogenesis in tendon healing: an experimental study. *Boll. Soc. Ital. Biol. Sper*, Jul-Aug, 72(7-8): 203-10, 1996.
- Hayem G : Tenology : a new frontier. *Joint Bone Spine*, 68: 19-25, 2001.
- Ingber D. E., Dike, L., Hansen, L., Kard, S., Liey, H., Maniotis, etc. Cellular tensegrity : exploring how mechanical changes in the cytoskeleton regulate cell growth, migration and tissue pattern during morphogenesis. *Intenational Review of Cytology*, 150: 173-224, 1994.
- Kamps BS, Linder LH, DeCamp CE, Haut RC. The influence of immobilization versus exercise

- on scar formation in the rabbit patellar tendon after excision of the central third. *Am. J. Sports Med*, Nov-Dec, 22(6): 803-11, 1994.
- Lee Ew, Maffull N, Li CK, Chan KM. Pulsed magnetic and electromagnetic fields in experimental achilles thendonitis in the rat: a prospective randomized study. *Arch. Phys. Med. Rehabil*, Apr, 78(4): 399-404, 1997.
- Lundborg G, Rank F. Experimental intrinsic healing of flexor tendons based upon synovial fluid nutrition. *J Hand Surg*, 3; 21, 1978.
- Maffulli N. Rupture of the Achilles tendon(Current Concepts Review). *Journal of Bone and Joint Surgery America*, 81-A(7): 1019-1036, 1999.
- Mchugh M. P., D. A. J. Connolly R. G., Eston, G. W., Gleim, Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Med*. 27: 157-170, 1999.
- Moller H. D., Evans, C. H., and Maffulli, N. Current aspects of tendon healing. *Orthopedic*, 29(3): 182-187, 2000.
- Montgomery RD. Healing of muscle, ligaments, and tendons. *Semin. Vet. Med. Surg.(Small Anim)*, Nov, 4(4): 304-11, 1989.
- Murrell GA, Jang D, Deng XH, Hannafin JA. Effects of exercise on Achilles tendon healing in a rat. *Foot&Ankle Int*, 19(9): 598-603, 1998.
- Murrell GA, Szabo C, Hannafin JA. Modulation of tendon healing by nitric oxide. *Inflamm. Res*, Jan, 46(1): 19-27, 1997.
- Nosaka K., Skamoto K., Netwon M., & Sacco P. How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last. *Medi Sci. Sports & Exercise*, Nov, 1490-1495, 2000.
- Pneumaticos SG, Noble PC, McGarvey WC, Mody DR, Trevino SG. Open versus closed repair of the Achilles tendon : an experimental animal study. *Foot & Ankle Int*, May, 20(5): 307-13, 1999.
- Porter DA, Mannarino FP, Snead D, Gabel, Ostrowski M. Primary repair without augmentation for early neglected Achilles tendon ruptures in the recreational athlete. *Foot&Ankle Int*, Sep, 18(9): 557-64, 1997.
- Ramirez A., Schwane, J. A., McFarland, C., & Starcher, B. The effect of ultrasound on collagen synthesis and fibroblast proliferation in vitro. *Medicine and science in sports and exercise*, 27: 326-332, 1997.
- Raunest J, Burring KF, Derra E. Pathogenesis of Achilles tendon rupture, *Chirurg*. Nov, 61(11): 815-9, 1990.
- Shyy J. Y-J. & Chien, S. Role of integrins in cellular responses to mechanical stress and adhesion. *Current Opinion in Cell Biology*, 9: 707-713, 1997.
- Stuerenburg HJ., Kannze, K. Age effects on serum amino acids in endurance exercise at the aerobic/anaerobic threshold in patients with neuromuscular disease. *Arch Gerontol Geriatr*, 28: 183-190, 1999.
- Wiig M, Abrahamsson SO, Lundborg G. Tendon repair cellular activities in rabbit deep flexor tendons and surrounding synovial sheaths and the effects of hyaluronan:an experimental study in vivo and in vitro. *J. Hand Surg.[Am]*, Sep, 22(5): 818-25, 1997.