

수중운동이 스테로이드를 투여한 흰쥐의 골격근 무게 및 단백질 함량에 미치는 효과

동신대학교 대학원 물리치료학과

윤 세 원

동신대학교 물리치료학과

김 태 열

동신대학교 대학원 물리치료학과

최 석 주

The Effect of Aquatic-Exercise on Skeletal Muscle Weight and Myofibrillar Protein Content of Rats with Steroids Injection.

Yoon, Se-Won, P.T., M.P.T.

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Dongshin University

Kim, Tae-Youl, P.T., Ph.D.

Dept. of Physical Therapy, Dongshin University

Choi, Suk-Joo, P.T., M.P.T.

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Dongshin University

<Abstract>

The purpose of this study was to know the effect of aquatic-exercise on muscle atrophy which induced by steroid injection. The forty-eight Sparague-Dawley adult male rats were assigned to the 4 groups; Group I (distilled water injection), Group II (steroid injection), Group III (distilled water injection with aquatic exercise), Group IV (steroid injection with aquatic exercise). We observed their body weight, muscle relative weight, myofibrillar protein content.

The results of this study were as follows:

1. Body weight was decreased rapidly on steroid injection groups in comparison with distilled water injection groups after 2 weeks ($p < 0.01$), but that was almost recovered as before test on steroid injection group with aquatic exercise.
2. The relative weight of gastrocnemius muscles was decreased on steroid injection groups in comparison with distilled water injection groups. however, Decrease of it on steroid injection group with aquatic exercise for steroid injection group was fallen. There was very significant difference after 4 weeks ($p < 0.01$).
3. Myofibrillar protein content of gastrocnemius muscles was decreased on steroid injection groups in comparison with distilled water injection groups. however, Decrease of it on steroid injection group with aquatic exercise for steroid injection group was fallen. There was significant

difference after 4 weeks ($p < 0.05$).

Key words : Steroid, Muscle atrophy, Aquatic exercise

I. 서 론

근 위축은 골격근의 병리적 변화 중 가장 흔한 현상 중에 하나로 근육의 노화, 외상, 영양 실조, 만성질환 등 다양한 원인에 의해 근 섬유 수 및 근 섬유의 크기가 감소되는 형태학적 변화가 나타난다 (Full 등, 1970). 임상적으로 외상이나 질환에 의해 장기간 고정으로 근육을 사용하지 못하여 유발되는 무용성 위축 (disuse atrophy)이 가장 흔하며, 말초신경 손상으로 골격근에 신경지배가 상실되거나 저하되어 유발되는 변성 위축 (denervated atrophy)이 나타난다 (Japer 등, 1988; Fitt 등, 1989). 근 위축은 골격근의 형태적 변화와 함께 골격근 기능을 저하시키기 때문에 많은 연구의 대상이 되었다 (Herbert 등, 1988; Graham 등, 1989; Pierotti 등, 1990). 골격근의 무용성 위축에서 근육의 변화는 단백질 합성의 감소와 단백질 분해의 증가로 일어난다 (Goldspink 등, 1977). 질병이나 손상에 의해 발생한 골격근 위축의 크기와 정도는 근육에 가해지는 부하량과 활동성에 의해 결정되며 (Booth, 1981; Booth와 Gollnick, 1982; Finol 등, 1983), 이러한 변화는 특히 항 중력근에 많이 유발 된다 (최명애 등, 1992).

근 위축은 스테로이드의 다량 투여에 의해서도 유발된다 (Moore 등, 1989; Chromiak 와 Vandenburg, 1992). 스테로이드를 오랫동안 투여하면 당뇨병, 소화성 궤양, 골다공증, 성장억제, 시상하부-뇌하수체-부신 축 억제, 근육병증, Na-저류, 부종, 고혈압 등의 부작용이 출현할 수 있으며, 사용량과 기간, 누적된 총 사용량, 사용된 스테로이드 종류에 의하여 결정된다 (이우주 등, 1993). 또한, 스테로이드는 부신피질에서 합성되어 저장되거나, 알파 글로블린이나 인슐린 같은 다른 단백질류와 결합하여 순환하다가 수용체에 작용하게 된다 (Isselbacher 등, 1994). 따라서, 스테로이드는 다른 조직에서의 포도당 활용을 방해하고 축적된 에너지 소모를 촉진시킴으로써, 탄수화물 대사에 관여하며, 단백질 대사 중 myofibrillar proteinase의 활동을 증가시켜 Branched Chain Amino acid (BCA)가 단백질과 결합하지 못하도록 단백질 합성을 방해하여 근 위축을 가져온다 (Millward 등, 1976; Rannels 와 Jefferson, 1980; 안경주 와 최명애, 1997). 근 위축은 특히, 하퇴와 대퇴부에서 가장 많이 나타나는데, 텍사메타손을 10일간 투여하여 대퇴사두근의 II형 섬유의 근 질량이 감소하였으며 (Seene 등, 1982), 만성 폐쇄성 호흡기 환자를 대상으로 스테로이드를 6개월 동안 낮은 용량으로 투여한 경우에도 호흡근과 대퇴사두근의 근력이 현저히 감소하였다 (Carrieri, 1986; Dercramer 등, 1994). 스테로이드 투여에 의한 부작용으로 근 위축뿐만 아니라 근육 질량, 근 섬유 및 근육 크기의 감소 등이 나타날 수 있다 (Booth, 1977; Booth, 1982; Lindboe 와 Platou, 1984), Shapiro 와 Simmons (1992)도 장기간에 걸친 다량의 스테로이드 투여가 골격근 질량의 감소를 유발시키는 것으로 보고하였다. 또한, 스테로이드는 축적 효과가 있어 장기간 투여로 인한 근 기능의 저하는 결국 운동수행 능력을 제한시키는 결정적인 요인이 될 수 있다 (Mandel, 1982). 스테로이드의 투여로 인한 근육의 쇠약은 I형 섬유보다 II형 섬유에서 더 많이 유발되며 (Hickson 등, 1981), 대표적인 스테로이드 종류 중 하나인 텍사메타손의 투여는 근 섬유의 단백질 분해효소 활동을 증가시키며, 이러한 변화는 특히 I형 섬유 보다 II형 섬유에서 더 많이 유발된다 (Seen 등, 1982).

임상적으로 무용성 근 위축의 진행을 억제 또는 회복시키기 위해서는 각종 관절 질환에서 장기간의 관절고정은 피해야 하며 조기에 관절운동을 실시해야 한다 (석세일 등, 2002). 관절

주위의 근육을 강화시키는 운동으로는 등척성운동과 등장성운동이 있으며, 등척성운동은 근육의 적절한 길이 변화나 눈에 보이는 관절의 움직임 없이 근육이 수축할 때에 일어나는 정적인 운동의 한 형태이다 (Davies, 1985). 석고 고정에 의한 무용성 근 위축을 초기 단계에서 지연시키기 위해 등척성운동 (Preatice, 1990), 신경근전기자극 (Spencer, 1984) 등을 적용하기도 한다. 따라서 스테로이드 투여로 인한 근 위축은 서근인 I형 섬유보다 속근인 II형 섬유에서 더 많이 유발되며 이를 지연시키거나 회복시키기 위해 적용되는 다양한 운동방식에 대한 연구가 보고 되고 있다 (Falduto 등, 1990). 이러한 스테로이드 유발 근 위축을 경감시키고자 스테로이드를 투여하는 동안 지구력 운동을 하는 것이 근 위축을 해결하는 방안으로 효과가 있음이 증명되었다 (Hickson 등, 1981). 지구력 운동과 수중운동은 관절의 통증과 가동력 감소에 따른 관절기능의 제한과 체중부하에 의한 관절통을 줄일 수 있고, 근력의 증가 및 근 위축을 감소시켜 일상생활활동을 향상시킬 수 있다 (윤태자, 1989). 물은 보조와 저항의 역할을 함께 하는 효과적인 매체이다. 수중치료를 적용할 때 정수압, 부력, 밀도, 물의 흐름과 물결 등은 매우 중요한 유체역학적 요인들이다 (김태열 등, 2000). 수중에서는 와류, 수압 및 온도 등에 의한 자극으로 감각적 투입이 증가되며, 부력에 의해 체중부하나 과도한 관절운동, 통증이 감소된 상태에서 운동이 가능하다. 또한 환자의 능력에 따라 저항을 적절하게 조절할 수 있다. 따라서 스테로이드 투여에 의한 근 위축 및 소모를 예방하고 회복시키기 위한 물리 치료 양식으로 수중치료가 매우 효과적일 수 있다.

스테로이드는 임상에서 염증성 질환이나 자가면역 질환 등에 광범위하게 사용되는 약물이거나 장기간에 걸쳐서 스테로이드를 투여해야 할 경우 다양한 부작용들이 출현될 수 있다. 특히 근 위축 및 근 소모, 근력의 저하는 이차적으로 다양한 근골격계 문제를 만들어 낼 수 있다. 그러나 스테로이드 투여에 의한 근 위축 유발의 심각성을 전혀 인식하지 못하고 장기간 스테로이드 치료가 진행된다면 이로 인한 근 위축이 상당히 진행되어 회복기간이 길어지게 되고, 골, 관절 등에 대한 이차적인 문제를 유발시킬 수도 있다. 따라서, 본 연구에서는 Rat를 증류수 투여군, 스테로이드 투여군, 증류수 투여 및 수중운동군, 스테로이드 투여 및 수중운동군으로 구분하고 4주간의 체중, 비복근의 상대무게, 근원섬유 단백질 함량의 변화를 관찰하여 수중운동이 스테로이드 유발 근 위축에 미치는 효과를 알아보하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 실험동물

실험에 사용된 동물은 체중이 $291 \pm 20g$ 인 Sprague Dawley계 Rat (대한동물사육사, 대전)이다. 실험동물 48마리를 무작위로 선발하여 실험군 I (증류수 투여군), 실험군 II (스테로이드 투여군), 실험군 III (증류수 투여 및 수중운동군), 실험군 IV (스테로이드 투여 및 수중운동군)으로 구분하였다. 각 실험군은 실험기간에 따라 2주 실험군과 4주 실험군으로 나누고 각 군당 12마리씩 배정하였다. 모든 실험군은 동일한 환경에서 24시간 리듬 (circadian rhythm)을 위해 12시간 주기로 명암을 설정하였다. 실험기간 동안 실내 온도는 $25 \pm 1^{\circ}C$, 습도 $62 \pm 3\%$ 를 일정하게 유지하였으며, 물과 고형사료를 자유롭게 섭취하게 하였다.

2) 시약 및 기기

스테로이드는 주사용 앰플 1 ml 텍사메타손 (광명제약, 한국)을 사용하였다. 근 섬유의 염색을 위해 PAS solution (No. 1579-2, Japan)을 사용하였으며, 단백질 정량에서 표준용액으로 소 혈청 알부민 (Sigma, P5304, USA)을 사용하였다..

미세박질 절편을 취하기 위해 고정된 조직들은 회전식 자동침투기 (Sakura, 4640B, Japan)를 사용하여 탈수, 투명 및 침투과정을 14시간동안 실시하였으며, 파라핀 블록의 제작을 위하여 파라핀 포매센터 (Sakura, Japan)를 사용하였다. 염색에 필요한 미세 절편을 취하기 위하여 회전식 미세 박절기 (Sakura, 2040, Japan)로 3~5 μm 두께로 조직절편을 취하였다. 단백질 정량분석을 위해 spectrophotometer (Beckman, model 25, USA)을 사용하였다.

2. 약물 투여 및 수중 운동

스테로이드 투여군과 스테로이드 투여 및 수중운동군에 텍사메타손을 3 mg/kg 용량으로 1일 1회씩 7일간 왼쪽 둔부에 근육 주사하였다. 증류수 투여군과 증류수 투여 및 수중운동군은 텍사메타손과 동일한 용량으로 1일 1회씩 7일 동안 증류수를 둔부의 근육에 주사하였다.

수중운동을 위하여 온도조절이 가능한 온수조 (100×45×70cm)를 사용하였다. 물 온도는 $32\pm 2^\circ\text{C}$ 를 유지하였으며, 실내 온도는 $25\pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $62\pm 3\%$ 를 유지하였다. 수중운동은 실험 전 측정된 체중의 5%에 해당하는 무게의 납 코일을 꼬리 근위부에 부착하여 부하를 준 상태에서 1회 20분씩 주당 3회를 실시하였으며, 운동시간은 매주 5분씩 늘려갔다.

3. 체중 측정 및 비복근 상대 무게 측정

저울을 이용하여 실험 전, 실험 후 2주 후, 실험 후 4주에 체중을 측정하였다. 경추 탈구법으로 희생시킨 후 왼쪽 뒷다리에서 비복근을 절제하고 생리 식염수로 세척시켜 지방조직과 결합조직을 신중하게 제거한 후 무게를 측정하였다. 절제된 비복근의 젖은 무게 (wet weight)를 미세 전자저울에서 측정하였다. 절제된 비복근의 젖은 무게를 미세 전자저울에서 측정하였다. 또한 각 실험동물의 근 무게를 표준화하기 위하여 근육 무게 (muscle weight) / 체중 (body weight) 공식으로 체중에 대한 근 무게 비를 구하여 상대근 무게로 하였다 (Herbison 등, 1974; Kobayashi 등, 1997).

4. 근원섬유 단백질 함량 측정

냉동 보관한 비복근을 잘게 자르고 난 후, borate-KCL buffer 용액 (0.1 M KCL 50 ml+25 mM DTT (DL-dithiothreitol) 10 μl)를 넣고 vortex mixer로 분쇄하여 균질 화시켰다. 이 균질물 (homogenate)을 3200 rpm, 4 $^\circ\text{C}$ 의 상태로 15분간 원심 분리한 후 상층액을 버리고 pellet 만 Tris-Cl 1.576 g 과 0.1 M KCL 200 ml이 함유된 buffer 1 ml와 1 mM DTT 10 μl 를 넣어 membrane-bound protein을 제거하였다. 다시 15분간 원심 분리한 후 상층액을 버리고, MgCl_2 0.08132 g, 20 mM EGTA 1.6 ml, Tris-maleate 0.4744 g, 0.1 M KCL 198.4 ml이 함유된 buffer 1 ml를 넣어 vortex mixer로 잘 섞은 후 15분간 1차 원심 분리하였다. 침전물을 이용하여 똑같은 방법으로 15분간 2차 원심분리 한 후, 이 pellet에 1 NaOH 0.5 ml를 넣어 vortex mixer로 잘 섞은 후 단백질 정량 분석에 이용하였다.

단백질 정량은 spectrophotometer (Beckman, model 25, USA)를 이용하여 Brilliant Blue

G-250 dye가 함유된 Bio-Rad Proteinassay (Bio-Rad Laboratories, USA) 1 ml와 10 μ l의 시료를 100배 희석한 용액에 혼합하여 Bradford assay 방법으로 분석하였다 (Bradford, 1976). 소 혈청 알부민 (Sigma, P5304, USA)을 표준용액으로 이용하여 spectrophotometer에서 나타난 흡광도 수치 (μ g/ml)를 읽어 다음의 비례식에 의해 해당 근육의 단백질 함량 (mg/g)을 산출하였다.

$$\text{해당 근육 무게 (g)} : \text{흡광도 수치} \times \text{희석배수 (mg)} = \text{근육무게 1 (g)} : x \text{ (mg)}$$

5. 통계학적 분석

본 연구의 통계학적 분석을 위하여 각 군의 실험 전, 실험 후 2주와 4주째의 체중, 상대근 무게, 근원섬유 단백질함량에 대한 평균 및 표준편차를 구하였다. 체중의 변화에 대한 유의성을 검증하기 위하여 반복측정 분산분석 (repeated measures analysis of variance)을 실시하였으며, 측정시간의 유의성을 검증하기 위하여 대응표본 T검정 (paired t-test)을 실시하였다. 또한 상대근 무게, 근원섬유 단백질 함량의 각 측정시간대 군간의 차이를 검증하기 위하여 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 통계학적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 체중의 변화

체중의 변화를 반복측정 분산분석 한 결과 실험군간의 차이는 유의하게 나타나지 않았지만, 측정시간의 차이에서는 유의하게 나타났다 ($p < .001$).

실험 전·후 체중의 변화는 증류수 투여군과 증류수 투여 및 수중운동군에서 실험 후 4주 까지 실험 전 체중보다 유의하게 증가되는 추세를 나타내었다. 그러나 스테로이드 투여군은 실험 후 2주에 매우 유의하게 감소되는 추세를 나타내었으며 ($p < .01$), 실험 후 4주째에도 정상으로 회복되지 않았다 ($p < .001$). 스테로이드 투여 및 수중운동군은 실험 후 2주에 유의하게 감소되는 추세를 나타내었으며 ($p < .01$), 실험 후 4주에는 실험 후 2주에 비해 유의하게 증가되어 거의 실험 전 체중으로 회복되었다 ($p < .05$).

실험 전 체중은 각 실험군간에 유의한 차이는 없었다. 실험 후 2주에서 증류수 투여군에 비해 스테로이드 투여군이 12.98%로 가장 많이 감소하였으며, 증류수 투여 및 수중운동군은 2.88%, 스테로이드 투여 및 수중운동군은 4.69% 감소하였다. 스테로이드를 투여한 실험군 간의 비교에서는 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비해 7.91% 증가되었다. 실험 후 4주에는 증류수 투여군에 비하여 스테로이드 투여군이 15.00% 가장 많이 감소하였으며, 증류수 투여 및 수중운동군은 3.66%, 스테로이드 투여 및 수중운동군은 4.25% 감소하였으며, 스테로이드를 투여한 실험군간의 비교에서는 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비해 10.31% 증가하였다 (Table 1).

Table 1. The change of weight each group.

(g)				
Group	Pre	2 week	4 week	F-value(time)
I	290.83±21.07	297.5±20.43 ^a	306.67±21.60 ^{b,e}	
II	292.5±24.64	263.33±19.92 ^b	266.67±19.66 ^c	
III	284.16±20.10	289.16±22.00	295.83±22.89 ^b	10.51***
IV	298.33±18.35	284.16±23.54 ^b	294.17±23.11 ^d	
F-value(group)		1.51		

All value are showed mean±SD

^a: Denotes significant (p<.05) between corresponding pre

^b: Denotes significant (p<.01) between corresponding pre

^c: Denotes significant (p<.001) between corresponding pre

^d: Denotes significant (p<.05) between corresponding 2week

^e: Denotes significant (p<.01) between corresponding 2week

I : distilled water injection group

II : steroid injection group

III : distilled water injection with aquatic exercise group

IV : steroid injection with aquatic exercise group

2. 상대근 무게의 변화

상대근 무게의 변화에서 증류수 투여군에 비하여 스테로이드 투여군은 현저히 감소되었으며, 증류수 투여 및 수중운동군은 증가되는 추세를 나타내었으나, 스테로이드 투여 및 수중운동군과는 큰 차이를 나타내지 않았다.

실험 후 2주에서 상대근 무게의 변화는 증류수 투여군에 비하여 스테로이드 투여군은 5.75% 감소하였고, 증류수 투여 및 수중운동군은 4.40% 증가하였으며, 스테로이드를 투여한 실험군간의 비교에서 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비해 5.31% 유의하게 증가하였다 (p<.05). 실험 후 4주의 상대근 무게의 변화는 증류수 투여군에 비하여 스테로이드 투여군은 7.54%로 감소하였고, 증류수 투여 및 수중운동군은 4.50%로 증가하였으며, 스테로이드를 투여한 실험군간의 비교에서 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비해 7.13%로 유의하게 증가하였다 (p<.01),(Table 2).

Table 2. The change of relative weight.

(mg)

Group	2weeks	4weeks
I	7.17±0.65	7.42±0.81
II	6.78±0.80 ^a	6.90±0.35 ^b
III	7.50±1.23 ^a	7.77±1.58 ^b
IV	7.16±0.84 ^{a,c}	7.43±0.58 ^{b,d}

All value are showed Mean±SD

^a: Denotes significant (p<.05) between corresponding group I

^b: Denotes significant (p<.01) between corresponding group I

^c: Denotes significant (p<.05) between corresponding group II

^d: Denotes significant (p<.01) between corresponding group II

I : distilled water injection group.

II : steroid injection group.

III : distilled water injection with aquatic exercise group.

IV : steroid injection with aquatic exercise group.

3. 근원섬유의 단백질 함량

비복근의 근원섬유 단백질 함량의 변화는 증류수 투여군에 비하여 스테로이드 투여군과 스테로이드 투여 및 수중운동군은 감소되었으며, 증류수 투여 및 수중운동군은 증가되는 추세를 나타내었다.

실험 후 2주에서 비복근의 근원섬유 단백질 함량의 변화는 증류수 투여군에 비하여 스테로이드 투여군은 9.52% 감소하였으며, 증류수 투여 및 수중운동군이 증류수 투여군에 비하여 7.21% 유의하게 증가하였다 (p<.01). 스테로이드를 투여한 실험군간의 비교에서 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비해 약간 증가하였으나 유의성은 없었다. 실험 후 4주에는 증류수 투여군에 비하여 스테로이드 투여군은 10.08% 감소하였으며, 증류수 투여 및 수중운동군은 10.35% 유의하게 증가하였다 (p<.01). 스테로이드를 투여한 실험군간의 비교에서 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비하여 유의하게 증가하였다 (p<.05), (Table 3).

Table 3. The change of Myofibrillar Protein content.

Group	(mg)/g	
	2weeks	4weeks
I	155.05±1.00	157.00±1.72
II	141.57±3.50 ^a	142.63±3.03 ^a
III	167.10±2.80 ^a	175.12±6.04 ^a
IV	144.25±1.84 ^a	147.32±2.38 ^{a,b}

All value are showed Mean±SD

^a: Denotes significant (p<.01) between corresponding group I

^b: Denotes significant (p<.05) between corresponding group II

I : distilled water injection group.

II: steroid injection group.

III: distilled water injection with aquatic exercise group.

IV: steroid injection with aquatic exercise group.

IV. 고 찰

본 연구에서는 스테로이드 투여에 의해 유발되는 근 위축에 대한 수중운동의 효과를 알아 보고자 체중 및 비복근 상대 무게, 근원섬유 단백질 함량을 측정하여 변화를 관찰하였다.

실험 전·후 체중의 변화는 스테로이드를 투여하지 않은 증류수 투여군과 증류수 투여 및 수중운동군에서는 실험 후 4주까지 실험 전 체중보다 지속적으로 증가되는 추세를 나타내었다. 그러나 스테로이드 투여군에서는 실험 후 2주에서 증류수 투여군에 비해 스테로이드 투여군들이 전반적으로 감소하는 추세를 나타내었다. 이러한 결과는 Czerwinski 등 (1987)도 질병의 치료를 위해서나 실험적으로 스테로이드를 투여하는 경우에 스테로이드 농도가 상승하여 현저한 체중 감소를 유발할 수 있다고 하였으며, Tice와 Engle (1966)도 코티존을 15일간 투여한 동물에서 체중이 점진적으로 감소되었다고 보고하였다. Hickson 등 (1990)은 스테로이드 투여로 체중 감소와 근 위축이 동시에 초래되는 것으로 보고하였으며, Almon 과 Dubis (1990)는 스테로이드 호르몬 치료의 부작용에 의한 결과로 이해하였다. 실험 후 4주에는 증류수 투여군에 비하여 스테로이드 투여군의 체중 감소는 지속되었으나, 스테로이드 투여 및 수중운동군은 실험 전 체중으로 거의 회복하였다. 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비하여 실험 후 4주에서 체중이 실험 전에 근접하게 회복된 것은 스테로이드를 투여하는 과정에서와 투여를 중지한 이 후에도 지속적으로 실시한 수중운동이 체중과 골격근의 무게의 감소를 지연시키고 회복을 촉진하였기 때문으로 생각된다.

본 연구에서 비복근의 상대무게와 근 질량은 스테로이드 투여군이 증류수 투여군들에 비하여 스테로이드 투여 후 현저히 감소되어 근 위축이 빠르게 진행되었다. 골격근은 적응성이 커서 구조와 기계적 특성, 에너지 대사를 빠르게 적응시켜 손상이나 질병에 의해 운동 및 움직임이 제한된 경우 골격근에 유발하는 위축의 크기와 정도는 근육에 가해지는 체중부하의 양과 활동제한에 의해 결정되는 것으로 보고하였다 (Booth 와 Holloszy, 1977; Both 와

Gollnick, 1992; Goldspink, 1977). 특히, 스테로이드를 장기간 투여하게 되면 근 섬유 중 수축이 비교적 느리고, 지속적인 운동에 오래 견딜 수 있으며, 에너지는 주로 산화적 인산화 반응에 의존하는 I형 섬유에는 거의 영향을 주지 않지만, 수축은 빠르나 쉽게 피로해지기 때문에 지속적인 운동을 오래 견딜 수 없으며, 에너지는 산소가 필요 없는 해당작용으로부터 공급받는 II형 섬유에 주로 위축을 유발시킨다. 그 이유는 I형 섬유보다 II형 섬유가 스테로이드에 감수성이 더 민감하기 때문이다 (Walsh 등, 1971; Gardiner 와 Edgerton, 1979; Seene 와 Viru, 1982). Hickson 등 (1986)은 스테로이드 투여로 인한 근 위축은 I형 섬유보다 II형 섬유에서 더 많이 유발되는 것으로 보고하였으며, 이것은 스테로이드로 유발된 근 위축이 II형 섬유에 주로 발생한다는 Seene 과 Viru (1982)의 연구결과와 부합된다.

본 연구에서 실험기간 동안 상대근 무게의 변화로 스테로이드를 투여한 실험군간의 비교에서 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비하여 실험 후 2주에서 감소가 둔화되기 시작하여 실험 후 4주에서는 두 군간의 상대근 무게 차이가 현저하게 증가하여 수중운동이 스테로이드 투여로 인한 근 무게의 감소를 최소화시키는 것으로 나타났다. Falduto 등 (1992)은 운동이 스테로이드로 인한 근 위축의 억제에 효과적인 이유는 스테로이드를 투여하면 II형 섬유에서 선택적인 근 위축이 유발되는 것과 연관되는 것으로 보고하였다.

본 실험의 결과에서 수중운동을 실시한 스테로이드 투여 및 수중운동군과 증류수 투여 및 수중운동군에서 비복근의 근 질량 감소가 지연되거나 증가한 것으로 나타나 수중운동이 근 질량의 감소를 최소화하거나 증가시키는 것으로 사료된다. 특히 수중운동이 스테로이드 투여에 의한 근 질량의 감소를 완전히 회복시키지는 않았으나, 경감시켜 근 위축을 최소화시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 운동에 의해 스테로이드 치료와 연관된 근 위축이 경감되었다는 Hickson 과 Davis (1981) 보고와도 일치한다.

비복근 근원섬유 단백질 함량의 변화는 증류수 투여 군에 비하여 스테로이드 투여군과 스테로이드 투여 및 수중운동군에서 감소되었다. 스테로이드를 투여한 실험군간의 비교로 실험 후 2주에서 근원섬유 단백질 함량의 변화는 스테로이드 투여 및 수중운동군이 스테로이드 투여군에 비하여 약간 증가하였으나 유의성은 없었으며, 실험 후 4주에서는 스테로이드 투여 및 수중운동군이 유의하게 증가하였다. 이것은 수중운동에 의해 단백질 분해 작용이 저하되어 근원섬유의 단백질 함량 감소를 억제하였음을 알 수 있었다. Falduto 등 (1992)은 스테로이드 투여로 비복근의 근원섬유 단백질 함량의 유의한 감소는 근 세포 단백질의 합성속도 저하에 의한 것이며, 스테로이드를 투여하는 동안에 운동이 근원섬유 단백질을 유의하게 증가시키는 것은 지구력 운동이 스테로이드에 의해 진행되는 근 위축과 myosin heavy chain 분해를 감소시키기 때문이라고 보고하였다.

근 소모에서 당원 함량의 변화는 당원의 축적과 소모의 순환 시간에 따라 반응하며, 그 색이 진한 것은 계속 높은 당원 축적 정도를 나타내는 것으로, 이는 glycogen의 합성장애로 기인하거나, 당원의 소모가 극히 미약하게 나타나는 상태를 의미한다. Conlee 등 (1978)은 인체와 동물실험을 통하여 운동을 하게 되면 탄수화물 대사에서 에너지가 발생하여 당원이 감소하게 되며, 운동의 강도와 변화에 따라 그 차이가 있음을 보고하였다. 근육운동의 에너지 대사방식에는 첫째, 무산소적으로 크레아틴인산과 ATP의 반응으로 일어나는 phosphagen방식으로 단 시간에 고갈되는 에너지 대사와 둘째, 무산소적 대사방식인 젖산계의 활성을 통하여 일어나는 에너지원은 혈액이나 근육 내에 축적된 에너지원인 당원을 분해시켜 사용하는 방법으로 3~5분 동안의 운동을 할 때 활성화되며, 에너지 대사의 부산물로 젖산이 근육 내에 축적되게 된다. 셋째, 유산소 대사방법으로 근육이나 혈액의 당원과 지방을 에너지원으로 계속적인 운동을 할 때 이용되는 에너지로 젖산의 축적 없이 완전 연소가 되기 때문에 특히, 적색 섬유가 작용을 하여 근을 활성화시키는 방식으로 쓰이고 있다

근육의 강화와 관절기능을 유지 및 증진시키기 위하여 물의 부력을 이용하여 중력을 감소

시킨 상태에서 관절의 가동성, 근력, 지구력을 키워 나가는 수중운동이 권장되고 있다. 수중운동은 체중부하가 최소화되기 때문에 아급성기부터 통증이 있는 상태에서도 운동이 가능하며, 수중운동을 시작하여 2~3주 후부터 근력이 증가되기 시작하여 10~12주에 이르면 약 25%정도의 근력이 증가되는 것으로 보고 되었으며, 통증감소, 지구력 강화, 관절각도 증가 등의 부가적인 효과도 있는 것으로 알려지고 있다 (김종임, 1994; 이미라, 1996). 수중에서 등장성운동과 등척성운동을 실시한 결과 근력이 실험 전에 비하여 등장성운동이 38%, 등척성운동이 16% 증진시켰으며, 관절의 부작용도 발견되지 않아 수중운동이 근력 강화에 효과적이라고 하였다 (Danneskiold 등, 1987).

본 연구는 관절에 과도한 부하를 주지 않으면서도 최대 저항운동을 실시할 수 있다는 장점을 가진 수중운동이 스테로이드 투여로 유발된 근 위축의 회복에 미치는 효과를 규명하고자 하였다. 이상의 결과에서 스테로이드를 투여한 Rat에 4주간 규칙적으로 적용한 수중운동이 체중, 상대근 무게 및 근원섬유 단백질함량의 감소를 최소화시켜 근 위축을 지연 시키고 회복을 촉진하는 효과가 있다는 것을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 수중운동이 스테로이드 투여에 의한 근 위축에 미치는 효과를 알아보기 위하여 Rat를 이용하여 증류수 투여군, 스테로이드 투여군, 증류수 투여 및 수중운동군, 스테로이드 투여 및 수중운동군으로 나누고 체중, 비복근의 상대무게, 근원섬유 단백질 함량의 변화를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 체중의 변화는 증류수 투여군들에 비하여 스테로이드 투여군들은 실험 후 2주에서 급격히 감소되는 추세를 나타내었으나 ($p < .01$), 스테로이드 투여 및 수중운동군은 실험 후 4주에는 거의 실험 전 체중으로 회복되었다.
2. 상대근 무게의 변화는 증류수 투여군들에 비하여 스테로이드 투여군들이 감소되는 추세를 나타내었으나, 스테로이드 투여 및 수중운동군은 스테로이드 투여군에 비하여 상대근 무게의 감소가 저하되어 실험 후 4주에서는 매우 유의한 차이를 나타내었다 ($p < .01$).
3. 비복근의 근원섬유 단백질 함량의 변화는 증류수 투여군들에 비하여 스테로이드 투여군들이 감소되는 추세를 나타내었으나, 스테로이드 투여 및 수중운동군은 스테로이드 투여군에 비하여 근원섬유 단백질 함량의 감소가 저하되어 실험 후 4주에서는 유의한 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$).

참고문헌

김종임: 자조집단과 자기 효능성 증진법을 이용한 수중 운동 프로그램이 류마티스 관절염 환자의 통증, 생리적 지수 및 삶의 질에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문, 1994.

- 김태열, 김계엽, Lambeck J: 류마티스 관절염의 수중치료. 대한물리치료사학회지, 12(3); 407-414, 2000.
- 석세일 등: 정형외과학, 정형외과학회지 5판:63p, 2002.
- 안경주, 최명애: 신장 이식후 스테로이드 투여로 인한 근력 및 일상생활활동의 변화. 간호학회논문집, 11(2); 191-204, 1997.
- 이미라; 근력강화 운동 프로그램이 퇴행성 슬관절염 대상자의 근력, 통증, 우열, 자기 효능감 및 삶의 질에 미치는 영향. 충남 대학교 석사학위 논문, 1996.
- 이우주, 홍사석, 등: 이우주의 약리학 강의 제 3판; 523-531, 1993.(의학문화사)
- 윤태자; 운동장애 환자의 사두근 소실에 대한 임상적 고찰. 이화여자 대학교 석사학위 논문, 1989.
- 최명애, 박상철, 고창순: 지구력 훈련이 위축 골격근과 그 산화 능력(oxidative capacity)에 미치는 영향. 대한 스포츠 의학회지, 10(2); 151-162, 1992.
- 최명애. 근 위축 발생전의 지구력 운동이 쥐의 위축 뒷다리근의 질량 근원섬유 단백질 함량 및 근 섬유 단면적에 미치는 영향. 대한 간호학회지, 27(2); 96-108, 1995.
- Almon RR, Dubois DC: Fiber-type discrimination in disuse and glucocorticoid-induced atrophy. *Med Sci Sport Exe*, 22(3); 304-311, 1990.
- Baldwin KM, Winder WW, Holloszy JO: Adaptation of actomyocin ATPase in different types of muscle to endurance exercise. *Am J physiol*, 299; 422, 1975.
- Booth, FW, and Holloszy, JU: Cytochrome. c. turnover in rat skeletal muscles. *J Biol chem*, 252; 416-419, 1977.
- Booth FW, Gollnick PD: Effects of disuse on the structure and function of skeletal muscle. *Med sci sports exercise*, 15(5); 415-440, 1992.
- Bradford, Marion M: A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72; 248-254, 1976.
- Conlee RK, Hickson RC, Winder WW et al.: Reversal of glycogen resynthesis in muscles of rats following exercise. *Am J Physiol*, 235: 145, 1978.
- Czerwinski SM, Kurowski TG, O'Neill TM et al : Initiation regular exercise protects against muscle atrophy from glucocorticoids. *J Appl Physiol*, 63; 1504-1510, 1987.

- Chromike JA, Vandenburg HH: Glucocorticoid - induced skeletal muscle atrophy in vitro is attenuated by mechanical stimulation. *Am J physiol*, 262(6); 1471-1477, 1992.
- Danneskiold-Samsøe B, Lyngbæk K, Risum T, Telling M : the effect of Exercise therapy given to patients with arthritis. *Scand J Rehabil Med*, 19; 31-35, 1987.
- Decramer M, Lacquet LM, Fagard R et al.: Corticosteroids contribute to muscle weakness in chronic airflow obstruction. *American Journal of Respiratory Critical care Medicine*, 150; 11-16, 1994.
- Fitts RH, Brimmer CJ, Hewwood-Cooksey et al.: Single muscle fiber enzyme shifts with hindlimb suspension and immobilization, *Am J. physiol*, 256; 1082-1091, 1989.
- Falduto MT, Czerwinski SM, Hickson RC: Glucocorticoid-induced muscle atrophy prevention by exercise in fast-twitch fibers. *J Appl Physiol*, 69; 1058-1062, 1990.
- Falduto MT, Young AP, Hickson RC: Exercise interrupts of on going glucocorticoid induced muscle atrophy and glutamin synthetase induction. *Am J Physiol*, 263; 1157-1163, 1992.
- Fuller JH, Bernauer EM, Adams WC: Renal function, water and electrolyte change during bed rest with daily exercise. *Aerospace Med*, 41; 60-72, 1970.
- Gardiner PF, Edgerton VR: Contractile responses of rat fast-twitch and slow-twitch muscle to glucocorticoid treatment. *muscle Nerve*, 2; 274-281, 1979.
- Goldspink KF.: The influence of immobilization and stretch on protein turnover of rat skeletal muscle. *J physiol(Lond)*, 246(1); 267-282, 1977.
- Herbison GJ, Jaweed MM, Gordon EE et al.: Overwork of denervated skeletal muscle : Effect on muscle proteins in rats. *Am Phys Med Rehabil*, 55(5); 202-205, 1974.
- Hickson RC, Davis JR: partial prevention of glucocorticoid-induced muscle atrophy by endurance training. *Am J physiol*, 241(3); 226-232, 1981.
- Hickson RC, Kurowski TT, Capaccio JA: Androgen cytosol binding in exercise-induced sparing of muscle atrophy. *Am J physiol*, 10; 597-603, 1984.
- Hickson RC, Kurowski TT, Andrews GH et al.: Glucocorticoid cytosol binding in exercise-induced sparing of muscle atrophy. *Am physiol Soci*, 16; 1413-1419, 1986.
- Hickson RC, Czerwinski SM, Falduto MT et al.: Glucocorticoid antagonism by exercise and androgenic-anabolic steroids. *Med Sci Sports Exerc*, 22; 231-240, 1990.
- Herbert, ME, RR, Edgerton, VR: Influence of 1week hindlimb suspension and intermittent

- high load exercise on rat muscle. *Experimental of Neurology*, 102; 190-198, 1988.
- Jasper SR, Jaga JM, Satarus S et al.: Effects of immobilization on rat hind limb muscles under non weight-bearing Conditions, *Muscle Nerve*, 11; 458-466, 1988.
- Kobayashi J, Mackinnon SE, Watanabe O et al.: The effect of duration of muscle denervation on functional recovery in the rat 32.
- Leonard SL: The effect of hormones on phosphorylase activity in skeletal muscle. *Endocrinology*, 60; 619, 1957.
- Mandel S: Steroid myopathy: insidious Cause of muscle weakness. *pro st g a d u a t e Medicine*, 72(5); 207-215, 1982.
- Millward DJ, Garlick PJ, Nnanyelugo DO, at al; The relative importance of muscle protein synthesis and breakdown in the regulation of muscle mass. *Biochem J*, 156; 185-188, 1976.
- Moore BJ, Miller MJ, Feldman HA et al.: Diaphragm atrophy and weakness in Cortison-treated rats. *J Appl physiol*, 89; 2420 -2426, 1989.
- Pierotti DJ, Roy RR, Floers V et al.: Influence of 7days of hindlimb suspension and intermittent weight support on rat muscle mechanical properties. *Aviat Space Environment Medicine*, 61; 205-210, 1990.
- Rannel SR, Jefferson LS: Effects of glucocorticoids on muscle protein turnover in perfused rat hemicorpus. *Am Physiol Soci*, 238(Endocrinal. Metab.1); 564-573, 1980.
- Seene T, Viru A: The catabolic effect of glucocorticoids in different types skeletal muscle fibers and its dependence upon muscle activity and interaction with anabolic steroid. *J steroid Biochem*, 16; 349-52, 1982.
- Spencer, JD, Hayes, KC, Alexander, W: Knee joint effusion and quadriceps reflex inhibition in man. *Am Phys Med Rehabil*, 65; 171, 1984.
- Tice LW, Engel AG: The effects of glucocorticoids on red and with muscle in the rat. *Am J pathol*, 59(2); 311-333, 1966.
- Walsh G, DeVivo D, Olson W: Histochemical and ultra-structural Changes in rat muscle. *Am Neurol*, 24(1); 83-93,1971.