

수중걷기회복과 수중앉기회복이 저항운동 후 성장호르몬, 테스토스테론, 혈중젖산농도, 심부담도 및 근통증에 미치는 영향

박준식^{1,*} · 장태수² · 정환중³ · 김기홍^{4,†}

¹단국대학교 체육학과, 대학원생

²단국대학교 의예과, 교수

³단국대학교 스포츠과학연구소, 연구원

⁴단국대학교 생활체육학과, 교수

(2020년 10월 7일 접수: 2020년 12월 24일 수정: 2020년 12월 28일 채택)

Effects of Recovery of Underwater Walking and Recovery of Underwater Sitting on Growth Hormone, Testosterone, Blood Lactate, Double product and Muscle Pain after Resistance Exercise

Jun-Sik Park^{1,*} · Tae-Soo, Jang² · Hwan-Jong Jeong³ · Ki-Hong, Kim^{4,†}

¹Department of physical education, Dankook University

²Department of Pre-medical Course, Dankook University

³Sports science institute, Dankook University

⁴Department of Recreation and leisure sports, Dankook University

(Received October 7, 2020; Revised December 24, 2020; Accepted December 28, 2020)

요 약 : 이 연구의 목적은 운동 후 수중회복방법의 차이가 성장호르몬, 테스토스테론, 혈중젖산농도, 심부담도, 통증의 변화를 알아보는 것이다. 저항운동 경력 6개월 이상인 남자 7명을 대상으로 집중 웨이트 트레이닝과 서킷 웨이트트레이닝을 1RM의 60%강도로 실시한 다음 회복방법으로 수중걷기회복과 수중앉기회복을 진행하였다. 성장호르몬은 모든 운동형태와 회복방법에서 운동 후, 회복 후, 안정 시 순으로 높게 나타났으며, 테스토스테론은 운동 후, 회복 후, 안정 시 순으로 높았다. 혈중젖산농도는 모든 운동형태와 회복방법에서 운동 후, 회복 후, 안정 시 순으로 높았으며 집중저항운동 후 동적회복이 정적회복보다 낮았다. 심부담도는 모든 운동형태와 회복방법에서 운동 후, 회복 후, 안정 시 순으로 높았다. 근통증은 모든 운동형태와 회복방법에서 운동직후, 회복 후, 24시간, 48시간, 72시간 순으로 감소하였다. 물속 환경에서도 동적회복이 정적회복보다 근피로 개선에 효과가 있는 것으로 사료된다.

주제어 : 수중걷기, 수중회복, 저항운동, 근성장, 근피로

†Corresponding author

(E-mail: bodykim@hanmail.net)

Abstract : In order to investigate the changes in growth hormone, testosterone, blood lactate, double product, and pain, this study conducted intensive weight training and circuit weight training with 60% intensity of 1RM for 7 men who had more than 6 months of resistance exercise and then performed Underwater Walking and Underwater Sitting with underwater recovery. Growth hormone was high in all exercise forms and recovery methods in order of after exercise, after recovery, and after stability, and testosterone was high in order of after exercise, after recovery, and stability. Blood lactate was higher in all exercise forms and recovery methods in order of after exercise, after recovery, and after stabilization, and dynamic recovery after concentration resistance exercise was lower than static recovery. Double product was higher in all types of exercise and recovery methods in order of after-exercise, after-recovery, and stability. Muscle pain decreased in the order of exercise, recovery, 24 hours, 48 hours, and 72 hours in all exercise forms and recovery methods. In the water environment, dynamic recovery is considered to be more effective in improving muscle fatigue than static recovery.

Keywords : Aquatic gait, Aquatic Recovery, Resistance Exercise, Muscle Growth Index, Muscle Fatigue

1. 서론

저항운동 시 인체 내에서는 근력, 근비대, 근지구력 향상과 같은 다양한 생리학적인 반응이 나타나며[1], 프로그램 설계 시 운동빈도, 운동강도, 운동량, 수행속도, 휴식시간 등 여러 요인을 고려하여 저항운동 프로그램을 설계해야한다[2]. 저항운동의 운동 형태는 다양하며, 서킷 웨이트 트레이닝(circuit weight training)은 다양한 부위의 운동을 순환 형태로 진행하여, 근력, 심폐지구력 강화 시키는 운동방법으로 신체의 체력발달 목적으로 운동선수뿐만 아니라 일반인들에게도 널리 이용되고 있다[3]. 집중 웨이트 트레이닝(Tri-set)은 단일 근육군에 대한 운동시간 동안 휴식시간의 간격을 단축하여 대사의 과부하를 최적화하는 운동으로 운동선수와 경험 많은 저항운동 경력자들에게 폭넓게 채택되어 왔으며[4], 이에 집중 웨이트 트레이닝과 같은 저항운동 훈련 프로그램은 단기간에 적절한 자극을 제공하는 효과적이고 효율성이 높은 방법이 될 수 있다고 보고되고 있다[5].

저항운동 중 에너지원으로써 글루코스 이용을 감소시키고 합성을 증가시켜 혈중 글루코스를 유지하기 위하여 성장호르몬이 증가하게 되는데[6], 그 원인으로 운동강도와 에너지 대사 증가에 의한 체온의 상승인 것으로 보고되고 있다[7]. 또한 저항운동은 테스토스테론의 분비를 증가시키며 근단백질 합성을 자극하고 질소 충전율을 효율적으

로 촉진시키는 작용을 한다[8]. 하지만 기계적 수축으로 인해 발생한 대사물질로 근피로가 증가하기 때문에 혈중 테스토스테론이 감소한다는 연구도 보고되고 있다[9].

운동 중 근피로는 근조직, 근신경계에 익숙하지 않은 경험과 스트레스를 주는 운동부하에 따라 달라질 수 있으며[10], Bompa 등[11]은 젓산 축적의 증가는 근육의 통증과 피로를 유발하고 트레이닝의 효과를 감소시키게 된다고 하였다. 근피로로 인해 발생하는 급성근육통은 피로 지점까지 이르는 격렬한 운동 중이나 직후에 발생하지만[12], 운동 후 24시간 이후에 발생하는 지연성근통증(delayed onset muscle soreness)은 갑작스러운 운동, 숙달되지 않은 저항운동 또는 고강도 근력운동 후에 발생하며[13], 운동을 종료한 후 12-24시간에 근육통과 일시적인 강직(stiffness)이 발생하기 시작하여 24-48시간에 통증이 최고 수준으로 증가하게 된다[14]. 이와 같은 지연성근통증은 근강도의 약화와 관절가동범위의 제한 및 부종과 같은 증상을 일으키게 되며[15], 과도할 경우 면 생리학적인 적응보다는 스트레스를 유발시켜 전반적인 근기능과 운동수행능력이 감소한다[16].

한편 운동 후 근피로를 해소하는 것이 중요하며, 대표적인 휴식방법 중에는 휴식과 수면등의 비활동성 회복과[17], 적정 운동강도로 운동을 실시하는 동적회복방법이 있다[18]. 또한 회복하는 환경에 대한 연구도 활발하게 이뤄지고 있는데,

그중하나로 물속 환경의 특성을 이용한 수중회복이 행해지고 있으며, 해외 스포츠현장에서는 보편화 되어져 있다[19]. 수중회복은 수중부력, 정수압, 밀도, 와류, 수온 등과 같은 다양한 유체학적인 특성을 반영할 수 있으며, 통증과 근긴장을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다[21]. 최재현 등[22]은 반신욕과 냉 요법이 일반 휴식집단보다 빠른 회복을 나타냈다고 하였으며, 김상수 등[23]은 최대한 운동 후 수중회복이 지상회복에 비하여 효과적으로 회복했다고 하였다. 이러한 연구들은 수중 환경의 특성이 인체 대사 작용 및 체내의 피로 물질을 제거하는데 효과적인 매개체가 되며[24], 근피로, 근 손상에대한 회복력을 증가시켜준다는 것을 시사한다[25].

이상 종합해보면, 운동 종목 배열순서에 따라 운동의 효과는 달라지며 운동으로 발생한 근통증을 감소시키기 위해 수중회복방법이 권장되고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구는 서킷 웨이트 트레이닝과 집중 웨이트트레이닝 운동 후 수중회복방법(동적, 정적)에 따라 성장호르몬, 테스토스테론, 혈중젖산농도, 심부담도, 근통증에 미치는 변화를 규명하여 운동방법과 회복방법에 따른 호르몬 변화 추이와 회복효과를 알아보는데 목적을 두었다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

이 연구의 대상자는 자발적으로 참여의사를 밝힌 저항운동경력이 12개월 이상의 20대 남성으로 하였다. 생명윤리 및 안전에 관한 법률에 근거하여 연구의 절차에 대한 설명을 듣고, 본 실험에 참가함에 따라 발생될 이익과 위험성 및 불편함을 고지하였다. 또한 서면동의서에 자필로 서명한 7명을 선정하였다. 연구 참여에 동의한 대상자들에게는 실험 도중 언제든지 중도포기 할 수 있음을 안내하였으며, 정확한 결과를 얻기 위하여 대상자들에게 실험 전 중강도 이상의 신체활동을

자제하고 흡연과 음주는 금하도록 권장하였다. 연구대상자의 특성은 <표 1>과 같다.

2.2. 실험절차

이 실험의 측정은 A시 P스파에서 시행하였으며, 대상자는 2가지 운동형태(서킷 웨이트 트레이닝, 집중 웨이트 트레이닝)와 수중 회복조건(허리 높이수심에서의 앉기와 걷기)에 따라 무작위 교차 배분하여 모든 대상자는 조건별로 주1회 실험에 참가하도록 하여 총 4회 참여하였다. 사전검사로 안정 시 호르몬(테스토스테론, 성장호르몬)과 혈중젖산농도를 측정하였으며, 60%1RM강도로 진행하였다. 운동 중 세트종로 시 혈압을 측정하였으며, 운동수행 직후와 회복조건 직후 채혈을 하여 호르몬(테스토스테론, 성장호르몬)측정을 하였고, 동일시기에 혈압과 혈중젖산농도를 측정하였다. 지연성근통증은 실험 후 수치평가척도인 NRS로 측정하였으며, 24시간, 48시간, 72시간 측정하였다. 회복 시 수온은 근육의 경직이 없이 근골격계 이완에 효과적인 것으로 보고된 34°C에서 실시하였다[26].

2.3 실험방법 및 변인측정

2.3.1. 1회반복최대중량(1RM : 1-Repetition Maximum) 측정방법

첫 세트는 5~10회 반복할 수 있는 무게로 준비운동을 실시하였다. 두 번째 세트는 1분 휴식 후 5~10kg의 무게를 증가하여 3~5회 반복할 것으로 예측되는 부하를 설정한 다음 실시하였다. 세 번째 세트 전 2분간의 휴식을 취했고, 5~10kg의 무게를 증가하여 2~3회 반복할 것으로 예측되는 부하를 실시하였다. 네 번째 세트는 2~4분간의 휴식을 취한 뒤, 이후 5~10kg의 부하를 더 증가하여 1RM을 시도하도록 하였다. 성공 시 2~4분 휴식 후 부하를 더 증가하여 시도하였으며, 실패 시 2~4분 휴식 후 2.5~5kg의 부하를 감소한 다음 재시도하여 1RM을 결정하였다. 올바른 자세로 수행한 횟수를 기준으로 하였으며,

Table 1. characteristics of subjects

N	Age(years)	Weight(kg)	Height(cm)	Exercise career(years)
7	27.86±1.21	175.00±3.29	81.71±9.25	3.14±1.07

M±SD

측정 중 부상의 위험을 방지하기 위해 보조자를 배치하였다.

2.3.2. 서킷 웨이트 트레이닝 실험방법

이 연구에 사용된 서킷 웨이트 트레이닝의 프로그램은 신체 전 부위를 사용할 수 있도록 하였으며, 6가지 운동을 30초의 운동과 30초의 휴식을 취하는 것을 1cycle로 총 3cycle 진행하였다. 운동은 라인 트라이셉스 익스텐션(LTE), 바벨 스쿼트(BS), 바벨 컬(BC), 바벨 숄더프레스(BSP), 덤벨 레터럴레이즈(DLR), 바벨 로우(BR) 순으로 진행하였다. 서킷 웨이트 트레이닝에 관한 방법은 <그림 1>과 같이 도식화 하였다.

2.3.3. 집중 웨이트 트레이닝

이 연구에 사용된 집중 웨이트 트레이닝은 총 6가지 종목으로 한 종목의 운동을 연속하여 3세트 씩 수행하는 형태로 진행하였고, 30초 운동 30초 휴식으로 2가지 운동을 각각 진행하는 것을 1cycle로 설정하여 수행하였다. 1cycle은 라인 트라이셉스 익스텐션, 바벨 스쿼트, 2cycle은 바벨 컬, 바벨 숄더프레스, 3cycle은 덤벨 레터럴레이즈, 바벨로우로 진행하였다. 강도는 서킷웨이트 트레이닝과 동일한 강도로 1RM의 60%강도로 실시하였다. 집중 웨이트 트레이닝에 관한 방법은 <그림 2>와 같이 도식화 하였다.

2.3.4. 수중 회복방법

허리높이 수심에 따른 2가지 회복방법을 실시하기 위하여 A시 P스파에서 실시하였으며, 34℃

의 수온과 허리깊이에서 진행하였다. 수중걷기회복은 시속 3km의 속도로 20분간 걸으며 휴식을 취하였다. 수중앉기회복은 수중앉기 회복은 앉았을때 허리 깊이의 물에서 움직임 없이 20분간 회복을 취하였다.

2.3.5. 호르몬 채혈 및 측정

측정항목의 분석을 위한 채혈은 전문 의료인을 통하여 실시하였고, 채혈의 동의한 대상자들은 최소한 12시간 동안 안정을 취한 후 본 실험에 영향을 미칠 수 있는 약물이나 카페인 등의 복용을 자제하도록 하였다. 혈액채취 1시간 전에 실험실에 도착하여 30분 이상 충분히 안정을 취하고 알코올 흡을 이용하여 깨끗이 소독한 후 알코올이 마를 때까지 기다린 후 주정맥에서 1회용 주사기를 이용하여 약 5cc를 채혈하였다. 운동 후와 회복 후에도 실험 전과 동일하게 1개 군으로 구분하여 채혈을 실시하였으며, 2개의 운동방법과 2가지의 회복조건에서 각각 실험 전·후, 회복 후 3회씩 채혈을 진행하였다.

2.3.6. 혈중젖산농도 측정

대상자의 위생과 정확한 측정값을 얻기 위하여 귓볼 끝을 알코올 솜을 이용하여 깨끗이 소독한 후 알코올이 마를 때까지 기다린 후 Lancet으로 편칭하여 혈액을 채취한 다음 휴대용 젖산분석기(Lactate pro 2 LT-1730, JAPAN)를 이용하여 분석하였다. 대상자는 매 실험 전 안정 시 혈중젖산농도를 측정하여 측정값이 2mmol 이하인 대상자만 실험에 참여하도록 하였으며, 2mmol 이

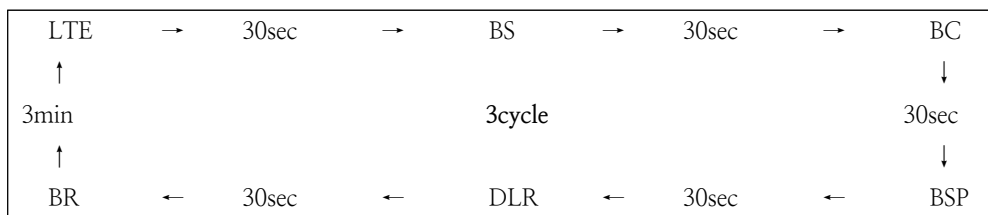


Fig. 1. Method of Circuit Weight Training.

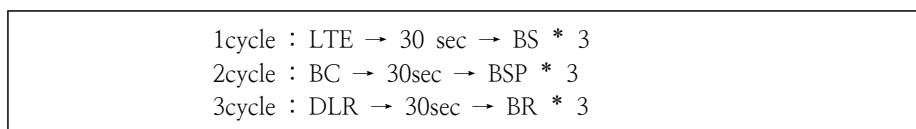


Fig. 2. Method of Concentration Weight Training.

하의 젖산 농도를 보인 대상자들은 서킷운동프로그램과 집중 웨이트 트레이닝프로그램 실시 후, 회복직후 같은 방법으로 사후 측정하여 운동 전·후 회복 후 총 3번 측정하였다.

2.3.7. 심부담도 측정

시기별 심부담도는 심박수와 수축기혈압의 곱으로 산출하였다. 심박수는 무선심박측정기(Polar S10i)를 이용하였으며, 수축기혈압은 자동혈압계(FT500R PLUS)를 활용하여 안정 시, 운동직후, 수중회복 직후에 측정하였다.

2.3.8. 근통증 측정

대상자는 0(통증 없음)으로부터 10(극심한 통증)까지 나열된 척도를 통해 통증의 수준을 표현할 수 있는 수치평가척도(NRS)를 이용하여 측정하였다. 주어진 척도를 운동 전·후, 24, 48, 72시간 이후에 측정자가 제시하면 대상자는 숫자를 구두로 말할 수 있도록 교육하였다.

2.4. 자료처리

이 연구의 자료처리는 SPSS(ver 22.0) 통계프로그램을 사용하여 모든 변인의 평균 및 표준편차를 산출하였다. 각 운동 후 수중 회복방법차이(2)와 측정시기(3)에 따른 테스토스테론, 성장호르몬, 혈중젖산농도, 심박수, 심부담도, 체온, 지연성근통증은 Repeated measurement two-way ANOVA 방법을 이용하여 분석하였다. 유의한 차이가 발생하는 경우 contrast의 simple-first와 repeated 방법을 적용하였다. 통계적인 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

3. 결 과

3.1. 서킷 웨이트 트레이닝

3.1.1. 서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 성장호르몬의 변화

서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 성장호르몬의 변화는 <Table 2>와 같다. 성장호르몬은 서킷 웨이트 트레이닝의 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았다($p=.699$). 시기에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p<.001$), 사후 비교 결과 운동직후는 안정시와 수중회복직후보다 높았고($p<.05$), 조건과 시기에 따른 성장호르몬에 대한 상호작용 효과가 나타났다.

3.1. 서킷 웨이트 트레이닝

3.1.2. 서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 테스토스테론의 변화

서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 테스토스테론의 변화는 <Table 3>와 같다. 테스토스테론은 서킷 웨이트 트레이닝의 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았다($p=.473$). 시기에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p<.001$), 사후비교 결과 보는 바와 같이 운동직후는 안정시와 수중회복직후보다 높았다($p<.05$).

3.1.3. 서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 혈중젖산농도의 변화

서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 혈중젖산농도의 변화는 <Table 4>와 같다. 사후 비교 결과 두 조건 모두 운동 후는 회복 후보다 높은 것으로 보였지만 조건간의 유의차는 보이지 않았다($p<.05$).

Table 2. Changes in Growth Hormone according to Underwater Recovery after Circuit Weight Training (ng/ml)

	① Pre	② Post	③ After exercise	contrast	F	p
Dynamic	1.08±0.19	14.13±2.67	10.85±2.09	①<②***>③	Type(Ty)	2.249 .184
					Time(Ti)	151.504 .000
Static	4.14±0.20	16.20±1.84	7.69±1.04	①<②***>③***	(Ty)×(Ti)	22.644 .000

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

Table 3. Changes in Testosterone according to Underwater Recovery after Circuit Weight Training (ng/ml)

	① Pre	② Post	③ After exercise	contrast		F	p
Dynamic	5.19±0.54	6.21±0.61	5.20±0.70	①<②**>③***	Type(Ty)	.064	.808
					Time(Ti)	61.957	.000
Static	4.96±0.36	6.29±0.37	5.20±0.41	①<②***>③***	(Ty)×(Ti)	.472	.635

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 4. Changes in Blood Lactate according to Underwater Recovery after Circuit Weight Training (mmol)

	① Pre	② Post	③ After exercise	contrast		F	p
Dynamic	1.67±0.21	12.24±2.88	4.30±1.70	①<②**>③**	Type(Ty)	.322	.591
					Time(Ti)	86.119	.000
Static	1.60±0.14	10.94±2.89	4.89±1.61	①<②***>③**	(Ty)×(Ti)	2.274	.145

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 5. Changes in the Double product according to Underwater Recovery after Circuit Weight Training (Hg/ the number of times/min)

	① Pre	② Post	③ After exercise	contrast		F	p
Dynamic	9700.00 ±2196.94	20871.86 ±5182.06	12413.86 ±4251.73	①<②**>③**	Type(Ty)	.106	.756
					Time(Ti)	49.640	.000
Static	9553.57 ±2387.14	22264.29 ±3965.58	11563.29 ±1796.08	①<②***>③**	(Ty)×(Ti)	.523	.606

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

3.1.4. 서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 심부담도의 변화

서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 심부담도의 변화는 <Table 5>와 같다. 서킷 웨이트 트레이닝의 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(p=.136). 시기에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 사후비교 결과 보는 바와 같이 안정 시 보다 운동직후가 높았으며, 수중회복직후 보다 안정 시가 낮았다(p<.05).

3.1.5. 서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 통증의 변화

서킷 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 통증의 변화는 <Table 6>와 같다. 통증은 서킷 웨이트 트레이닝의 시기에서; 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 조건에 따른 유의한 차

는 나지 않았다. 사후비교 결과 보는 바와 같이 운동직후는 수중회복직후보다 높았으며, 24시간 후, 48시간 후, 72시간 후 순으로 작았다(p<.05).

3.2. 집중웨이트 트레이닝

3.2.1. 집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 성장호르몬의 변화

집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 성장호르몬에 대한 반복측정 이원변량분석과 사후비교 결과는 <Table 7>와 같다. 성장호르몬은 집중 웨이트 트레이닝의 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(p=.473). 시기에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 사후비교 결과 보는 바와 같이 운동직후는 안정시와 수중회복직후보다 높았다(p<.05) 사후비교 결과 보는 바

Table 6. Changes in Pain according to Underwater Recovery after Circuit Weight Training

	① After exercise	② After rest	③ 24H later	④ 48H later	⑤ 72H later	Contrast	F	p	
Dynamic	6.57 ±1.72	4.14 ±0.69	3.00 ±1.00	1.86 ±0.69	1.14 ±0.38	①>②***>③* ④*>⑤*	Type(Ty) Time(Ti)	.322 86.11 9	.049 .000
Static	6.29 ±1.38	4.00 ±1.00	2.71 ±0.95	1.29 ±0.49	1.14 ±0.38	①>②***>③*** ④***>⑤	(Ty)× (Ti)	2.274	.400

①>②*

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 7. Changes in Growth Hormone according to Underwater Recovery after Concentration Weight Training (ng/ml)

	① Pre	② Post	③ After exercise	contrast	F	p	
Dynamic	1.84±2.12	15.96±3.00	8.66±1.34	①<②***>③** ①<③*	Type(Ty) Time(Ti)	.586 7.154	.473 .009
Static	1.11±2.25	18.00±1.47	10.22±1.56	①<②***>③***	(Ty)×(Ti)	.759	.489

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 8. Changes in Testosterone according to Underwater Recovery after Concentration Weight Training (ng/ml)

	① Pre	② Post	③ After exercise	contrast	F	p	
Dynamic	5.15±0.61	5.60±0.99	4.95±0.63		Type(Ty) Time(Ti)	2.397 18.906	.173 .000
Static	5.29±0.67	6.51±0.28	5.12±0.50	①<②***>③***	(Ty)×(Ti)	2.470	.126

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

와 같이 운동직후는 안정시와 수중회복직후보다 높았다(p<.05).

3.2.2. 집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 테스토스테론의 변화

집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 테스토스테론에 대한 반복측정 이원변량분석과 사후비교 결과는 <Table 8>와 같다. 테스토스테론은 집중 웨이트 트레이닝의 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(p=.361). 시기에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 사후비교 결과 보는 바와 같이 운동직후는 안정시와

수중회복직후보다 높았다(p<.05).

3.2.3. 집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 혈중젖산농도의 변화

집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 혈중젖산농도의 변화는 <Table 9>와 같다. 혈중젖산농도는 집중 웨이트 트레이닝의 조건과 시기에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 사후비교 결과 동적회복에서는 운동 전보다 운동 후가 낮았으며, 운동 후 보다 회복 후에 낮게 나타났다. 정적회복에서는 운동 전보다 운동 후가 낮았으며, 운동 후 보다 회복 후에 낮

Table 9. Changes in Blood Lactic Acid Concentrations by Underwater Recovery after Concentration Weight Training (mmol)

	① Pre	② Post	③ After exercise	contrast		F	p
Dynamic	1.80±0.14	12.44±3.40	4.11±2.54	①②③***	Type(Ty)	7.970	.030
Static	1.61±0.21	12.86±3.39	5.89±3.30	①②③*** ①③*	time(Ti)	55.445	.000
contrast				④⑤**	(Ty)×(Ti)	11.625	.002

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 10. Changes in the Double product according to the Underwater Recovery after Concentration Weight Training (Hg/ the number of times/min)

	① Pre	② Post	③ After exercise	contrast		F	p
Dynamic	9381.57 ±2703.09	23378.86 ±3206.33	11874.86 ±2136.67	①②***③***, ①③*	Type(Ty)	2.968	.136
Static	9620.43 ±1529.75	20371.57 ±4026.59	11247.71 ±1668.71	①②***③**, ①③*	Time(Ti)	96.293	.000
					(Ty)×(Ti)	3.546	.062

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 11. Changes in Pain according to Underwater Recovery after Circuit Weight Training

	① After exercise	② After rest	③ 24H later	④ 48H later	⑤ 72H later	Contrast	F	p
Dynamic	7.71 ±0.49	4.14 ±1.46	3.29 ±0.95	2.14 ±0.38	1.86 ±0.69	①②**③④*⑤	Type(Ty)	.157 .706
Static	7.00 ±1.91	4.00 ±1.83	4.14 ±1.57	3.00 ±1.63	2.29 ±1.11	①②***③④** *)⑤*	Time(Ti)	97.856 .000
							(Ty)×(Ti)	2.356 .082

M±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

게 나타났고, 운동 전보다 회복 후에 높게 나타났다.

3.2.4. 집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 심부담도의 변화

집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 심부담도의 변화는 <Table 10>와 같다. 서킷 웨이트 트레이닝의 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(p=.136). 시기에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 사후비교 결과 안정 시 보다 운동직후가 높았으며, 수중회복직후보다 ①안정 시가 낮았다(p<.05).

3.2.5. 집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 통증의 변화

집중 웨이트 트레이닝 후 수중회복방법에 따른 통증의 변화는 <Table 11>와 같다. 통증은 서킷 웨이트 트레이닝의 시기에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 조건에 따른 유의한 차는 나지 않았다. 사후비교 결과 운동직후는 회복 직후보다 높았으며, 24시간 후, 24시간 후, 72시간 후 순으로 작았다.(p<.05).

4. 논 의

운동은 성장호르몬의 분비 빈도와 분비량을 직접적으로 증가시킬[26]뿐만 아니라 성장호르몬의 방출을 억제시키는 소마토스타틴(somatostatin)의 생산을 억제시킴으로써 성장호르몬의 방출을 촉진시키는 호르몬의 생산을 자극한다[27]. 성장호르몬은 스트레스, 수면, 운동 등에 영향을 받으며, 특히 운동에 의해 영향을 많이 받는 것으로 알려지고 있다[28]. 반면 지금까지 저항운동 후 성장호르몬의 분비와 관련된 대부분의 연구들은 운동이 성장호르몬이 분비를 증가시키며 운동 후 일정한 회복시간이 경과되면 안정시 수준으로 감소하는 것으로 알려져 있다[29,30]. 또한 적당한 운동이 성장호르몬 수준을 증가시키거나[31], 증가시키지 않는다는 상반된 보고도 있다[32].

이 연구에서의 성장호르몬과 테스토스테론은 서킷 웨이트 트레이닝과 집중 웨이트 트레이닝의 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 시기에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 모든 운동형태와 회복조건에서 사후비교 결과 운동 직후 성장호르몬 수치가 가장 높았으며 회복 후, 안정 시 순으로 높은 수치를 기록하였다. 또한, 조건과 시기에 따른 성장호르몬에 대한 상호작용 효과도 있었다. 선행연구를 살펴보면, 높은 부하 및 높은 중량의 고강도 저항 트레이닝 실시 후 테스토스테론 농도가 매우 높게 증가하였고, 특히 많은 선행연구에서는 고강도 저항트레이닝 실시 후 회복기동안 테스토스테론의 농도가 현저하게 증가됨을 보고하였으나[33], 이 연구에서는 회복기에 모든 조건에서 수치가 감소하는 경향을 보여 수중회복방법이 호르몬 농도에 미치는 기전적 연구가 필요할 것으로 보여진다.

혈중젖산은 저항운동 수행 시 발생하는 피로의 여러 가지 요인 중 하나이며, 근 피로 판단지표 중의 하나로 알려져 있다[34]. 젖산은 근육 내 존재하는 글리코겐과 같은 에너지원이 고갈되어 산소의 공급이 부족할 때 생성되어진다[35]. 또한 무산소 해당과정 중 발생하는 산물이 피루브산과 NAD^+ 이며 그들이 결합하여 NADH 및 H^+ 를 형성한다[36]. 이 두 최종산물들이 과도하게 발생되면 젖산탈수소효소 (Lacticdehydrogenase, LDH)에 의해 젖산을 형성하게 되는 것이다[37].

이 연구에서 혈중젖산농도는 서킷 웨이트 트레이닝과 집중 웨이트 트레이닝 모두 동적회복조건에서 낮은 혈중젖산농도를 보였다. 혈중젖산농도

는 저항운동 수행 후 회복방법에 따라 무산소성 역치까지 제거되며[37], 동적 회복 수행 시 뇌에서 산화 기질로 이용되며 신장과 간장에서 젖산 처리 조직으로 젖산을 빠르게 이동시켜 동적회복 수행 시 대사과정에 의해 젖산이 빠르게 제거되며, 활동근에서 젖산의 산화는 간의 포도당신생(gluconeogenesis)보다는 동적회복 시 대사과정에 의한 젖산의 제거라고 보고하였다[38]. 이는 본 연구의 동적회복조건이 정적회복조건보다 혈중젖산농도가 빠르게 낮아지는 결과를 뒷받침해준다. 또한 본 연구의 결과는 피로회복에 관한연구에서 동적회복방법이 수면과 휴식과 같은 회복방법보다 혈중젖산농도 감소에 더욱 효과적이라는 연구들과 유사한 경향을 나타내었다[39],[40],[41].

심부담도는 수축기 혈압과 심박수를 곱한 값으로 산출하며[42], 심근의 산소 섭취 수증을 확인할 수 있고, 운동강도의 지표로 사용할 수 있다[43]. 심근부담도는 심박수와 수축기 혈압을 곱하여 산출하기 때문에 운동중 심박수가 상승하거나 혈압의 상승하는 두 가지의 요인이 크게 작용한다. 심박수는 근육에 있는 기계적 혹은 화학적 수용기에서 뇌에 있는 심장기관으로 들어오는 자극에 의해서 변화하게 된다[44]. 이 연구에서 서킷 웨이트 트레이닝과 집중 웨이트 트레이닝 시 심부담도는 각 회복 조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았고 시기에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 모든 조건에서 안정 시 보다 운동직후에 상승하였다가 운동 후 20분간 회복 한 뒤 하강하였다. 운동직후 심박수의 상승과 혈압의 상승이 심부담도를 급격하게 상승하게 한 결과로 보여지며, 수중환경의 정수압 기전이 정맥혈 회귀량과 혈류속도를 증가시킴으로써 혈압이 하강하였기 때문인 것으로 생각된다.

운동 후 발생하는 근통증은 고강도 운동수행으로 인한 기계적 손상, 염증, 경련, 대사불균형 및 젖산 축적이 원인으로 제시되고 있으며[45], 운동으로 인한 근 피로와는 다른 것으로 근육 수축과정에서 근 섬유나 결합 조직이 미세 외상을 받은 후 염증이 발생하고 이러한 조직이 퇴행과 괴사를 초래하는 과정이라고 하였다[46]. 이 연구에서의 결과로는 지연성근통증을 측정할 수지평가척도는 지연성근통증(NRS)는 집중 웨이트 트레이닝의 시점에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 조건에 따른 유의한 차는 나지 않았다. 사후비교 결과 운동 후는 회복 후보다 높았으며, 24시간, 48시간 72시간 순으로 작았다. 수중회복이

운동 후 근력손실, 혈중CK, 대퇴돌레와 통증의 감소효과가 크게 나타나는 것은 수중환경이 근육 내 혈류를 변화시켜 근육의 손상을 감소시키기 때문이며[47], 서킷 웨이트 트레이닝조건에서 운동 48시간 후 정적휴식에서 통증이 더 저하되었지만 집중 웨이트 트레이닝 조건에서는 동적 회복이 더 빠르게 감소하는 경향을 나타낸 것으로 보아 본 연구에서 통증을 목적으로 사용된 수치평가척도가 주관적인 척도인 것을 고려할 때, 객관적 지표를 통한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

5. 결론

이 연구는 저항운동 시 운동형태와 회복방법의 차이가 근성장지표, 근피로 및 심부담도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 서킷 웨이트 트레이닝과 집중 웨이트 트레이닝 시 정적 회복 조건과 동적 회복조건에 따라 성장호르몬, 테스토스테론, 혈중젖산농도, 심부담도, 근통증을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

성장호르몬과 테스토스테론은 운동 후, 회복 후, 안정 시 순으로 높게 나타났으며, 수중회복형태에 따른 차이는 없었다.

혈중젖산농도는 운동 후, 회복 후, 안정 시 순으로 높았으며, 집중 웨이트 트레이닝 조건에서 동적 휴식이 더 빠른 회복을 보였다. 심부담도는 운동 후, 회복 후, 안정 시 순으로 높게 나타났으며, 수중회복조건 형태에 따른 차이는 없었다. 근통증은 운동직후, 회복 후, 24시간, 48시간, 72시간 순으로 작아졌으며, 수중회복조건 형태에 따른 차이는 없었다.

이상을 종합해보면 운동의 형태와 수중회복방법에 따라 근육 회복에 있어서 미치는 영향은 다를 수 있으며, 향후 조건에 따른 침수의 간격과 시간, 지상과 수중 등과 같은 회복 기법에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “스마트특성화기반구축사업”(과제번호 P0014630)으로 수행된 연구결과입니다.

References

1. S. H. Song. "Effects of Rest Interval Following Eccentric Muscle Contraction Exercise on Circulating Substance, Parameters Related to Damage and Regeneration in Skeletal Muscle", *Korean Academy of Kinesiology*, Vol. 15, No. 4, pp. 107-115, (2013).
2. N. A. Ratamess. *ACSM's foundations of strength training and conditioning*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams &Wilkins, (2012).
3. T. R. Baechele, R. W. Earle. *Fitness weight training*. Human kinetics, (2018).
4. W. F. D. Faria, J. P. D. Farias, R. C. Corrêa, C. F. D. Santos, A. Stabelini Neto, G. C. D. Santos, R. G. M. Elias, "Effect of exercise order on the number of repeats and training volume in the tri-set training method", *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, Vol. 18, No. 2, pp. 187-196, (2016).
5. R. Sabido, M. Peñaranda, J.L. Hernández-Davó, "Comparison of acute responses to four different hypertrophy-oriented resistance training methodologies", *Hum Mov Sci*, Vol. 37, pp. 109-121, (2016).
6. A. Weltman, C. J. Pritzlaff, L. Wideman, R. V. Considine, D. A. Fryburg, M. E. Gutgesell, J. D. Veldhuis, "Intensity of acute exercise does not affect serum leptin concentrations in young men", *Medicine and science in sports and exercise*, Vol. 32, No. 9, pp. 1556-1561, (2000).
7. S. K. Powers, E. T. Howley, J. Cotter, X. J. De Jonge, A. Leicht, T. Mündel, B. Rattray. *Exercise Physiology*, McGraw-Hill Education, (2014).
8. S. J. Hong, J. H. Kim, W. J. Cho. "The Effect of Skeletal Muscle Mass and Growth Hormone, Testosterone, Insulin Like Growth Factor-1 by the Protein Supplements Intake Period during to Resistance Exercise", *Journal of the Korean*

- society for Wellness*, Vol. 12, No. 2, pp. 371-379, (2017).
9. K. W. Kang, S. C. Han, J. I. Choi, S. H. Lee. "The Effect of Different of Resistance training Program on Muscle Growth Related Hormone", *The Korea Journal of Sport*, Vol. 15, No. 1, pp. 671-680, (2017).
 10. P. A. Pierce, *Fatigue: neural and muscular mechanisms*, Springer Science & Business Media, (2013).
 11. T. Bompa, C. Buzzichelli. *Periodization Training for Sports*, 3E. Human kinetics, (2015).
 12. C. Kisner, L. A. Colby. *Therapeutic exercise. Foundations and techniques*, Fa Davis, (2002).
 13. M. Gleeson, A. K. Blannin, N. P. Walsh, C. N. Field, J. C. Pritchard. "Effect of exercise-induced muscle damage on the blood lactate response to incremental exercise in humans", *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Vol. 77, No. 3, pp. 292-295, (1998).
 14. D. G. Drury. "The role of eccentric exercise in strengthening muscle" *Orthopaedic physical therapy clinic of north america*, Vol. 9, No. 4, pp. 515-528, (2000).
 15. T. R. Baechle, R. W. Earle. *Essentials of strength training and conditioning*, Human kinetics, (2008).
 16. E. J. Park, H.J. Koo, & J. G Lee. (2004). Setting the appropriate recovery exercise intensity for lactic acid fatigue recovery. *Journal of the Korean Women's Sports Association*, 18(1), 67-75.
 17. S. G. Lee, G. Y. Kim, K. W. Nam, M. H. Oh, Y. E. Kim, E. J. Kim, M. K. Jang, K. Y. Kim, H. W. Jeong, J. M. Kim. "Effects of Improved Forelimb Sensorimotor Function on the Modified CIMT Applied Under the influence of Environmental Enrichment in a Focal Ischemic Brain Injury Rat Model", *Physical Therapy Korea*, Vol. 14, No. 3, pp. 48-56, (2007).
 18. J. Y. Yuk, & Y. J. Lee. (2005). The effect of stretching and cosmetic massage on fatigue recovery after exercise.
 19. T. Y. Kim, G. Y. Kim, L. Johan. "Hydrotherapy in Rheumatoid Arthritis", *The Journal of Korean Society Physical Therapy*, Vol. 12, No. 3, pp 407-414, (2000).
 20. J. Karvonen, E. Peltola, J. Saarelam, M. M. Nieminen. "Changes in running speed, blood lactic acid concentration and hormone balance during sprint training performed at an altitude of 1860 metres", *The Journal of sports medicine and physical fitness*, Vol. 30, No. 2, pp. 122-126, (1990).
 21. J. H. Choi, J. W. Kim, & S. J. Kim. (2005). Comparative analysis of fatigue substances according to fatigue recovery methods after high-intensity running training. *Journal of the Korean Society of Physical Education*, 23, 411-420.
 22. D. K. Snyder, L. E. Underwood, D. R. Clemmons. "Anabolic effects of growth hormone in obese diet-restricted subjects are dose dependent", *The American journal of clinical nutrition*, Vol. 52, No. 3, pp. 431-437, (1990).
 23. S. S. Kim, W. J. Lee, & S. B. Joo. (2007). Natural Sciences: Effects of high and low temperature half-body immersion after submaximal exercise on physiological and blood fatigue variables *Journal of the Korean Sports Society*, 46(5), 523-531.
 24. B. K. Jeong(2002). Understanding of water rehabilitation exercise. *Abstracts of the 3rd Sports Event*, 71-86.
 25. J. H. Kim, D. Y. Kim, J. A. Lee, & H. D. Ha. (2015). The effect of underwater dynamic recovery after performing the rowing ergometer 2000m on the blood lactate, ammonia, LDH and CK. *Coaching ability development site*, 17(3), 141-149.
 26. R. B. Tomas, W. E. Roger. *Essentials of*

- strength training and conditioning(2nd ed)*, Human Kinetics, (2000).
27. L. A. Consitt, J. L. Copeland, M. S. Tremblay, "Endogenous Anabolic Hormone Response to Endurance Versus Resistance and Training in women", *Sport Med*, Vol. 32, No. 1, pp. 1-22, (2002).
 28. A. Weltman, C. Pritzlaff, L. Wideman, "Exercise-dependent growth hormone release is linked to makers of heightened central adrenergic outflow", *J Appl Physiol*, Vol. 89, No. 2, pp. 629-35, (2000).
 29. J. Karvonen, T. Vuorimaa, "Heart rate and exercise intensity during sports activities", *Sports medicine*, Vol. 5, No. 5, pp. 303-311, (1988).
 30. R. J. Shephard, K. H. Sidney. "Effects of physical exercise on plasma growth hormone and cortisol levels in human subjects", *Exercise and sport sciences reviews*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-30, (1975).
 31. J. S. Volek, W. J. Kraemer, J. A. Bush, T. Incledon, M. Boetes, "Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise", *Journal of Applied Physiology*, Vol. 82, No. 1, pp. 49-54, (1997)
 32. Bates, A., & Hanson, N. (1996). *The principles and properties of water. Aquatic exercise therapy*. Philadelphia: WB Saunders, 1-320.
 33. W. K. Kim, Y. H. Yoon, H. R. Seong, "Study on Changes of Blood Lactate, LDH and CPK in Taekwondo Competition", *The Korean Journal of Sports Medicine*, Vol. 17, No. 1, pp. 124-131, (1999).
 34. H. S. Kang, Y. G. Lee, K. L. Lee, S. H. Kim, G. D. Kang. "The Effect of Biorhythm on the Double Product during Exercise", *Korean journal of physical education*, Vol. 29, No. 2, pp. 305-316, (1990).
 35. S. H. Han, S. C. Han, S. H. Lee, & J. H. Kim. (2015). Effect of recovery method on blood fatigue factors after maximum exercise. *Journal of the Korean Society of Sports Science*, 24(6), 1103-1114.
 36. D. J. Seong, W. Y. So, H. M. Park, and Gwangseok Cha. (2010). Exercise and Hypertension: Review on the production of nitric oxide and vasodilation by exercise. *Journal of the Korean Society of Living Environment*, 17(2), 181-190.
 37. C. J. Yoo, J. G. Yang. (1990). Natural Sciences: A study on the recovery ability of short, medium, and long distance athletes after maximum exercise load. *Journal of the Korean Physical Education Association-Humanities and Social Sciences*, 29(2), 2317-2330.
 38. S. H. Han, S. C. Han, S. H. Lee, & J. H. Kim. (2015). Effect of recovery method on blood fatigue factors after maximum exercise. *Journal of the Korean Society of Sports Science*, 24(6), 1103-1114.
 39. Gladden, L. B. (2004). Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *The Journal of physiology*, 558(1), 5-30.
 40. W. J. Lee, S. B. Joo, & C. M. Cho. (2001). Exercise Physiology: Comparison of physiological responses according to the type of recovery in boxing situations. *Journal of the Korean Physical Education Association-Humanities and Social Sciences*, 40(4), 665-675.
 41. Y. J. Lee(2003). Exercise Physiology: Effect of cold therapy on the change of blood ammonia after induction of muscle fatigue. *Journal of the Korean Sports Society*, 42(5), 697-705.
 42. J. C. Lee, H. S. Cho, & M. Y. Lee. (2018). The effect of the recovery method performed between Taekwondo competitions on the fatigue and physical strength of male high school athletes. *Kukkiwon Taekwondo Research*, 9(3), 115-134.
 43. C. R. Jorgensen, K. Wang, Y. Wang, F. L. Gobel, R. R. Nelson, H. Taylor, J. E. Vilandre, "Effect of propranolol on myocardial oxygen consumption and its

- hemodynamic correlates during upright exercise", *Circulation*, Vol. 48, No. 6, pp. 1173-1182, (1973).
44. W. L. Kenney, J. H. Wilmore, D. L. Costill, *Physiology of sport and exercise*. Human kinetics. (2015)
45. Y. J. Cheng, M. S. Lauer, C. P. Earnest, T. S. Church, J. B. Kampert, L. W. Gibbons, S. N. Blair. "Heart rate recovery following maximal exercise testing as a predictor of cardiovascular disease and all-cause mortality in men with diabetes", *Diabetes care*, Vol. 26, No. 7, pp. 2052-2057, (2003).
46. J. Friden, M. Sjöström, B. Ekblom. "Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man", *International journal of sports medicine*, Vol. 4, No. 03, pp. 170-176, (1983).
47. J. M. Vaile, N. D. Gill, A. J. Blazeovich. "The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness", *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol. 21, No. 3, pp. 697-702, (2007).