creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

김 영 주 교수 지도

석사학위 청구논문

스쿼트 운동 시 웨이트 벨트 착용 유무가 근활성도 및 심근부담률에 미치는 영향

2025

성신여자대학교 생애복지대학원

건강운동관리학과 건강운동관리전공

최윤서

스쿼트 운동 시
웨이트 벨트 착용 유무가
근활성도 및 심근부담률에
미치는 영향

김 영 주 교수 지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2024년 11월

성신여자대학교 생애복지대학원
건강운동관리학과 건강운동관리전공
최윤서

인 준 서

최윤서의 석사학위 논문으로 인준함

2025년 1월

심사위원장 권 만 근 (서명 또는 인)

심사위원 김 태 완 (서명 또는 인)

심사위원 김 영 주 (서명 또는 인)

성신여자대학교 생애복지대학원

논 문 개 요

본 연구는 규칙적인 웨이트 트레이닝을 하는 신체 건강한 20대 남성 11명을 표집하여, 1RM의 60%와 80% 중량으로 스쿼트를 실시할 때 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근육의 근활성도와 벨트로 인해 가해지는 복부의 압력, 운동 자각도, 심근부담률을 측정하고 그 차이를 분석함으로써, 웨이트 벨트를 착용할 때 나타나는 효과를 비교하여 벨트 착용의 장·단점을 규명하는 데 목적이 있다.

20대 남성 11명을 대상으로 하였으며, 총 2차에 걸쳐 연구를 진행하였다. 연구에서는 근활성도(EMG), 심박수, 수축기 및 이완기 혈압, 심근부담률, 벨트 내 압력, 운동 자각도(Perceived Exertion)을 측정하였다.

연구 결과, 웨이트 벨트 착용이 하지 근육의 근활성도에는 유의한 영향을 미치지 않았으나, 웨이트 벨트 착용 후 복압은 유의하게 증가했으며($p<.05$), 운동 자각도는 감소하였다($p<.01$). 또한, 60% 강도에서 웨이트 벨트 착용 후 심박수와 수축기 혈압과 심근부담률이 유의하게 증가했으며($p<.01$), 80% 강도에서는 웨이트 벨트 착용 전·후 심근부담률의 차이가 없었다.

결론적으로 60%강도보다 80%강도에서의 반복횟수가 절반이나 낮았기 때문에 교감신경의 활성이 크기 않았을 것으로 사료되며 웨이트 벨트 착용이 복부를 안정화시키고 부담감을 줄여주지만, 심혈관계에 민감한 사람들에게는 강도가 낮아도 상대적으로 높은 반복횟수가 심혈관계 부담을 증가시킬 수 있음을 시사한다. 따라서 고혈압, 협심증, 뇌동맥류 등 심혈관계 질환을 가진 사람들에게는 웨이트 벨트 착용을 피하고, 운동 강도나 반복 횟수를 낮춰 심혈관계 부담을 최소화하는 것이 더 안전할 수 있을 것이다.

목 차

논문개요

Ⅰ. 서론 ····· 1

1. 연구의 필요성 ····· 1

2. 연구목적 ····· 5

3. 가설 ····· 6

4. 연구의 제한점 ····· 7

5. 용어의 정의 ····· 8

Ⅱ. 이론적 배경 ····· 10

1. 스쿼트 ····· 10

2. 근전도 ····· 13

3. 심근부담률 ····· 16

4. 복강 내 압력 ····· 18

Ⅲ. 연구방법 ····· 20

1. 연구대상자 ····· 20

2. 실험도구 ····· 21

3. 연구 절차 ····· 22

4. 연구 기간 ····· 23

5. 실험 과정 ····· 24

1) 실험 절차 ····· 24

2) 신체검사 : 신장(cm), 체중(kg), BMI(kg/m^2) ····· 25

3) 1RM 측정 ····· 26

4) 스쿼트 장비와 수행자세 ····· 27

5) 근전도 측정 ····· 28

6) 운동자각도(RPE) ····· 31

7) 심박수 ····· 32

8) 혈압 ····· 33

9) 심근부담률 ····· 33

10) 웨이트 벨트 ····· 34

11) 웨이트 벨트 내 압력 ····· 35

6. 자료처리 ····· 36

Ⅳ. 연구결과 ····· 37

1. 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용에 따른 평균 하지근의 근전도 값 비교 ····· 37

2. 스쿼트 동작 시 중량의 변화에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교 ····· 41

3. 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용에 따른 심근부담률 값의 비교 ····· 43

4. 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따라 복부에 가해지는 압력 비교 ····· 49

5. 운동 강도 및 웨이트 벨트 착용에 따른 운동자각도 비교 ····· 51

Ⅴ. 논의 ····· 52

Ⅵ. 결론 ····· 60

참고문헌

ABSTRACT

표 목 차

표 1. 연구 대상자 일반적 특성 ····· 20

표 2. 실험도구 ····· 21

표 3. 연구 기간 ····· 23

표 4. 근육별 표면전극 부착 위치 ····· 29

표 5. 60% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근전도 평균 비교 ····· 38

표 6. 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근전도 평균 비교 ····· 40

표 7. 중량별 평균 혈역학 반응 및 심근부담률(RPP) 값의 비교 ····· 42

표 8. 60% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교 ····· 44

표 9. 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교 ····· 46

표 10. 60%와 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교 ····· 48

표 11. 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따른 압력 비교 ····· 50

표 12. 운동 강도 및 웨이트 벨트 착용에 따른 운동자각도 비교 ····· 51

그 림 목 차

그림 1. 연구 절차 ····· 22

그림 2. 실험에 사용된 GM-1000.(NEOGMTECH, KOREA) ····· 25

그림 3. 스쿼트 장비 및 수행 자세 ····· 27

그림 4. 근전도 부착 위치 ····· 29

그림 5. 실험에 사용된 Noraxon Telemyo DTS (Noraxon, USA) ····· 30

그림 6. Borg의 15단계 척도(Borg, 1970) ····· 31

그림 7. 심박수 측정에 사용된 Apple Watch SE2 MRE13KH/A (Apple Inc., USA) ····· 32

그림 8. 실험에 사용된 혈압계 HEM-7142T2 (Omron, Japan) ····· 33

그림 9. 실험에 사용된 웨이트 벨트 Harbinger Foam Core Belt (IMPLUS LLC, USA) ····· 34

그림 10. Stabilizer (Chattanooga Group Inc., USA) ····· 35

그림 11. 연구대상자 등 부분에 압력 생체 피드백 장치(STABILIZER, Pressure Biofeedback Unit)를 위치시킨 사진 ····· 35

그림 12. 60% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근전도 평균 비교 ····· 38

그림 13. 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근전도 평균 비교 ····· 40

그림 14. 중량별 평균 혈역학 반응 및 심근부담률(RPP) 값의 비교 ····· 42

그림 15. 60% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교 ····· 44

그림 16. 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교 ····· 46

그림 17. 60%와 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교 ····· 48

그림 18. 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따른 압력 비교 ····· 50

그림 19. 운동 강도 및 웨이트 벨트 착용에 따른 운동자각도 비교 ····· 51

수 식 목 차

수식 1. 1RM 산출공식 ····· 27

수식 2. 심근부담률 계산식 ····· 33

I. 서론

1. 연구의 필요성

현대 사회에서는 디지털화와 기술의 급속한 발전으로 인해 일상에서 신체활동이 크게 줄어들고 있다. 실제로 문화체육관광부(2023)의 규칙적 체육활동 참여 여부 통계에 따르면 주 1회 운동은 10.3%, 주 2~3회 운동은 31.8%, 주 4~5회 운동은 15.0%, 32.2% 정도는 운동을 '전혀 하지 않는다'고 발표했다. 세계보건기구(WHO)에 따르면, 운동 부족은 전 세계적으로 심혈관 질환, 비만, 당뇨병 등 만성질환의 주요 원인으로 보고있으며, 앉아서 생활하는 시간이 증가함에 따라 신체활동에 대한 중요성을 부각하고 있다. 특히, 하체 근력을 강화하고 심폐 기능을 개선할 수 있는 운동의 중요성을 강조하고 있다(WHO, 2024).

현대인들은 운동 부족으로 인하여 요통 및 하지 관절의 약화 현상을 겪고 있으며, 하지 관절의 약화로 인해 주변의 근육과 인대가 함께 약해져 2차적인 손상이 발생할 수 있다(전희종, 2006). 이를 해결하기 위한 웨이트 트레이닝이 효과적인 실내 운동 방법으로 알려져 있으며(이한용, 1994), 그 종류로는 스쿼트, 데드리프트, 벤치프레스 등이 있다. 이러한 운동들은 대근육 운동으로 여러 부위의 근육들을 동시에 사용하는 복합 운동이기 때문에 빠른 시간에 근육을 형성하고, 파워 향상에도 효과적이다(김용현, 2010). 특히 웨이트 트레이닝에서 하지 근력 운동이 강조되는데(이한용, 1994), 이는 하지 근력이 신체의 움직임과 지지에 중요한 역할을 하기 때문이다(정현기, 2024). 하지의 근력을 발달시키면 무릎관절 주위의 인대, 근육, 건 등 해부학적 구조물이 강화되어 외력에 의한 손상으로부터 보호할 수 있다(Escamilla, 2001).

가장 대표적인 하지 운동으로는 스쿼트(squat) 운동을 들 수 있다. 스쿼트 운동은 양발을 어깨 넓이로 벌리고 서서, 고관절, 슬관절, 발목관절을 이용하여 앉았다가 일어서는 복합관절 운동이다(박한솔, 2016). 스쿼트는 가장 대중적인 운동으로 알려져 있으며(Lynn & Noffal, 2012), 하지 근육에 외적인 힘을 가해 고관절과 슬관절, 발목관절의 안정성을 제공하기 때문에 일반인뿐만 아니라 전문 선수들도 많이 수행하는 운동이다(박후성, 이성노, 박기덕, 2014).

스쿼트는 일상생활에서의 기능 향상과 운동선수들의 기록 향상, 부상 방지 등의 여러 가지 목적을 가지고 있는 반면, 무거운 중량을 지탱해야 하는 운동으로써 올바른 자세를 유지하지 못할 경우 요추와 무릎관절 등에 상해를 입힐 수 있다(박상호, 2010). 특히 초보자가 전문가의 지도 없이 스쿼트를 실시할 경우 잘못된 자세와 과도한 부하로 인해 근골격계 부상이 발생할 가능성이 높다(Kohn, Smith, Goble, & Coaching, 2022). 따라서 부상을 최소화하기 위해서는 올바른 자세로 운동을 실시하는 것이 중요하다(조중연, 2024).

이러한 이유로 웨이트 운동 시 효율적이고 안정화된 동작을 하기 위해 장비의 중요성이 강조되고 있으며(Lee, Gillis, Ibarra, Oloroyd, & Zane, 2017), 장비의 종류로는 웨이트 벨트(weight belt), 무릎 보호대(knee sleeve), 손목 보호대(wrist wrap)와 같은 장비가 있다(권영서, 2023). 이 중 웨이트 벨트(weight belt) 같은 보조기를 활용하면, 허리에 가해지는 부하를 줄이고, 요추의 움직임을 보조할 수 있다(Lee, Heo, Kim, & Lee, 2016). 또한 벨트는 체간 심부 근육인 복횡근에 압박을 가해 체간 안정성을 증가시키고, 선택적인 복횡근 수축으로 복부 내압(intra abdominal pressure)과 흉요추 근막(thoracolumbar fascia)의 긴장감을 증가시킴으로써 척추 부하를 감소시킨다(Hodges, 2003).

이와 관련하여, 스쿼트 동작 중 웨이트 벨트 사용이 불필요한 부위에 체중이 과도하게 편중되는 것을 막아주어, 선수뿐만 아니라 일반인에게도 스쿼트 운동 시 올바른 자세 유지와 부상 예방에 도움을 줄 수 있다고 보고하였다(이정기, 2016). 그러나 다른 연구에서는 웨이트 벨트로 인한 복압 증가가 척추를 지지하는 복부와 허리 심층 근육의 역할을 대신하여 벨트 제거 후 허리 근육의 약화를 초래할 수 있다고 지적하였다(Ciriello & Snook, 1995). 또한, 복압 증가로 인해 고혈압, 협심증, 심부전 등 심혈관 질환자에게 부정적인 영향을 줄 수 있다는 우려도 있다. 예를 들어, 고혈압 환자가 저항 운동 시 숨을 참는 호흡법으로 인해 상승된 복압은 극도로 높은 혈압 반응, 어지럼증, 심지어 실신으로 이어질 수 있다(ACSM, 2022). 또, 중량 스쿼트를 수행할 때 발살바 호흡 기법(valsalva maneuver)이 흉강 내압을 상승시키며 대뇌 동맥을 압박하여 지주막하 출혈 위험을 증가시킬 수 있다는 보고도 있다(Matsuyama, Okuchi, Seki, Higuchi, & Murao, 2006).

이에 따라 웨이트 벨트 착용 시 나타나는 혈역학적 반응과 심근 부담률의 변화가 운동 강도에 따라 어떻게 달라지는지를 탐구하는 연구의 필요성이 더욱 강조되고 있다. 아직 웨이트 벨트에 대한 긍정적 평가와 부정적 평가가 양립하고 있으며, 웨이트 벨트 착용이 엘리트 운동선수뿐만 아니라 생활체육에 참여하는 일반인들 또한 자주 사용하는 장비이기에 정확한 벨트 착용 시의 효과를 규명할 필요가 있다고 강조하였다(권영서, 2023).

운동 중 심박수와 수축기 혈압의 상승은 심근부담률에 직접적인 영향을 미친다(이종호, 2005). 특히, 중량 운동에서 1RM의 60%와 80% 강도에 따라 심박수와 혈압 반응이 달라졌으며 복합 운동인 데드리프트와 스쿼트에서는 혈압 반응이 높아져 심근부담률이 증가하였다. 특히, 높은 수축기 혈압이 주요 원인으로 작용하며, 고혈압 환자나 심혈관 질환자는 운동 강도 설정에 제한이 필요하다고 보고하였다(권만근, 김영주, 2017).

이와 더불어, 웨이트 벨트가 근육 활성화에 미치는 영향을 다룬 연구들은 상이한 결과를 보였다. 같은 강도에서 웨이트 벨트를 착용했을 때 외측광근(vastus lateralis)과 대퇴이두근(biceps femoris)의 근활성도가 증가한다고 보고하였고(Lander, Hundley, & Simonton, 1992), 다른 선행 연구에서는 대둔근(gluteus maximus)의 근활성도가 감소한다고 보고하였다(Evans et al., 2019). 반면, 1RM의 90% 강도로 수행한 스쿼트에서 웨이트 벨트 착용 여부가 대퇴직근, 대둔근, 내전근, 척추기립근 등 주요 근육군의 근전도(EMG) 활동에 유의한 차이를 미치지 않았다고 보고한 연구도 있다(Zink et al., 2001).

이와 같이 여러 선행 연구들이 스쿼트와 관련된 다양한 측면을 다루고 있지만, 근육 활성화에 관한 연구들은 상이한 결과를 보이고 있어, 웨이트 벨트 착용이 혈역학적 반응과 근육 활성도에 미치는 영향을 명확히 규명한 연구는 여전히 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 1RM의 60%와 80% 중량으로 스쿼트를 실시할 때, 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근육의 근활성도와 웨이트 벨트로 인해 가해지는 복부의 압력, 운동 자각도, 심근부담률을 측정하고, 그 차이를 분석함으로써 웨이트 벨트를 착용하였을 때 나타나는 효과를 비교하는 것에 목적이 있다. 이를 통해 웨이트 벨트의 장·단점을 비교하여 신체에 미치는 영향을 명확히 하고, 향후 올바른 운동 처방에 기여할 수 있는 기초 자료를 제공할 것이다.

2. 연구목적

본 연구는 규칙적인 웨이트 트레이닝을 하는 신체 건강한 20대 남성 11명을 표집하여, 1RM의 60%와 80% 중량으로 스쿼트를 실시할 때 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근육의 근활성도와 웨이트 벨트로 인해 가해지는 복부의 압력, 운동 자각도, 심근부담률을 측정하고 그 차이를 분석함으로써, 웨이트 벨트를 착용할 때 나타나는 효과를 비교하여 웨이트 벨트 착용의 장단점을 규명하는 데 목적이 있다.

3. 가설

본 연구는 중량(1RM의 60%, 80%) 스쿼트 운동 중 웨이트 벨트 착용 전·후에 하지 근육의 근활성도와 혈역학적 반응, 운동자각도, 벨트의 복부 압력에 어떠한 영향을 미치는지 비교분석하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

1) 1RM의 60% 강도로 스쿼트를 수행할 때 웨이트 벨트를 착용하면 비착용시보다 하지 근육의 근활성도가 증가할 것이다.

2) 1RM의 60% 강도로 스쿼트를 수행할 때 웨이트 벨트를 착용하면 비착용시보다 심근부담률이 증가할 것이다.

3) 1RM의 60% 강도로 스쿼트를 수행할 때 웨이트 벨트를 착용하면 비착용시보다 운동자각도가 낮아질 것이다.

4) 1RM의 80% 강도로 스쿼트를 수행할 때 웨이트 벨트를 착용하면 비착용시보다 하지 근육의 근활성도가 증가할 것이다.

5) 1RM의 80% 강도로 스쿼트를 수행할 때 웨이트 벨트를 착용하면 비착용시보다 심근부담률이 증가할 것이다.

6) 1RM의 80% 강도로 스쿼트를 수행할 때 웨이트 벨트를 착용하면 비착용시보다 운동자각도가 낮아질 것이다.

4. 연구의 제한점

1) 실험에 사용된 근육은 하지근육 중 오른쪽 근육으로(대퇴직근,내측광근, 외측광근, 대둔근, 대퇴이두의 장두근, 반건양근) 제한하였다.

2) 연구대상자의 심리적, 생리적 요인은 완전하게 통제하지 못하였다.

3) 본 연구의 참여자 수는 11명으로, 결과의 일반화 가능성이 낮아질 수 있다. 이는 특정 집단의 특성을 반영할 수 있지만, 더 넓은 인구 집단에 대한 적용에는 주의가 필요하다.

4) 본 연구의 연구대상자들의 운동 경력이 다양하여 스쿼트 숙련도가 개인별로 차이를 보였고, 동일한 상대 강도를 적용하더라도 개인의 수행 능력 차이를 고려하는 데 한계가 있었다.

4) 웨이트 벨트는 현재 시중에서 널리 사용되는 벨트로 동일 적용하였다. 웨이트 벨트는 종류와 디자인에 따라 차이가 있어, 본 연구 결과를 다른 웨이트 벨트에 일반화할 수 없다.

5. 용어의 정의

1) 1RM(1 repetition maximum)

1RM은 최대반복횟수라고 하며, 운동 동작을 1회 수행할 수 있는 최대 중량을 말한다.

2) 스쿼트(squat)

스쿼트는 양발을 어깨 넓이로 벌리고 서서, 고관절, 슬관절, 발목관절을 이용하여 앉았다가 일어서는 복합관절 운동이다(박한솔, 2016).

3) 근전도(electromyogram, EMG)

신체의 움직임을 주관하는 골격근의 수축 정도를 정량화하기 위한 방법. 뇌의 자극에 따라 근수축이 일어나는 동안 근육을 구성하는 근섬유막의 생리적 변화에 의해 이온교환이 발생하며, 이때 미세한 전위차가 발생하는데 이 전위의 차이를 전극으로 감지하여 증폭하고 기록하며 그것의 분석을 다루는 전기적 검사 기법이다(김태완 외, 2013).

4) 표면전극(surface electrode)

피부 이에 전극을 위치시키고 피부 아래 위치한 근육의 활동을 측정하는 방법이다.

5) 웨이트 벨트(weight belt)

웨이트 트레이닝에서 주로 중량 운동, 특히 스쿼트와 데드리프트 같은 다관절 운동을 수행할 때 사용하는 장비이다. 허리에 둘러 척추를 지지하고 복강 내 압력을 쉽게 잡을 수 있게 도와주는 보조 운동기구이다.

6) 복강 내 압력(intra-abdominal pressure, IAP)

복부 내의 압력을 의미하며, 복부 근육, 횡격막, 골반저 근육 등의 협동 작용에 의해 생성된다. 이는 주로 척추의 안정성 유지, 체중 지지, 그리고 외부 힘으로부터 내부 장기를 보호하는 데 중요한 역할을 한다.

7) 운동자각도(ratings of perceived exertion, RPE)

Borg의 운동 자각도(Rating of Perceived Exertion, RPE)는 운동 중 느끼는 주관적 느낌을 척도화 한 도구로, 개인의 주관적 판단을 바탕으로 운동 강도를 숫자로 나타낸다. 6~20까지로 구성된 총 15단계의 범주 척도를 나타내며, 6단계가 인지하지 못하는 수준의 아주 편안한 상태이며, 20단계에 가까울수록 극도로 힘든 상태를 의미한다(Borg, 1970).

Ⅱ. 이론적 배경

1. 스쿼트(Squat)

웨이트 트레이닝은 골격근을 자극시켜 상체와 하체의 균형을 향상시키고 근육의 발달이 미비했던 부위를 보완 및 강화하는 대표적인 무산소성 운동이다. 덤벨이나 바벨과 같은 다양한 웨이트 기구를 활용하여 수행한다(신희철, 2004).

웨이트트레이닝 중 하지근의 발달을 위한 운동에는 카프레이즈(calf raise), 레그 익스텐션(leg extension), 레그 레이즈(leg raise), 레그 컬(leg curl), 레그 어덕션(leg adduction), 레그 프레스(leg press) 및 스쿼트(squat) 등이 많이 활용되고 있으며, 그중 가장 대표적인 운동으로 스쿼트 운동을 들 수 있다(원효헌 외, 2013).

스쿼트 운동은 닫힌사슬운동(closed-chain exercise) 중 대표적인 운동으로 닫힌사슬 근력강화 운동은 열린사슬 근력강화운동보다 무릎관절의 인대에 전방 이동으로 인한 전단력을 덜 일으키므로 전방 십자인대와 같은 조직의 치유를 위해서 더 빨리 적용할 수 있다(김현희, & 송창호, 2010).

스쿼트는 운동 및 일상생활에서 볼 수 있는 다양한 기능적인 동작들과 직접적인 연관성이 있으며(Clark, Lambert & Hunter, 2012), 신체가 다룰 수 있는 가장 무거운 중량을 이용하는 운동 중 하나로 골밀도, 인대, 건을 강화하면서 엉덩이, 대퇴, 몸통 근육을 효과적으로 단련한다(김민정, 2019). 또, 일상생활에서도 빈번하게 사용되고 있기 때문에 건강을 유지하기 위한 매우 중요한 동작이라 할 수 있다(Hemmerich et al., 2006).

스쿼트 운동 시 자세는 시선은 전방을 향하고 자신에게 적합한 중량의 바

벨을 정한 후 다리를 어깨 넓이보다 약간 크게 벌린 후 발은 십일자로 두고 바벨을 어깨 위에 올려 가슴과 허리를 편 상태를 유지한 다음 무릎 아래 부분과 허벅지가 서로 직각을 이룰 때까지 앉았다가 서서히 일어선다. 호흡은 앉을 때 숨을 들이마시고, 일어설 때 숨을 내쉬어야 한다(채원식, 정현경, 장재익, 2007).

스쿼트를 통해 주요하게 활성화되는 부위는 중둔근(gluteus medius), 대둔근(gluteus maximus), 대퇴이두근(biceps femoris), 대퇴직근(rectus femoris), 중간광근(vastus intermedius), 외측광근(vastus lateralis), 내측광근(vastus medialis) 등이 있다(나영철, 2013). 스쿼트 운동 중 관절을 굽혀 내려갈 때는 신장성 수축(eccentric contraction)이 발생하고, 올라갈 때는 단축성 수축(concentric contraction)이 이루어진다. 이 과정에서 척추기립근, 대퇴사두근, 대둔근, 대퇴이두근, 비복근, 복근 등의 순서로 근육이 활성화된다(Lee, Moon, & Eun, 2011).

스쿼트는 하지의 근기능 향상을 위해 실시되어 온 전통적인 트레이닝 자세 중의 하나로, 단일 동작으로 여러 하지 근육을 강화시킬 수 있다. 이외에도 다양한 물리적 외적 부하를 가함으로써 운동의 효과를 극대화 시킬 수 있으며 이를 위한 다양한 대상에 대한 도구와 자세가 적용되고 있다(Lam, Liao, Kwok, & Pang, 2018).

스쿼트 운동은 방법에 따라 동작의 변화 및 관절의 하중 배분이 달라지며(Lee et al., 2011), 앉는 높이에 따라 하프 스쿼트(half squat), 패러럴 스쿼트(parallel squat), 풀 스쿼트(full squat)로 구분되며(이상우, 2008), 이러한 기본적인 형태 외에도 바벨 스쿼트의 다양한 변형이 존재한다.

바벨을 전면 삼각근과 쇄골 위에 위치시켜 수행하는 프론트 스쿼트는 전반적 근육 단련이 목적인 경우 효과적이며, 바벨을 승모근과 후면 삼각근에 위치시켜 수행하는 백 스쿼트는 상체의 안정성 및 대퇴사두근의 단련에 효

과적이다(Lee et al., 2011).

프론트 스쿼트와 백 스쿼트는 각기 다른 생리적 영향을 미치는 하체 근력 운동으로, 개인의 특성에 따라 적절한 선택이 필요하다. 프론트 스쿼트는 요추에 가해지는 압박력이 낮아 허리 통증이 있는 환자나 웨이트 트레이닝을 즐기는 성인에게 효과적이며, 요추의 불안정성, 협착증, 전만증, 추간판 탈출증 등의 허리 질환을 가진 개인에게 안전한 운동 방법으로 제시된다. 반면, 백 스쿼트는 척추기립근의 작용을 강화하여 요추 후만증이나 기립근 약화를 겪는 환자에게 유리하게 작용할 수 있다. 따라서, 각 운동의 특성과 환자의 상태를 고려하여 적절한 훈련 방법을 선택하는 것이 중요하다(김태문, 2021).

동작을 수행하는 동안 상체의 자세를 조절하기 위해 복직근, 척추기립근과 같은 체간 지지 근육계가 등척성 보조적 개입을 하게 된다(Schoenfeld, 2010). 하지만 무거운 중량으로 수행할 경우 몸통이 전방으로 기울어져 안정성에 영향을 줄 수 있으며(Sato, Fortenbaugh, & Hydock, 2012), 이로 인해 등뼈 및 허리뼈 부위에 역학적 스트레스가 유발된다(Aasa et al., 2022). 따라서 운동 상해를 최소화하기 위해서는 올바른 자세로 운동을 실시해야 하며, 특히 안정성을 확보하고 관절가동범위(range of motion, ROM)의 안정화를 위해 면밀한 자세 지도가 매우 필요하다(조중연, 2024).

2. 근전도(electromyogram, EMG)

인체는 심장에서 기인하는 심전도(electrocardiogram, ECG), 뇌에서 기인하는 뇌전도(electroencephalogram, EEG), 근육의 활동에서 기인하는 근전도(electromyogram, EMG)등 여러 가지 전기적 생체 신호를 발생시킨다. 이 중에서 근전도는 신체의 움직임을 주관하는 골격근의 수축 정도를 정량화하기 위한 방법으로 근전도 분석은 인체 근육의 수축 활동에 관한 연구의 효과적인 도구로서 적극적으로 활용되고 있다(김태완 외., 2013).

근전도는 근육의 수축에 의해 발생하는 전기적 활동을 반영한다. 근육 피로도가 증가하면, 더 많은 운동 단위들이 동원되어 근전도의 진폭이 커진다. 이는 근육의 수축 강도가 높아질수록 전기적 신호 활동이 증가하기 때문이다(김기홍 등, 2018). 근육이 수축할 때 처음에는 적은 수의 운동 단위들이 동원되지만, 더 큰 힘을 필요로 하는 경우에는 동원되는 운동 단위의 수가 증가하고, 이에 따라 근육이 발휘하는 힘의 크기도 커진다(Winter, 1990).

근육 수축을 위한 신경 전달 과정은 대뇌의 신경세포가 흥분하면서 시작된다. 이 신호는 뇌간 및 척수로 전달되어 개재 뉴런을 통해 운동 뉴런에 전달된다. 운동 신경 말단에서는 아세틸콜린을 통해 신경근접합부에서 화학적 신호 전달이 이루어지고, 이를 통해 근섬유에 활동 전위가 발생하여 근육이 수축한다(구성자, 2015). 근섬유의 활동 전위는 매우 미약하므로, 이를 전기 신호로 증폭하여 기록한 것이 바로 근전도이다. 근전도는 각 운동 단위(motor unit)에서 발생하는 활동 전위의 합으로 나타내며, 이를 통해 근육의 활동을 평가할 수 있다(이성도, 2010).

근육은 수분으로 구성되어 있기 때문에 항상 미세한 전류가 흐르고 있으며, 침이나 전극을 통해 측정되어 기록된 후 모니터 상에서 관찰된다(임형엽, 2024). 근전도를 측정하기 위해 사용하는 전극은 주로 표면전극(surface

electrode)과 삽입전극(fine wire electrode/needle electrode)으로 나뉜다. 삽입전극은 근육에 직접 삽입하여 개별 운동 단위의 활동을 모니터링하는 데 사용되며, 임상 연구의 정적 분석에 적합하다.(김태완 외, 2013).

반면, 표면전극은 비침습적인 방법으로, 삽입전극보다 다른 근육에서 발생하는 교차잡음의 영향을 받을 수 있고 심부 근육의 활동을 측정하기 어렵다는 단점이 있지만, 측정으로 인한 통증이 없고 누구나 쉽고 빠르게 사용이 가능한 장점이 있어 운동 분석과 재활 분야에서 일반적으로 많이 쓰인다(Day, 2002; 김태완 외, 2013). 이러한 교차잡음을 최소화하기 위해서는 근전도를 측정하고자 하는 근육의 근섬유가 많이 모인 곳에 근섬유의 길이 방향에 맞추어 고정하는 것이 중요하다(De Luca, 1997).

표면 근전도 신호 기록과 관련하여 운동단위 활동전위의 진폭은 여러 요인에 따라 달라진다. 근섬유의 직경, 활성 근섬유와 지방 조직 두께와 같은 감지 부위 사이의 거리 및 전극의 필터링 특성 등이 그 요인에 포함된다(Rash & Quesada, 2003). 이런 다양한 요인에 의해 영향을 받는 신호는 원시 표면근전도 신호로 나타나며, 이는 처리되지 않은 운동 단위 동작 전위가 증폭되어 시각적으로 나타나는 형태로, 근전도 활동에 대한 기본적인 정보를 포함하고 있다. 이 신호를 활용하여 근전도 활동의 시간적 특징과 진폭을 정성적으로 분석하고, 특정 동작에서 주요 동력근과 협동근의 근육 활동 시간 및 반응 시간을 판단할 수 있다. 이후, 원시 근전도 신호는 전류를 정류하고 평활화하여, 이후 정량적 분석과 계산의 기초로 활용된다(황치홍, 2024).

근전도 신호의 정량화 분석에는 다양한 기법들이 사용된다. 대표적인 분석기법은 선행 포락선(linear envelope), 적분(integration), RMS(root mean square), f mean(MPF;mean power frequency), frequency spectrum 등이 있다(Le Veau & Andersson, 1992). 이러한 기법들은 근전도 신호의 시간적

x특성과 주파수 분석을 통해 근육의 활동을 정량적으로 평가하는데 중요한 역할을 한다.

최근에는 삼차원 운동 분석 시스템과 동적 근전도 분석 방법을 결합한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 하체 근육의 활동을 정량적으로 분석하는 추세가 증가하고 있다. 운동학적 분석과 운동역학적 분석을 활용한 연구들이 활발히 진행되며, 주파수 분석 및 RMS와 같은 다양한 근전도 분석 기법들이 적용되고 있다(김민정, 2019).

근전도 분석은 근육의 활성화 정도를 평가하고, 운동 성능 및 근육 피로도를 분석하는 중요한 도구로 활용되고 있다. 웨이트 벨트 착용은 스쿼트와 같은 하체 운동에서 코어 안정성 및 힘 발휘에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수로, 이러한 변화가 근육 활성화에 미치는 영향을 근전도 분석을 통해 보다 정확하게 이해할 수 있다.

3. 심근부담률(rate pressure product, RPP)

심근부담률은 심장에 가해지는 부담의 정도를 나타내는 지표로, 심박출량을 직접적으로 측정하기 어려운 경우 비침습적 절차를 통해 쉽게 적용할 수 있다. 이 지표는 심장 근육의 산소 소모량을 간접적으로 측정할 수 있게 해주며, 이를 통해 심근의 산소 섭취량과 운동 강도 및 심장 건강 상태를 평가할 수 있다(Jorgensen et al., 1973; 김은경, 2001).

심근부담률은 주로 심박수(heart rate, HR)와 수축기 혈압(systolic blood pressure, SBP)을 곱하여 산출되는데, 운동 중 심박수와 수축기 혈압은 밀접하게 연결되어 있으며, 두 값이 동시에 증가하면서 심근부담률이 증가한다(Gobel et al., 1978).

심박수는 심장의 수축 빈도를 나타내며, 운동 시 근육의 산소 요구량이 증가함에 따라 심박수도 비례하여 증가한다. 이는 심장에 가해지는 부담의 정도를 나타내는 중요한 지표로 사용된다(권양기 등, 2001). 운동 시작 후, 심박수가 급격히 상승하는 이유는 활동하는 근육과 관절 부위의 수용체들이 신경 반사를 일으키기 때문이다. 이 반사는 심장 운동 중추에 영향을 미쳐 미주신경을 억제하고, 그 결과 심박수가 증가하게 된다(정일규, 윤진환, 2005). 또한, 심박수의 초기 증가는 기계적 근육 수축과 환류되는 정맥혈에 의해 유발되며, 경동맥 또는 대동맥에서 화학적 수용기 반사도 심박수 상승에 중요한 역할을 한다(엄규환, 1988). 운동 후 심박수가 안정 상태로 빠르게 회복되는 것은 개인의 심장 지구성과 기능 상태를 객관적으로 평가할 수 있는 중요한 지표로, 이는 향후 운동 수행 능력과 관련이 있다(김선호, 1995). 성인 남성의 안정 시 심박수는 약 65~75회, 성인 여성은 70~80회로 보고된다(구근회, 2018).

혈압(blood pressure, BP)은 혈관 내에서 혈액이 혈관 벽을 밀어내는 압력

으로, 심근 부담의 주요 원인 중 하나인 수축기 혈압(systolic blood pressure, SBP)은 심장이 수축할 때 대동맥에 가해지는 최대 압력을 의미하고, 이완기 혈압(diastolic blood pressure, DBP)은 심장이 이완할 때 혈압이 최저치를 기록하는 값을 의미한다. 혈압 상승의 주요 원인은 심박출량의 증가로, 운동 시 활동하는 근육의 혈관이 확장되면서 동맥혈에 대한 저항이 감소하고, 비활동성 조직에서는 혈관이 수축하여 저항이 증가한다(오수찬, 2023). 혈압은 교감신경계에서 일시적으로 조절되며, 신장의 레닌-안지오텐신-알도스테론계를 통해 장기적으로 조절된다. 이 시스템은 혈액량을 조절하여 혈압을 유지하는 중요한 역할을 한다(Courneya & Parker, 2011). 운동 중에는 골격근 수축과 심박출량 증가 등 여러 생리적 메커니즘에 의해 수축기 혈압과 심박수가 증가한다. 반면, 이완기 혈압은 변화하지 않거나 말초혈관의 확장에 의해 약간 감소할 수 있다(Powers, Howley, & Quindry, 2007). 일반적으로 건강한 사람의 혈압은 JNC 기준 수축기 혈압 120mmHg 미만, 이완기 혈압 80mmHg 미만이다(Chobanian, 2003).

운동 중에는 심박수와 수축기 혈압이 증가함에 따라 심근부담률도 함께 증가한다(이종호, 2005). 무리한 운동 시 심박수와 수축기 혈압이 상승하면서 심장에 부담을 주며, 심근부담률 역시 증가한다. 운동 중 심근부담률은 평소보다 약 4배인 1,000ml/min로 증가하며, 안정 시에는 약 250ml/min로 동맥혈의 70%를 소비한다. 또한 심근부담률은 심실의 크기, 용적, 수축 시간, 관상동맥 혈류, 수축기 혈압, 심박수 등이 복합적으로 영향을 미친다(오수찬, 2023). 운동 시 과도한 수축기 혈압 상승과 심박수 상승은 심장질환자에게 위험한 신호가 될 수 있으며, 마찬가지로 지나치게 증가한 심근부담률 역시 질환자의 위험 수준을 나타내는 중요한 지표로 작용할 수 있다(김은경, 2001).

4. 복강 내 압력(intra-abdominal pressure, IAP)

복강 내압은 복강 내의 정상 상태의 압력으로, 복벽과 내장 간의 상호작용으로 발생한다(Milanesi & Caregnato, 2016). 이 과정은 고부하 전략으로 반사적인 발살바(valsalva) 호흡을 통해 수의적으로 복강 내 압력을 증가시키는 방식으로도 설명된다. 이때 성문을 닫고 복근을 강하게 수축시키면 수직적인 압력이 발생하며, 횡격막은 위로 밀리고 골반 격막은 아래로 밀려 몸통을 안정시키는 효과를 낸다(Neumann, 2002).

복강 내 압력 생성에 중요한 역할을 하는 근육들은 국소근육과 대근육으로 구분된다(Panjabi, 2003). 국소근육은 배가로근, 배속빗근, 뭇갈래근 등을 포함하며, 이들은 척추분절에 직접적인 안정성을 제공하고 동적인 움직임에서 자세를 유지하는 데 중요한 역할을 한다(Moseley, Hodges & Gandevia, 2002). 대근육은 배곧은근, 배바깥빗근, 엉덩갈비근 등이 있으며, 척추에 직접 부착되지 않지만 몸통의 큰 회전력을 발생시켜 전반적인 몸통 안정성을 제공한다(McGill, 2001).

복부와 요부를 강화하는 운동은 척추 주위의 근육들과 몸통의 안정화를 활성화하는 데 중요한 역할을 한다(Akuthota, Nadler, 2004). 또한, 부하를 받는 동안 흡기 후 숨을 멈추면 더 높은 수준의 IAP와 척추 안정성이 생성되지만, 규칙적인 호흡을 유지하면 더 효율적이고 최적화된 IAP 수준을 유지할 수 있어 과도한 척추 압박 위험을 줄일 수 있다(Beales et al., 2010). 몸통이 불안정해지면 대근육이 우선적으로 활성화되며, 이로 인해 국소근육의 기능이 약화되고 척추의 중립 위치가 변화할 수 있다. 이러한 변화는 결국 다른 근골격계 질환을 초래할 수 있기 때문에, 몸통의 안정화 조절은 모든 자세와 움직임의 기본이 된다(Ryerson & Levit, 1997).

횡경막(diaphragm)과 복부 근육(abdominal muscles), 골반저근(pelvic

floor muscles)은 복강 내 압력을 증가시키는 중요한 역할을 한다. 횡경막은 내부 압력 변화를 조절하며, 흉부, 복부, 골반을 포함하는 공간의 압력을 적절하게 조절한다. 이를 통해 호흡과 자세 조절뿐만 아니라 다양한 생리적 기능에 기여한다(Key, 2013). 복부 근육은 호흡에 중요한 역할을 하고 특히, 외복사근(external oblique)은 복압을 증가시켜 몸통의 안정성을 제공하며 복부를 단단한 원통처럼 지지하는 역할을 한다(Perri, 2007). 또한, 골반저근은 복부와 골반의 안정성을 유지하고 내장 기관을 보호하는 데 중요한 역할을 한다(Sapsford & Hodges, 2001). IAP는 횡격막, 복횡근, 골반저근의 활동 수준과 타이밍이 잘 균형을 이루는 상태에서 최적화된다. 그러나 이 중 어느 한 요소가 과도하게 활성화되거나 비활성화되면, 균형 잡힌 협응 패턴이 깨지게 되어 자세, 호흡, 배변 조절 등 다양한 기능에서 최적의 제어를 상실하게 된다(Key, 2013).

웨이트 벨트는 주로 최대 하중에 가까운 고중량 운동에서 사용되며(권영서, 2023), 복강 내압을 증가시켜 척추에 가해지는 압박력(compressive force)과 전단력(shear force)을 감소시킨다. 이를 통해 척추에 가해지는 압력을 조절하면서 고유수용성 감각을 강화할 수 있으며, 근 피로도가 감소하고 요부의 안정성이 향상된다. 또한, 복부 내 압력이 충분히 증가하게 되어 전체적인 신체 안정성에 중요한 역할을 한다(Calmels, Fayolle-Minon, 1996).

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상은 수도권에 거주하는 20대 남성 11명으로 선정하였으며, 최근 1년간 근골격계 상해가 없고 최소 지난 1년간 규칙적인 저항 운동을 수행한 참여자들로 구성하였다.

연구대상자 제외 기준은 다음과 같다. 하지 관절에 통증이 있거나 6개월 내에 수술 병력이 있는 자, 1년 이내에 흉·요부, 하지 관절에 외과적 진단을 받은 자, 실험 참여가 불가능할 정도로 정신적 문제가 있거나 인지적 능력이 떨어지는 자로 하였다. 실험 전 연구의 목적 및 실험 절차를 설명하였고 자발적으로 동의서에 서명한 후 실험을 실시하였다.

본 연구는 사전에 성신여자대학교 생명 윤리 위원회의 승인 (승인번호 : SSWUIRB-2024-006)을 받은 후 시행되었다.

연구 대상자의 일반적 특성은 <표 1>에 나타난 바와 같다.

표 1. 연구 대상자 일반적 특성

구분	나이(yr)	신장(cm)	체중(kg)	BMI (kg/m^2)	1-RM(kg)
남자 (n=11)	26.7±1.0	175.7±5.7	76.6±7.5	24.8±2.2	105.1±30.5

M±SD

2. 실험도구

표 2. 실험도구

측정항목	모델	제조사
근전도 분석	Noraxon Telemyo DTS	Noraxon(USA)
신장, 체중, BMI	GM-1000	NEOGMTECH(KOREA)
웨이트 벨트	Harbinger Foam Core Belt	IMPLUS LLC
혈압계	HEM-7142T2	Omron
심박수	Apple watch se2 MRE13KH/A	Apple Inc.
벨트 내 압력	Stabilizer	Chattanooga Group Inc(USA)
운동자각도	Borg scale(6~20단계)	

3. 연구 절차

본 연구의 절차는 <그림 1>에 나타난 바와 같다.

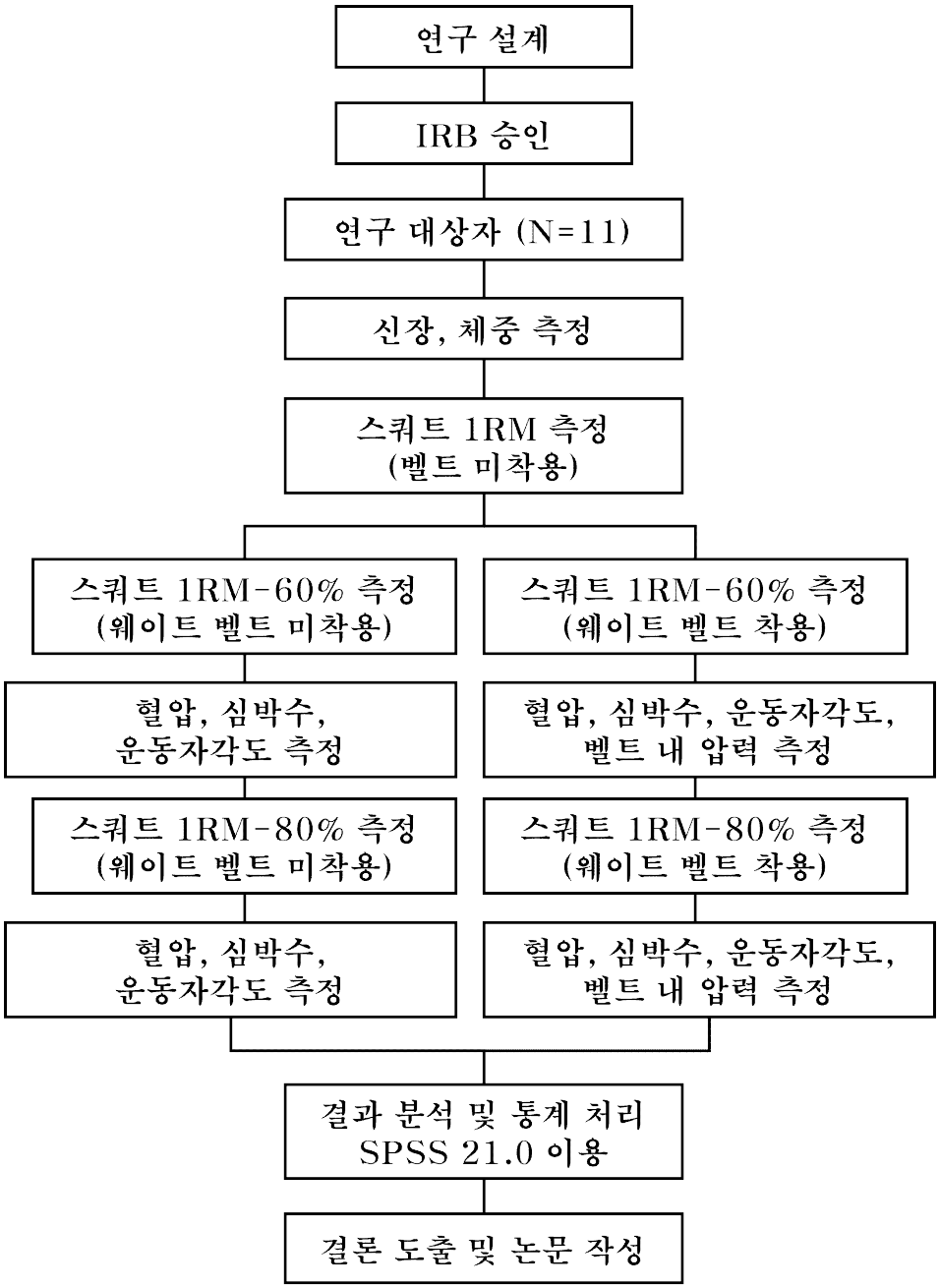

그림 1. 연구 절차

4. 연구 기간

표 3. 연구 기간

연구 절차	연구 기간
연구 주제 선정 및 참고문헌 조사	2024.03~2024.07
성신여자대학교 IRB 승인	2024.02~2024.08
연구 대상자 설정	2024.07~2024.07
연구 대상자 측정	2024.08~2024.08
결과 분석 및 통계 처리	2024.09~2024.10
결론 도출 및 논문 작성	2024.10~2024.11

5. 실험 과정

1) 실험 절차

본 실험은 신체 건강한 20대 성인 남성 11명을 대상으로 진행되었으며, 연구 내용과 목적을 충분히 설명한 후 자발적으로 동의한 참여자에 한하여 진행되었다. 총 2주 동안, 7일 간격으로 1차 및 2차 측정을 실시하였다.

1차 측정에서는 실험 설명과 동의서 작성을 한 후 신장과 체중을 측정하고, 10~20분간 준비운동을 한 뒤 1RM(1회 최대 중량) 측정을 실시하였다.

2차 측정에서는 1RM의 50% 이하의 중량 스쿼트로 준비운동을 진행하고, 근전도 전극을 부착한 후 1RM의 60% 스쿼트를 웨이트 벨트를 미착용한 상태에서 10회 수행하였다. 이후 10분 이상의 휴식 후 웨이트 벨트를 착용하고 동일한 중량과 개수로 두 번째 측정을 하였다. 다시 10분 이상 휴식 후에는 웨이트 벨트를 미착용한 상태에서 1RM의 80%로 스쿼트를 5회 수행하고, 마지막으로 웨이트 벨트를 착용한 후 재측정을 하였다.

심박수와 혈압은 각 세트가 끝난 직후 즉시 측정하였으며, 대상자는 의자에 앉힌 후 측정하였다. 운동 자각도는 각 세트의 마지막 반복을 수행한 직후 대상자에게 질문하여 측정하였고, 벨트 내 압력은 벨트 내부의 대상자 등 부분에 Stabilizer를 위치시킨 후 스쿼트 수행 중 압력이 최대로 올라가는 수치를 기록하였다.

2) 신체검사 : 신장(cm), 체중(kg), BMI(kg/m²)

대상자의 신체적인 특성을 알아보기 위한 검사로서 진행된 신장과 체중의 측정은 GM-1000 신장체중계(NEOGMTECH)을 사용하였으며 신발을 벗고 기계에 올라가 바르게 선 자세를 취한 뒤 시선은 정면을 바라보고 측정하였다. 신장과 체중의 값을 이용하여 BMI 산출 공식에 적용 후 BMI를 산출하였다. 신장, 체중 측정기구는 <그림 2>에 나타난 바와 같다.

그림 2. 실험에 사용된 GM-1000 (NEOGMTECH, KOREA)

3) 1RM 측정

1RM 근력 측정 방법은 다음과 같다. 중량과 횟수를 대입하여 사용하는 Epley Formula 1RM 간접 측정 공식을 이용하여 측정하였다(Epley, B., 1985). 직접 측정을 통해 발생할 수 있는 부상의 위험을 최소화하고, 대상자의 안전과 신뢰성을 확보하기 위함이다. 1RM 측정 과정은 다음과 같다.

(1) 사전 준비 및 웜업

1RM 측정 전, 연구 대상자가 최상의 컨디션에서 측정에 임할 수 있도록 가벼운 스트레칭을 실시하였다. 이후, 스쿼트 동작에 익숙해지도록 빈 바벨(15kg)로 10~12회의 웜업 세트를 수행하도록 하였다. 이때 대상자의 스쿼트 자세가 올바른지 확인하고, 연구자가 필요한 교정을 제공하였다.

(2) 측정 기준

측정 과정에서 웨이트 벨트는 착용하지 않은 상태로 진행되었으며, 동작 수행의 정확성을 유지하기 위해 몇 가지 기준을 설정하였다. 스쿼트 깊이는 대퇴골이 지면과 평행이 되도록 설정하였고, 동작 중 상체가 과도하게 전방으로 기울어지지 않도록 하며, 허리가 둥글게 굽지 않도록 주의하였다. 또한, 무릎이 안쪽으로 몰리지 않도록 하여 부정확한 자세가 발생하지 않도록 하였으며, 연구자는 반복 수행 동안 자세와 호흡을 지속적으로 관찰하여 측정의 신뢰성을 확보하였다.

(3) 1RM 측정 절차

1RM 측정은 다음과 같은 절차에 따라 진행되었다. 첫 번째 세트에서는 연구 대상자가 10회 이상 수행할 수 있는 가벼운 중량으로 시작하였으며, 이를 통해 대상자의 주관적인 피로도(rated perceived exertion, RPE)를 평

가하고 이후 세트의 중량을 조정하였다. 이후 세트에서는 중량을 점진적으로 증가시켜 대상자가 10회 이상 반복할 수 없는 중량을 설정하여 해당 세트를 수행하였다. 세트 간에는 2~3분간의 휴식 시간을 두어 대상자가 근력 회복을 충분히 할 수 있도록 하였다.

(4) 1RM 추정

연구에서는 Epley Formula 공식을 사용하여 1RM을 간접적으로 추정하였다. 자세한 간접 추정식은 <수식 1>에 나타난 바와 같다.

$$1RM = 중량 \times (1 + (0.033 \times 횟수))$$

수식 1. 1RM 산출공식

4) 스쿼트 장비와 수행 자세

본 연구에서는 스쿼트 랙을 이용하여 실험을 진행하였으며, 연구 대상자들의 안전을 확보하기 위해 안전바(safety bar)를 설치하여 진행하였다. 스쿼트 동작은 백 스쿼트(back squat) 자세로 수행하였으며, 바벨은 하이바(high bar) 위치에 놓고, 스쿼트 깊이는 대퇴가 평지와 수평이 될 때까지 하강 할 수 있도록 설정하였다. 스쿼트 장비 및 자세는 <그림 3>에 나타난 바와 같다.

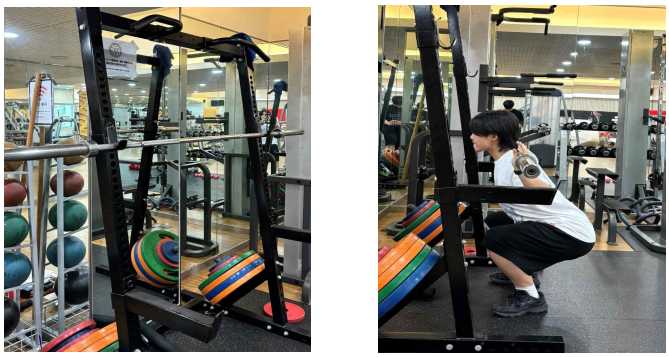

그림 3. 스쿼트 장비 및 수행 자세

5) 근전도(electromyography, EMG)

(1) 전극 부착 및 준비 과정

근전도 측정을 위해 전극이 잘 드러날 수 있도록 반바지를 착용하였고, 측정 시작 전에 피부 저항으로 인한 오차를 줄이기 위해 전극 부착 부위를 제모한 후 알코올로 닦아 각질 제거 및 소독하고(Escamilla & Andrews, 2009), 근섬유의 결에 따라 전극을 부착하였다. 모든 전극과 근전도 장비는 동일한 실험자가 부착하였다.

(2) 부착위치

연구 대상자의 오른쪽 다리의 대퇴직근(rectus femoris), 내측광근(vastus medialis), 외측광근(vastus lateralis), 대퇴이두의 장두근(long head of biceps femoris), 대둔근(gluteus maximus), 반건양근(semitendinosus)에 표면전극을 각각 부착하였다. 전극 부착 위치는 실험 결과에 미치는 기술적 오류를 최소화하기 위해 김태완 외(2013)의 문헌(저서)을 참고하여 부착하였다. 자세한 부착 위치는 <표 4>와 <그림 4>에 나타난 바와 같다.

표 4. 근육별 표면전극 부착 위치

근육명	전극 부착 위치
대퇴직근	하전장골극과 부릎뼈의 중간 지점
내측광근	무릎뼈의 위안각에서 근위로 손가락 4개만큼 떨어진 지점
외측광근	무릎뼈 위에서 대퇴 외측으로 손가락 5개 너비만큼 떨어진 지점
대둔근	대퇴골 대전자와 천골의 중점
반건양근	좌골결절과 내측관절융기의 중간 지점
대퇴이두근-장두	비골두와 좌골결절 사이선의 중점

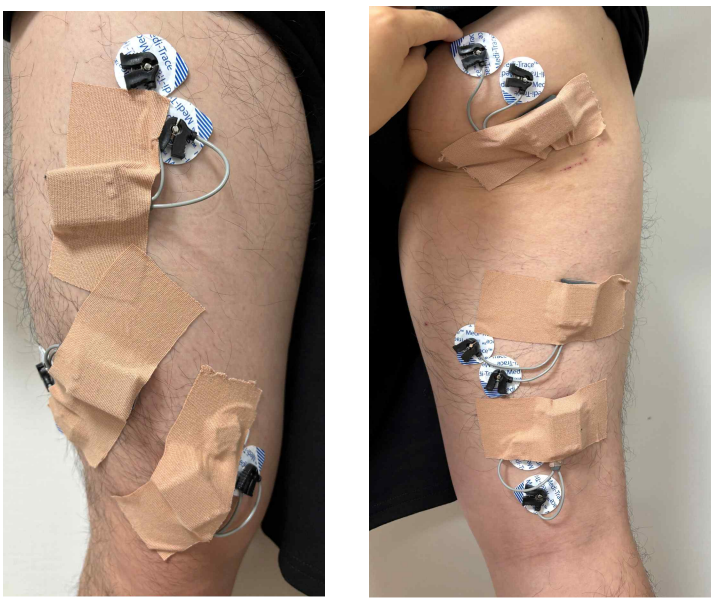

그림 4. 근전도 부착 위치

(3) 근전도 분석

본 연구에서는 Noraxon(USA)사의 Telemyo DTS를 사용하여 근전도 신호를 측정, 분석하였으며 1RM의 60% 중량 스쿼트에서는 10회, 80% 중량 스쿼트에서는 5회 측정하여, 가장 잘 수행된 3동작을 선정하여 측정값의 평균값을 자료 분석에 활용하였다. 실험을 통해 얻은 자료의 분석은 데이터를 얻는 과정에서 전파 정류(full wave rectification)를 실시하여 신호의 음수를 제거하고 모든 신호를 양의 값으로 변환하였다. 이후, 진폭 정규화(amplitude normalization)과정에서 최대값(피크 값을) 기준으로 정규화(normalize to peak value)를 실시하여 상대적인 근육 활성화를 비교하였다. 마지막으로 노이즈를 줄이기 위해 주파수 대역폭을 20Hz~300Hz로 설정하여 필터링(bandpass filter)을 진행하였다. 각 구간의 근전도 신호는 1000ms로 분석하였으며, RMS(root mean square) 값은 100ms를 사용하여 계산하였다.

분석 후 도출된 값은 시각적인 가독성을 높이기 위해 10을 곱하여 표시하였다. 근전도 측정기구는 <그림 5>에 나타난 바와 같다.

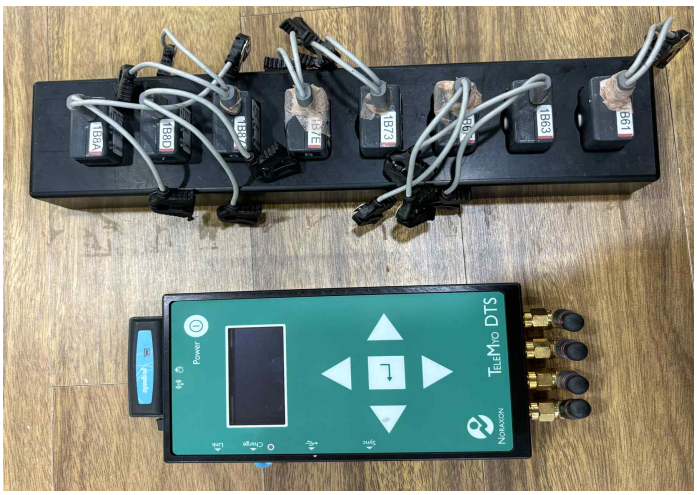

그림 5. 실험에 사용된 Noraxon Telemyo DTS (Noraxon, USA).

6) 운동자각도(rating of perceived exertion, RPE)

운동자각도 측정은 연구 대상자에게 사전 안내를 통해 숙지시킨 후 진행하였으며, 각 세트의 마지막 반복 수행 시 연구 대상자에게 자각도를 질문하여 측정하였다. Borg의 15단계 척도를 이용하였으며(Borg, 1970), 운동자각도 표는 <그림 6>에 나타난 바와 같다.

6	Exertion at all	전혀 힘들지 않다
7	Extremely light	매우 가볍다
8		
9	Very light	아주 가볍다
10		
11	Light	보통이다
12		
13	Somewhat hard	약간 힘들다
14		
15	Hard	힘들다
16		
17	Very hard	아주 힘들다
18		
19	Extremely hard	매우 힘들다
20	Maximal exertion	참기 힘들 정도로 힘들다.

그림 6. Borg의 15단계 척도(Borg, 1970)

7) 심박수(heart rate, HR)

심박수는 스마트 워치의 심박수 기능을 이용해 각 세트가 종료된 직후, 연구 대상자를 의자에 앉힌 뒤 즉시 측정하였다. 연구대상자는 측정 중 움직이거나 말을 하지 않도록 주의하였다. 측정은 표준화된 절차에 따라 동일한 장비를 사용하여 진행하였다. 심박수 측정기구는 <그림 7>에 나타난 바와 같다.

그림 7. 심박수 측정에 사용된 Apple Watch SE2 MRE13KH/A (Apple Inc., USA)

8) 혈압(blood pressure, BP)

혈압은 자동 혈압계를 사용하여 측정하였다. 실험이 끝난 직후, 혈압계의 커프를 팔꿈치가 구부러지는 부분에서 약 3cm 위에 위치시켜 감았다. 커프는 피부에 밀착되도록 착용하되, 손가락이 1~2개 정도 들어갈 수 있을 정도로 여유를 두었다. 연구대상자는 측정 중 움직이거나 말을 하지 않도록 주의하였다. 측정은 표준화된 절차에 따라 동일한 장비를 사용하여 진행하였다. 혈압 측정기구는 <그림 8>에 나타난 바와 같다.

그림 8. 실험에 사용된 혈압계 HEM-7142T2 (Omron, Japan)

9) 심근부담률

심근부담률(RPP)은 산출된 수축기혈압(SBP)과 심박수(HR)의 곱으로 간접 측정하였다. 자세한 계산식은 <수식 2>에 나타난 바와 같다.

$$\text{심근부담도}(\textit{Rate Pressure Product}) = \text{수축기혈압}(\textit{SBP}) \times \text{심박수}(\textit{HR})$$

수식 2. 심근부담률 계산식

10) 웨이트 벨트(weight belt)

본 연구에서는 웨이트 벨트로 Harbinger Foam Core Belt (IMPLUS LLC, USA)를 사용하였다. 이 벨트는 고강도 중량 운동 시 착용자의 허리와 복부를 안정시키는 기능을 제공한다. 벨트를 착용할 때는 호흡을 들이마시고 복부를 살짝 수축시킨 후, 벨트와 배 사이에 손가락 두 개 정도가 들어갈 수 있도록 조절하여 적절한 압박감을 유지한다. 사용된 벨트는 폭 12.7cm, 길이 93cm로, 모든 연구 대상자는 동일한 크기의 벨트를 착용하여 실험을 진행하였다. 벨트 모델은 <그림 9>에 나타난 바와 같다.

그림 9. 실험에 사용된 웨이트 벨트 Harbinger Foam Core Belt (IMPLUS LLC, USA).

11) 웨이트 벨트 내 압력

웨이트 벨트를 착용한 후, 압력 생체 피드백 장치(Stabilizer, Pressure Biofeedback Unit)를 이용하여 벨트 내부의 연구 대상자의 등 부분에 위치시킨 뒤, 기본 압력을 40mmHg로 맞추었다. 이후, 스쿼트 수행 중 압력이 최대로 올라가는 순간을 기록하였다. 자세한 측정기구와 방법은 <그림 10>과 <그림 11>에 나타난 바와 같다.

그림 10. Stabilizer (Chattanooga Group Inc., USA).

그림 11. 연구대상자 등 부분에 압력 생체 피드백 장치(STABILIZER, Pressure Biofeedback Unit)를 위치시킨 사진

6. 자료처리

본 연구의 자료 처리는 SPSS(statistical package for social sciences) ver. 21.0 통계 프로그램을 사용하였다. 11명의 대상자를 선정하였으며, 측정 항목별 차이는 비모수 통계 방법인 윌콕슨 부호 순위 검정(wilcoxon signed rank test)을 통해 분석하였다. 유의도는 $p<0.05$로 설정하였고, 각 측정 항목에 대해 평균(mean)과 표준편차(standard deviation; SD)를 제시하였다. 이를 통해 웨이트 벨트 착용 전·후의 하지 근활성도, 심근부담률, 복부 내압력, 운동 자각도 차이에 대한 기술 통계(descriptive statistics)를 실시하였다. 모든 유의확률은 $p<0.05$로 설정하였다.

Ⅳ. 연구결과

본 연구는 스쿼트 운동 시 중량 변화와 웨이트 벨트 착용 유무가 대퇴직근, 내측광근, 외측광근, 대둔근, 반건양근, 대퇴이두근(장두)의 근육 활성도 및 혈역학적 반응에 미치는 영향을 비교하고, 동시에 심근 부담률, 웨이트 벨트 압력, 운동 자각도 등의 변화를 분석하였다.

1. 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용에 따른 평균 하지근의 근전도 값 비교

1) 1RM의 60% 중량에서 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 평균 하지 근전도 값 비교

각 스쿼트 동작 시 1RM의 60% 강도에서 웨이트 벨트 착용 여부에 따른 근활성도 변화를 비교하였으며, <표 5>과 <그림 12>에서 나타난 바와 같다.

각각의 근육군(착용 전 vs 착용 후)에서 대퇴직근(32.5±5.9 vs 32.5±7.4), 내측광근(40.0 ± 6.4 vs 38.0 ± 6.7), 외측광근(41.0 ± 7.5 vs 42.0 ± 6.9), 대둔근(37.9 ± 5.8 vs 35.6 ± 6.3), 반건양근(48.0 ± 6.8 vs 43.9 ± 9.9), 대퇴이두근(42.4 ± 6.1 vs 39.6 ± 8.5)으로 모든 근육군에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 5. 60% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근전도 평균 비교

구분	1RM-60%		Z (P)
	착용 전 (M±SD)	착용 후 (M±SD)	
대퇴직근	32.5±5.9	32.5±7.4	-.356 .722
내측광근	40.0±6.4	38.0±6.7	-.979 .328
외측광근	41.0±7.5	42.0±6.9	-.978 .328
대둔근	37.9±5.8	35.6±6.3	-1.334 .182
반건양근	48.0±6.8	43.9±9.9	-1.423 .120
대퇴이두근	42.4±6.1	39.6±8.5	-1.557 .120

* : $p<.05$

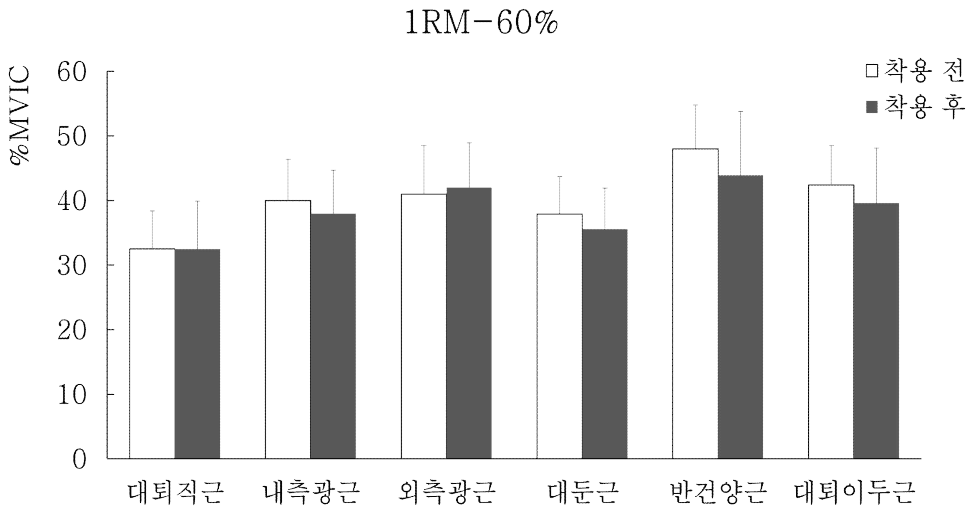

그림 12. 60% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근전도 평균 비교

2) 1RM의 80% 중량에서 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 평균 하지 근전도값 비교

각 스쿼트 동작 시 1RM의 80% 강도에서 웨이트 벨트 착용 여부에 따른 근활성도 변화를 비교하였으며, 그 결과는 <표 6>과 <그림 13>에서 나타난 바와 같다.

각각의 근육군(착용 전 vs 착용 후)에서 대퇴직근(31.3±6.7 vs 32.4±6.4), 내측광근(38.2±7.6 vs 36.8±7.5), 외측광근(40.1±6.1 vs 40.8±7.3), 대둔근(35.2±6.2 vs 37.8±6.5), 반건양근(47.6±5.9 vs 47.2±7.1), 대퇴이두근(41.4±6.7 vs 41.0±7.8)으로 모든 근육군에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 6. 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근전도 평균 비교

구분	1RM-80%		Z (P)
	착용 전 (M±SD)	착용 후 (M±SD)	
대퇴직근	31.3±6.7	32.4±6.4	-1.290 .197
내측광근	38.2±7.6	36.8±7.5	-.178 .859
외측광근	40.1±6.1	40.8±7.3	-.356 .722
대둔근	35.2±6.2	37.8±6.5	-1.867 .062
반건양근	47.6±5.9	47.2±7.1	-.089 .929
대퇴이두근	41.4±6.7	41.0±7.8	-.178 .859

* : $p<.05$

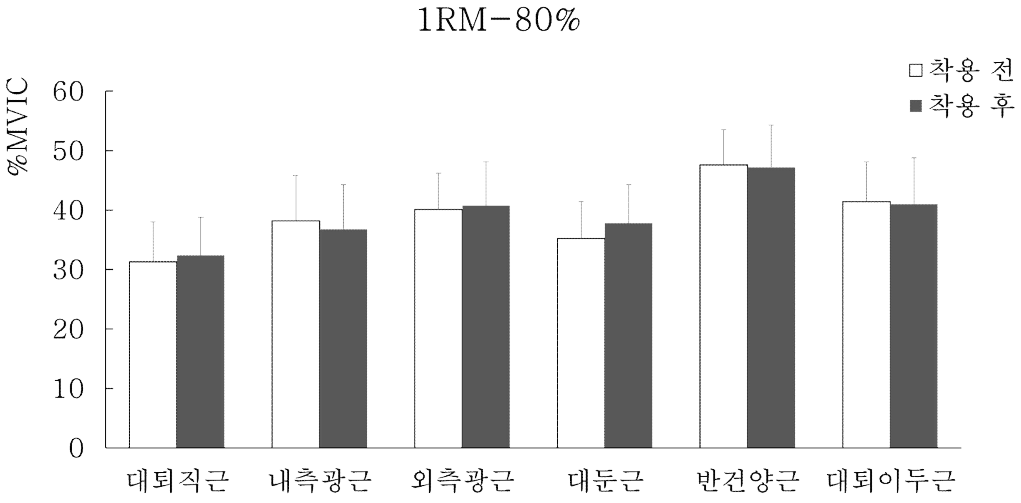

그림 13. 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근전도 평균 비교

2. 스쿼트 동작 시 중량의 변화에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교

1) 1RM의 60%와 80% 중량 스쿼트 시 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교

스쿼트 동작 시 1RM의 60%와 80% 중량에 따른 심박수(HR), 수축기 혈압(SBP), 이완기 혈압(DBP), 심근부담률(RPP)의 평균값을 비교하였으며 결과는 <표 7>과 <그림 14>에 나타난 바와 같다.

심박수는 60% 강도에서 122.3±23.9, 80% 강도에서 134.1±20.5로 증가하였으며 유의한 차이를 나타냈다(p<.01). 수축기 혈압은 60%에서 145.4±15.0, 80%에서 163.0±16.2로 유의하게 증가했다(p<.01). 심근부담률 또한 60%에서 179.3±46.4, 80%에서 219.3±44.3으로 유의하게 증가했다(p<.01). 반면 이완기 혈압은 60%에서 78.9±3.9, 80%에서 79.3±4.8로 큰 변화가 없었고 유의한 차이도 나타나지 않았다.

결과적으로 1RM의 60% 중량에서 80% 중량으로 강도가 증가함에 따라 이완기 혈압을 제외한 심박수, 수축기 혈압, 심근부담률이 유의하게 증가했다.

표 7. 중량별 평균 혈역학 반응 및 심근부담률(RPP) 값의 비교

구분	1RM		Z
	60%	80%	(P)
	(M±SD)	(M±SD)	
HR (beats/min)	122.3±23.9	134.1±20.5	-2.803 .005**
SBP (mmHg)	145.4±15.0	163.0±16.2	-2.937 .003**
DBP (mmHg)	78.9±3.9	79.3±4.8	-987 .323
RPP	179.3±46.4	219.3±44.3	-2.934 .003**

HR; heart rate, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, RPP ; rate pressure product (HR×SBP÷100)

* : $p<.05$ ** : $p<.01$

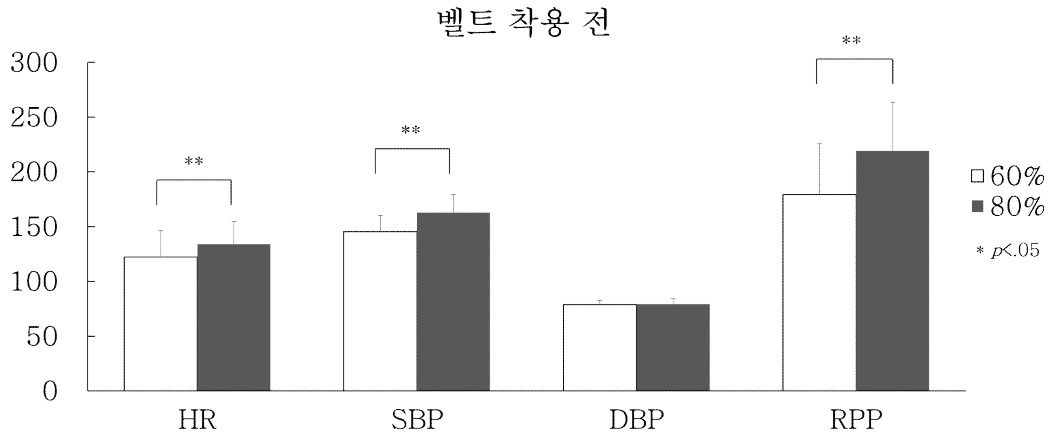

그림 14. 중량별 평균 혈역학 반응 및 심근부담률(RPP) 값의 비교

3. 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용에 따른 심근부담률 값의 비교

1) 1RM의 60% 중량에서 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값 비교

1RM의 60% 강도에서 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 여부에 따른 심박수(HR), 수축기 혈압(SBP), 이완기 혈압(DBP), 심근부담률(RPP)의 평균값의 변화는 <표 8>과 <그림 15>에서 나타난 바와 같다.

각각의 요인(착용 전 vs 착용 후)에서 심박수(122.3±23.9 vs 133.3±23.7)(p<.01), 수축기 혈압(145.4±15.0 vs 154.1±16.7)(p<.01), 이완기 혈압(78.9±3.9 vs 78.2±3.9), 심근부담률(179.3±46.4 vs 206.7±49.0)(p<.01)로 이완기 혈압을 제외한 심박수, 수축기 혈압, 심근부담률에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

표 8. 60% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교

구분	1RM-60%		Z
	착용 전 (M±SD)	착용 후 (M±SD)	(P)
HR (beats/min)	122.3±23.9	133.3±23.7	-2.943 .003**
SBP (mmHg)	145.4±15.0	154.1±16.7	-2.938 .003**
DBP (mmHg)	78.9±3.9	78.2±3.9	-.898 .369
RPP	179.3±46.4	206.7±49.0	-2.934 .003**

HR; heart rate, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, RPP ; rate pressure product (HR×SBP÷100)

* : $p<.05$ ** : $p<.01$

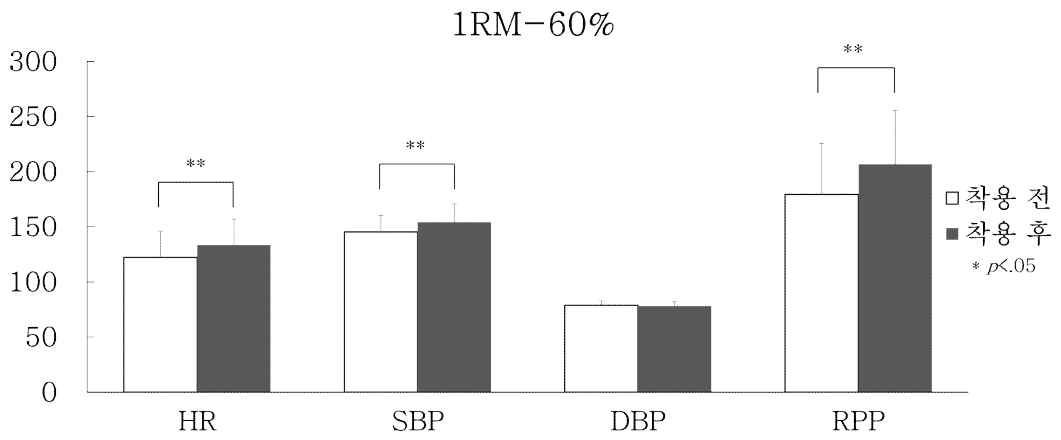

그림 15. 60% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교

2) 1RM의 80% 중량에서 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값 비교

1RM의 80% 강도에서 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 여부에 따른 심박수(HR), 수축기 혈압(SBP), 이완기 혈압(DBP), 심근부담률(RPP)의 평균값의 변화는 <표 9>과 <그림 16>에서 나타난 바와 같다.

각각의 요인(착용 전 vs 착용 후)에서 심박수(134.1±20.5 vs 131.6±21.4)(p<.05), 수축기 혈압(163.0±16.2 vs 162.1±16.0), 이완기 혈압(79.3±4.8 vs 78.2±5.3), 심근부담률(219.3±44.3 vs 213.5±41.4)로 수축기 혈압, 이완기 혈압, 심근부담률을 제외하고 심박수만 통계적으로 유의하게 나타났다.

표 9. 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교

구분	1RM-80% 착용 전 (M±SD)	1RM-80% 착용 후 (M±SD)	Z (P)
HR (beats/min)	134.1±20.5	131.6±21.4	-2.410 .016*
SBP (mmHg)	163.0±16.2	162.1±16.0	-.267 .789
DBP (mmHg)	79.3 ± 4.8	78.2±5.3	-1.373 .170
RPP	219.3 ± 44.3	213.5±41.4	-1.600 .110

HR; heart rate, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, RPP ; rate pressure product (HR×SBP÷100)

* : $p<.05$

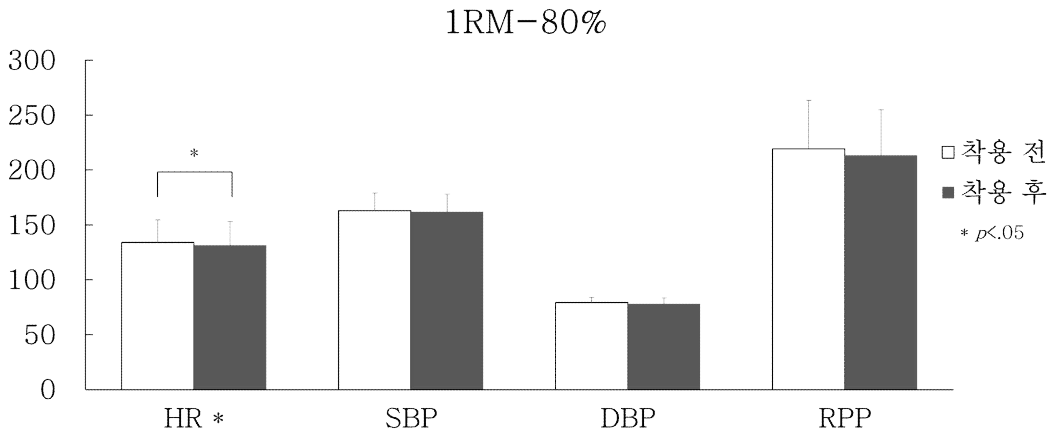

그림 16. 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교

3) 1RM의 60%와 80% 중량에서 웨이트 벨트 착용 후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값 비교

1RM의 60% 강도와 80% 강도에서 웨이트 벨트 착용 후 스쿼트 시 심박수(HR), 수축기 혈압(SBP), 이완기 혈압(DBP), 심근부담률(RPP)의 평균 값을 비교하였으며 결과는 <표 10>과 <그림 17>에 나타난 바와 같다.

웨이트 벨트 착용 후의 각각의 강도(60%강도 vs 80%강도)에서 심박수(133.3±23.7 vs 131.6±21.4), 수축기 혈압(154.1±16.7 vs 162.1±16.0), 이완기 혈압(78.2±3.9 vs 78.2±5.3), 심근부담률(206.7±49.0 vs 213.5±41.4)로 모든 요인들에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 10. 60%와 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교

구분	웨이트 벨트 착용 후		Z (P)
	1RM-60% (M±SD)	1RM-80% (M±SD)	
HR (beats/min)	133.3±23.7	131.6±21.4	-.445 .656
SBP (mmHg)	154.1±16.7	162.1±16.0	-1.886 .059
DBP (mmHg)	78.2±3.9	78.2±5.3	-.298 .765
RPP	206.7±49.0	213.5±41.4	-.800 .424

HR; heart rate, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, RPP ; rate pressure product (HR×SBP÷100)

* : $p<.05$

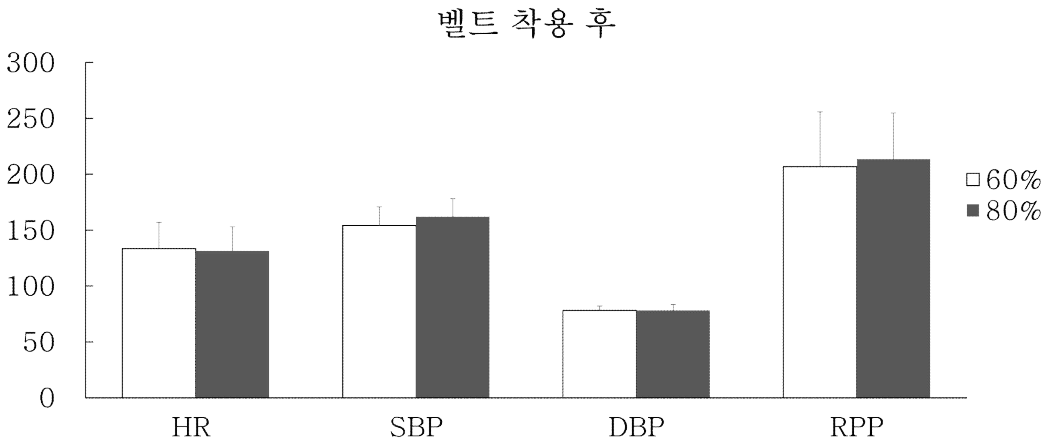

그림 17. 60%와 80% 중량 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용 후에 따른 혈역학 반응 및 심근부담률 값의 비교

4. 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따라 복부에 가해지는 압력 비교

1) 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따른 벨트 내 압력 비교

웨이트 벨트 착용 시 압력 생체 피드백 장치(STABILIZER, Pressure Biofeedback Unit)를 이용하여 중량별로 측정된 압력의 변화를 비교하였다. 벨트 내부의 연구 대상자의 등 부분에 위치시킨 뒤, 기본 압력을 40mmHg로 동일하게 시작하였으며, 스쿼트 수행 중 압력이 최대로 올라가는 순간을 기록하였다. 결과는 <표 11>과 <그림 18>에 나타난 바와 같다.

웨이트 벨트를 착용한 후, 1RM의 60% 강도에서 측정된 압력은 평균 75.5±20.1mmHg에서 80% 강도에서는 97.0±17.1mmHg로 증가하며 유의한 결과를 나타냈다($p<.05$).

표 11. 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따른 압력 비교

구분	웨이트 벨트 착용 후		Z (P)
	1RM-60% (M±SD)	1RM-80% (M±SD)	
압력(mmHg)	75.5±20.1	97.0±17.1	-2.407 .016*

* : p<.05

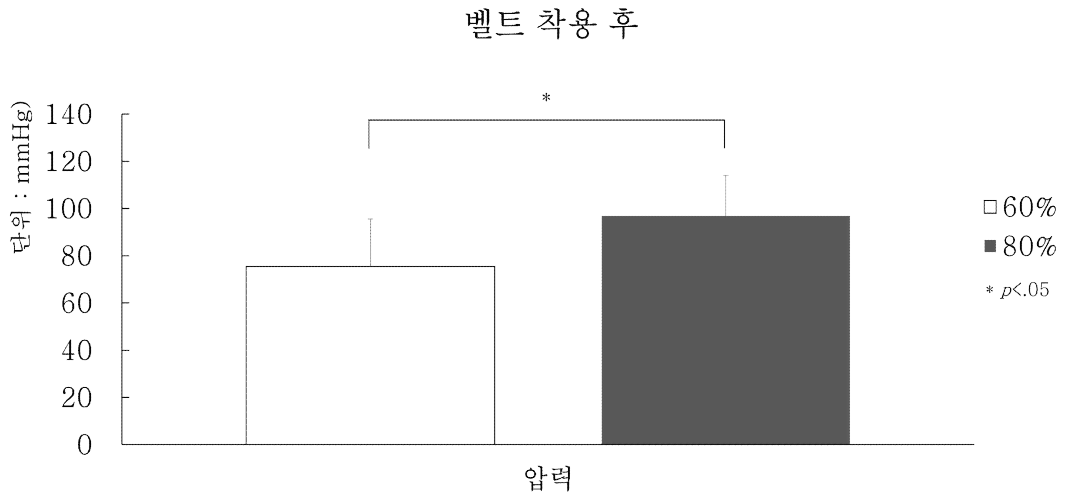

그림 18. 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따른 압력 비교

5. 운동 강도 및 웨이트 벨트 착용에 따른 운동자각도 비교

1) 운동 강도와 웨이트 벨트 착용 여부에 따른 운동자각도의 변화 비교

웨이트 벨트 착용 전·후의 운동자각도의 변화를 비교하였으며 결과는 <표 12>과 <그림 19>에 나타난 바와 같다.

1RM의 60% 강도에서 웨이트 벨트 착용 전의 평균 운동자각도는 11.3±1.3으로 나타났고, 착용 후에는 10.3±1.4로 유의하게 감소하였다(p<.01).

1RM의 80% 강도 또한, 착용 전 평균 운동자각도가 15.4±1.5로 나타났으며 착용 후에는 14.5±1.6으로 유의하게 감소하였다(p<.01).

표 12. 운동 강도 및 웨이트 벨트 착용에 따른 운동자각도 비교

구분	운동자각도 (M±SD)		Z (P)
	착용 전	착용 후	
1RM - 60%	11.3±1.3	10.3±1.4	-2.810 .005**
1RM - 80%	15.4±1.5	14.5±1.6	-2.673 .008**

* : p<.05 ** : p<.01

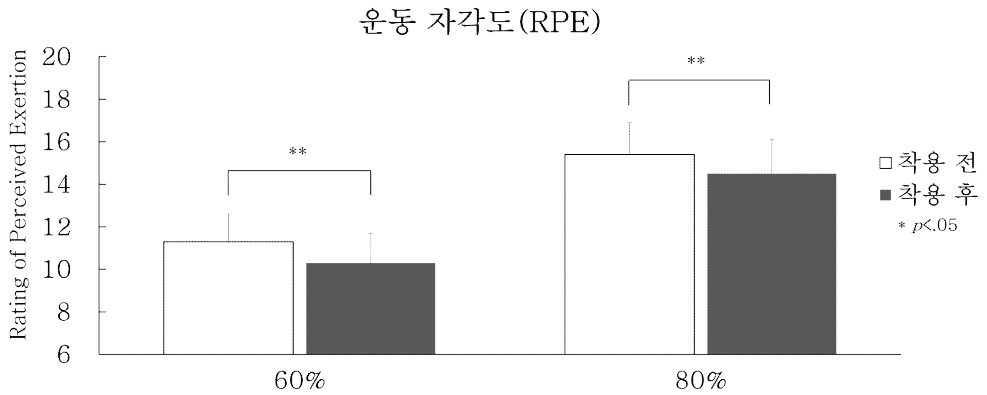

그림 19. 운동 강도 및 웨이트 벨트 착용에 따른 운동자각도 비교

Ⅴ. 논의

1. 스쿼트 동작 시 웨이트 벨트 착용에 따른 평균 하지근의 근전도

스쿼트는 운동 및 일상생활에서 볼 수 있는 다양한 기능적인 동작들과 밀접하게 연관되어 있으며(Clark et al., 2012), 신체가 다룰 수 있는 가장 무거운 중량을 이용하는 운동 중 하나로 골밀도, 인대, 건을 강화하면서 엉덩이, 대퇴, 몸통 근육을 효과적으로 단련한다(김민정, 2019). 또, 일상생활에서도 빈번하게 사용되고 있기 때문에 건강을 유지하기 위한 매우 중요한 동작이라 할 수 있다(Hemmerich et al., 2006). 스쿼트와 같은 체중 지지 운동은 대퇴사두근의 근력 강화를 촉진하고, 이 과정에서 더 많은 관절 움직임을 유도하여 주변 근육들의 동원을 촉진한다. 또한, 고유수용성 감각을 자극해 기능적인 운동 효과를 높이며, 부상 위험이 적고 신체 기능 향상에 효과적이어서 다양한 연령층에서 안전하게 적용할 수 있다(Selseth et al., 2000). 특히, 대퇴사두근과 대퇴이두근(biceps femoris)의 협력적 수축은 무릎 관절의 안정성을 높이고, 기능적인 범위 내에서 무릎에 가해지는 스트레스를 최소화하는 효과적인 운동 방법으로 권장된다 (Neumann, 2013).

이에 본 연구에서는 1RM의 60%와 80% 중량 스쿼트 시 웨이트 벨트 착용 유무에 따른 하지 근육의 근활성도를 확인하고자 하였다. 연구에서는 대퇴직근, 내측광근, 외측광근, 대둔근, 반건양근, 대퇴이두근으로 총 6개의 하지 근육에 대해 웨이트 벨트 착용하기 전과 후의 근활성도를 비교 분석하였다.

연구 결과, 1RM의 60% 강도에서 스쿼트를 수행할 때, 웨이트 벨트를 착

용한 후 내측광근, 대둔근, 반건양근, 대퇴이두근에서 근활성도가 감소하는 경향을 보였으나, 이 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 대퇴직근과 외측광근도 근활성도의 변화가 없었으며, 두 근육 역시 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 1RM의 80% 강도에서 웨이트 벨트 착용 후 대퇴직근과 대둔근의 근활성도가 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 반면, 내측광근의 근활성도는 감소했지만 이 역시 통계적으로 유의하지 않았고, 외측광근, 반건양근, 대퇴이두근에서는 변화가 없었으며, 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이러한 결과는 본 연구의 가설과 상반되는 결과를 보였으며, 기존 선행연구들과 유사한 경향을 나타냈다. 웨이트 벨트가 근전도 활동을 변화시키지 않는다는 점에서 본 연구의 결과는 Zink et al. (2001)의 연구와 일치하는 결과를 도출하였다. Zink et al. (2001)의 연구에서 1RM의 90%강도로 수행한 스쿼트에서 웨이트 벨트 착용 여부가 대퇴직근, 대둔근, 내전근, 척추기립근 등 주요 근육군의 근전도 활동에 유의한 차이를 미치지 않았다고 보고하였다. 반면, Lander et al. (1992)의 연구에서는 같은 강도에서 웨이트 벨트를 착용했을 때 외측광근과 대퇴이두근의 근활성도가 증가했다고 보고하였으며, Evans et al. (2019)의 연구에서는 같은 강도에서 웨이트 벨트를 착용했을 때 대둔근의 근활성도가 감소했다고 보고하였다. 본 연구에서는 결과가 유의한 차이를 보이지 않아 웨이트 벨트가 근육의 활성화에 직접적인 영향을 미친다고 결론짓기 어렵다는 결과를 도출하였다.

2. 스쿼트 시 웨이트 벨트 착용 유무에 따른 혈역학 반응과 심근부담률

심근부담률(rate pressure product, RPP)은 심장에 가해지는 부담의 정도를 나타내는 지표로, 심박출량을 직접적으로 측정하기 어려운 경우 비침습적 절차를 통해 쉽게 적용할 수 있다. 이 지표는 심장 근육의 산소 소모량을 간접적으로 측정할 수 있어, 심근의 산소 섭취량과 운동 강도, 심장 건강 상태를 평가하는 데 유용하다(Jorgensen et al., 1973; 김은경, 2001).

이종호(2005)에 의하면 운동 중에는 심박수와 수축기 혈압이 증가함에 따라 심근부담률도 함께 증가한다고 하였다. 또한, 운동 중 발생하는 발살바 반응으로 인해 복압이 상승하면서 일시적으로 혈압이 급격히 증가하는 현상도 나타난다(ACSM, 2022). Matsuyama et al. (2006)은 중량 스쿼트를 수행할 때 발살바 호흡 기법(Valsalva maneuver)이 흉강 내압을 상승시키고 대뇌 동맥을 압박하여 지주막하 출혈 위험을 증가시킬 수 있다고 경고하였다.

중량 변화에 따른 혈역학적 반응과 심근부담률을 연구한 Wilborn(2004)은 스쿼트 동작 시 중량이 증가할수록 심박수와 혈압이 유의하게 상승한다고 보고하였으며, 또 다른 연구에서는 중량이 높아짐에 따라 심근부담률이 증가하고 혈역학 반응에서 높은 수축기 혈압이 심근부담률을 높였기 때문에 고혈압 환자나 심혈관질환자는 강도 제한을 고려해야 한다고 하였다(권만근, 김영주, 2017). 이와 관련하여 Zhao et al. (2022)은 심근부담률이 동맥류성 지주막하 출혈 환자의 병원 내 사망 예측에 있어, 간단하고 객관적이며 쉽게 계산할 수 있는 중요한 지표로 역할을 한다고 하였다. 한편, Kurt Stoschitzky(2022)는 RPP가 이환율과 사망률에 미치는 영향을 명확히 규명하고, 이를 통해 정상 범위와 경계값을 정의할 필요가 있다고 강조하였다. 또한, 심근부담률을 일상적인 임상에서 간단하고 쉽게 측정할 수 있는 지표로 활용할 수 있는 방법을

제시해야 한다고 보고하였다.

이에 본 연구에서는 1RM의 60%와 80% 중량 스쿼트 시 웨이트벨트 착용 유무에 따른 혈역학 반응과 심근부담률을 확인하고자 하였다. 연구 결과, 1RM의 60% 강도에서 웨이트 벨트 착용 시 심박수, 수축기 혈압, 심근부담률이 유의하게 증가했으며(p<.01), Hunter et al. (1989)의 연구에서 벤치프레스 운동 중 웨이트 벨트 착용이 심혈관 반응에 유의미한 증가를 주었다는 결과와 유사한 양상을 보였다. 이는 본 연구의 가설과 일치하는 결과로, 웨이트 벨트 착용이 혈역학적 반응을 증가시킨다고 할 수 있다. 반면, 1RM의 80% 강도에서는 심박수만 유의하게 감소했으며(p<.05), 두 강도 간 비교에서는 모든 요인에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 본 연구의 가설과 상반되는 결과로, 80% 강도에서 웨이트 벨트 착용이 심근부담률이나 수축기 혈압에 미치는 영향은 60% 강도에서와 달리 유의미한 변화를 보이지 않았다는 점에서 가설과 일치하지 않음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 선행 연구에서 제시된 운동 강도와 세트 구성이 심혈관계 반응에 미치는 영향과 관련지어 해석할 수 있다.

Lamotte et al. (2005)의 연구에서는 저강도 운동에서 심박수와 수축기 혈압이 고강도 운동보다 더 높은 수치를 보였으며, 운동 세트가 진행될수록 두 강도 모두에서 수축기 혈압이 점진적으로 증가하는 경향이 확인되었다. 특히, 저강도 운동에서는 세트가 진행될수록 심박수가 유의미하게 증가하는 양상이 나타났다. 이 연구는 저항 운동 중 강도와 반복 수의 조합이 심혈관계 반응에 중요한 영향을 미친다는 점을 시사한다. 본 연구에서도 60% 강도에서 복압 상승과 함께 심박수, 수축기 혈압 등의 반응이 유의미하게 증가한 결과는 이와 유사한 경향을 보였다.

또한, 교감신경을 자극하여 혈압을 조절하는 과정은 반복적인 운동을 통해 활성화되는데(Courneya & Parker, 2011), 높은 강도에서 교감신경을 충

분히 자극하기 위해서는 반복 횟수가 일정 수준 이상이어야 할 것으로 보인다. 본 연구에서는 80% 강도에서 5회만 반복 수행한 점이 이러한 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있으며, 이는 교감신경 활성화가 충분히 이루어지지 않았을 가능성을 시사한다.

따라서, 이러한 가설을 검증하기 위해서는 반복 횟수를 동일하게 맞춘 후 60%와 80% 강도에서의 비교 연구가 필요하다. 이를 통해 웨이트 벨트 착용이 복압과 심혈관 반응에 미치는 영향을 더 명확하게 이해할 수 있을 것이다. 한편, 연구 결과를 바탕으로 고강도 운동을 선호하는 사람들, 특히 심혈관계에 민감한 사람들에게는 반복 횟수를 조절하는 것이 하나의 유용한 대안이 될 수 있다. 예를 들어, 심혈관계에 부담을 줄 수 있는 고중량 운동을 할 때, 반복 횟수를 줄이고 더 적은 세트로 운동을 진행하는 것이 혈압과 심혈관계에 미치는 부담을 일부 완화할 수 있을 것이다. 이는 고중량 운동을 수행하면서도 과도한 혈압 상승이나 심혈관계에 무리가 가지 않도록 하는 하나의 방법이 될 수 있다.

3. 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따라 복부에 가해지는 압력 비교

복강 내 압력(IAP)은 복부 내에서 자연적으로 발생하는 정상적인 압력으로, 복벽과 내장 간의 상호작용에 의해 형성된다(Milanesi & Caregnato, 2016). 이 복압은 무거운 물건을 들 때 척추를 보호하는 중요한 역할을 한다. 특히 고강도의 운동을 할 때 발살바(valsalva) 반응이 활성화되면서 복압이 증가하는데, 이는 성문을 닫고 복근을 강하게 수축하여 수직적인 기둥을 만들며, 위로는 횡격막을 밀고 아래로는 골반 격막을 밀어 복강 내 압력을 증가시킨다(Neumann, 2002).

몸통의 안정성 유지에 중요한 역할을 하는 근육들은 국소근육(local muscle)과 대근육(global muscle)으로 나눌 수 있다. 국소근육은 배가로근, 배속빗근, 뭇갈래근 등을 포함하며, 이 근육들은 척추분절에 직접적인 안정성을 제공한다(Moseley et al., 2002). 대근육은 배곧은근, 배바깥빗근, 엉덩갈비근 등으로, 척추에 직접 부착되지 않지만 몸통의 큰 회전력을 생성하여 전반적인 안정성을 제공한다(Brill & Cozen, 2002).

웨이트 벨트는 리프팅 중 복강 내 압력을 증가시켜 허리에 가해지는 스트레스를 줄여주는 역할을 한다. 주로 최대 하중에 가까운 고중량 운동에서 사용된다(권영서, 2023). 웨이트 벨트를 착용하면 복압(IAP)이 증가하고, 이는 요추 전단력을 줄이며 리프팅 안정성을 향상시키는 데 도움을 준다(Harman et al., 1989). 선행 연구들에 따르면 리프트 하중이 커질수록 복압도 선형적으로 증가하며, 웨이트 벨트를 착용했을 때 복압 상승이 더 뚜렷하다고 보고되었다(Liggett., 1989). 또한, McGill(1990)은 벨트를 착용하지 않았을 때 복압이 99mmHg였고, 착용 시 120mmHg로 유의하게 증가했다고 밝혔다. 특히 숨을 참을 때 복압이 더 많이 증가한다고 보고되었다. 또 다른

연구에서는 웨이트 벨트로 인한 복압 증가가 척추를 지지하는 복부와 허리 심층 근육의 역할을 대신하여 벨트 제거 후 허리 근육의 약화를 초래할 수 있다고 지적하였다(Ciriello & Snook, 1995).

본 연구에서는 1RM의 60%와 80% 강도에서 웨이트 벨트를 착용한 상태에서 복압을 비교하였고, 그 결과 중량 증가에 따라 복압이 유의하게 증가한 것으로 확인되었다($p<.05$). 이는 본 연구의 가설과 일치하는 결과로, 웨이트 벨트 착용이 복압을 증가시킨다는 예측을 뒷받침하는 결과이다. 또한 기존 선행 연구들과도 일치하여, 웨이트 벨트 착용이 복압 상승에 영향을 미친다는 점에서 일관된 경향을 보였다.

복강 내 압력(IAP)은 척추에 가해지는 압박력과 전단력을 감소시켜 척추와 요추의 안정성을 높이는 중요한 역할을 한다. 이를 통해 척추에 가해지는 압력을 조절하면서 고유수용성 감각을 강화할 수 있으며, 근 피로도가 감소하고 요부의 안정성도 향상된다(Calmels & Fayolle-Minon, 1996). 또한, 복압의 상승은 전체적인 신체 안정성에 중요한 역할을 하며, 특히 고강도의 웨이트 운동에서 효과적으로 신체의 균형을 유지하는 데 도움을 준다. Liggett(1989)은 벨트가 복강 내 압력을 증가시켜 허리와 몸통을 안정화하고 지지함으로써 상체에 가해지는 부담을 줄이는 데 중요한 역할을 한다고 하였다. 이러한 메커니즘은 벨트를 착용한 상태에서 운동 중 신체의 안정성을 높이고, 특히 고강도 운동 시 척추와 허리의 부담을 줄이는 데 효과적이다.

본 연구에서는 웨이트 벨트 착용은 복압을 증가시켜 몸통을 안정시키고 허리 부상을 예방할 수 있는 잠재적인 이점이 있음을 확인할 수 있었다. 이에 따라 건강한 성인이 고강도 웨이트 운동을 수행할 때, 웨이트 벨트를 착용하는 것은 허리 부상을 예방하고 더 나은 운동 수행을 위한 유익한 방법이 될 수 있다.

그러나 복압은 비만 환자에서 특히 높은 수준을 보이며, 복부 단면의 증

가와 밀접하게 관련된다(Sugerman, Windsor, Bessos, & Wolfe, 1997). Sugerman et al.(1997)의 연구에 따르면 비만 환자는 비만하지 않은 환자보다 복압이 현저히 높으며, 이는 비만 환자가 스쿼트와 같은 복압을 증가시키는 운동을 수행할 때 이미 높은 복압으로 인해 추가적인 부담을 가질 가능성을 시사한다. 웨이트 벨트 착용은 복압을 추가적으로 상승시켜 운동 중 안정성을 제공할 수 있으나, 고도 비만 환자의 경우 기존의 높은 복압과 결합하여 과도한 압력 상승으로 이어질 위험이 있다. 특히 병적 비만 환자는 이미 심혈관 부담이 큰 상태이므로, 웨이트 벨트 착용이 심혈관계에 추가적인 부담을 초래할 가능성이 높다. 따라서 이러한 환자들에게는 웨이트 벨트 사용을 신중히 검토하고 운동 강도나 방법을 조정하는 것이 필요하다.

복압 상승은 심근부담률(RPP)의 증가로 이어질 수 있으며, 이는 심장의 산소 소비량을 증가시켜 잠재적인 심혈관 질환이 있는 사람들에게 추가적인 위험을 초래할 수 있다(Hunter et al., 1989). 특히 고혈압, 협심증 및 관상동맥질환을 앓고 있는 사람들에게 심근부담률의 급격한 증가는 심혈관계에 큰 부담을 줄 수 있다. 또한, 발살바 반응에 의해 복압이 급격히 상승할 때, 대뇌 동맥에 압력을 가할 수 있으며, 이는 뇌동맥류나 동맥류가 있는 환자에게 예상치 못한 위험을 발생시킬 수 있다(Matsuyama et al., 2006).

따라서, 웨이트 벨트를 착용한 상태에서의 고강도 운동은 심혈관계에 이미 문제가 있는 사람들, 특히 고혈압, 협심증, 뇌동맥류 환자에게는 위험할 수 있다. 이들은 벨트를 착용하기보다는 운동 강도나 반복 횟수를 조절하여 심혈관계에 미치는 부담을 최소화하는 것이 더 안전한 방법이다. 특히 스쿼트와 같은 고강도 웨이트 운동에서 벨트 착용은 예기치 않은 위험을 초래할 가능성이 높으므로, 이러한 건강 문제가 있는 사람들은 벨트 착용을 피하고, 다른 대체 방법을 고려하는 것이 바람직하다.

Ⅵ. 결론

본 연구는 규칙적인 웨이트 트레이닝을 하는 신체 건강한 20대 남성 11명을 표집하여, 1RM의 60%와 80% 중량으로 스쿼트를 실시할 때 웨이트 벨트 착용 전·후에 따른 하지 근육의 근활성도와 벨트로 인해 가해지는 복부의 압력, 운동 자각도, 심근부담률을 측정하고 그 차이를 분석함으로써, 웨이트 벨트를 착용할 때 나타나는 효과를 비교하여 벨트 착용의 장단점을 규명하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 1RM의 60% 중량에서 웨이트 벨트 착용 전후의 평균 하지근전도 분석 결과 유의한 차이가 없었다.

2) 1RM의 80% 중량에서 웨이트 벨트 착용 전후의 평균 하지근전도 분석 결과 유의한 차이가 없었다.

3) 1RM의 60%와 80% 중량 스쿼트 시 혈역학 반응 및 심근부담률 분석 결과 심박수와 수축기 혈압, 심근부담률에서 유의하게 증가하였고(p<.01), 이완기 혈압은 유의한 차이가 없었다.

4) 1RM의 60% 중량에서 웨이트 벨트 착용 전후의 혈역학 반응 및 심근부담률 분석 결과 심박수와 수축기 혈압, 심근부담률에서 유의하게 증가하였고(p<.01), 이완기 혈압은 유의한 차이가 없었다.

5) 1RM의 80% 중량에서 웨이트 벨트 착용 전후의 혈역학 반응 및 심근부담률 분석 결과 심박수가 유의하게 감소하였고(p<.05), 수축기 혈압과 이완기 혈압, 심근부담률은 유의한 차이가 없었다.

6) 1RM의 60%와 80% 중량에서 웨이트 벨트 착용 후의 혈역학 반응 및 심근부담률 분석 결과 유의한 차이가 없었다.

7) 스쿼트 동작 시 중량별 웨이트 벨트 착용에 따른 따른 벨트 내 압력 분석 결과 60% 강도와 80% 강도 모두 유의하게 증가하였다(p<.05).

8) 운동 강도와 벨트 착용 여부에 따른 운동자각도 분석 결과 60% 강도와 80% 강도 모두 벨트 착용 후에 유의하게 감소하였다(p<.01).

본 연구 결과, 웨이트 벨트 착용은 1RM의 60%와 80% 강도에서 하지 근육 활성도에는 큰 영향을 미치지 않았으나, 혈역학적 반응과 심근부담률에 유의한 영향을 미쳤다. 또한, 복압을 유의하게 증가시키고 운동 자각도를 감소시키는 효과를 보였다. 웨이트 벨트 착용은 하지 근육 활성화에는 유의미한 차이가 없었으나, 복압을 증가시켜 몸통의 안정성을 높이고 운동 자각도를 감소시키는 효과가 있었다. 이는 건강한 성인이 스쿼트를 수행할 때 벨트 착용 여부와 관계없이 운동이 가능함을 의미하지만, 고중량 스쿼트와 같은 고강도 운동에서는 몸통의 안정성과 부상 예방을 위해 웨이트 벨트 사용이 권장될 수 있다. 반면, 웨이트 벨트 착용이 심근부담률을 높일 수 있어 심혈관계 질환을 가진 사람들에게는 신중할 필요가 있다. 이들에게는 벨트 착용 대신 운동 강도와 반복 횟수를 낮춰 혈압 상승과 심혈관 부담을 완화할 수 있는 안전한 방식을 선택하는 것이 바람직하다.

추후 연구에서는 웨이트 벨트 착용 시 반복 횟수를 동일하게 맞춘 60%와 80% 강도 간 비교를 통해 복압과 심혈관 반응의 차이를 분석할 필요가 있다. 더불어 표본 수를 확대하여 연구 결과의 신뢰도를 높이는 것 또한 중요

하다. 이러한 연구는 웨이트 벨트 착용의 효과를 체계적으로 평가함으로써 안전하고 효율적인 운동 가이드라인을 제시하는 데 기여할 것이다.

참 고 문 헌

구근회. (2018). 수심에 따른 수중걷기와 수중스쿼트가 하지의 근활성도 및 심부담도에 미치는 영향. 석사학위논문, 단국대학교 대학원.

구성자. (2015). 스마트폰 사용시간이 전방머리자세와 근피로도, 통증에 미치는 영향. 석사학위논문, 경남대학교 산업경영대학원.

권만근, & 김영주. (2017). 1RM 적용에 따른 강도별 웨이트트레이닝 운동이 혈역학 반응과 심근 부담율에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 26(1), 1141-1150.

권양기, 이석인, 백우석, 송문석, 박창열, & 장용우. (2001). 운동과학 편: 장기간의 줄넘기 운동이 비만 여학생들의 체지방율, VO2max 및 지질대사에 미치는 영향. 한국사회체육학회지, 15, 425-435.

김기홍, 고성식, 김병관, 황경식. (2018). 등척성 수평 스쿼트 운동시 무릎위치와 부하방법이 관절각의 변화와 몸통근 및 하지근의 근전도 반응에 미치는 영향. 한국체육학회지, 57(5), 397-406.

김민정. (2019). 머신 스쿼트와 맨몸 스쿼트의 운동역학적 변인 차이 비교. 석사학위논문, 전남대학교 대학원.

김선호. (1995). 최대운동 후 회복형태가 피로변인에 미치는 영향. 석사학위논문, 전북대학교 대학원.

김용현. (2010). 스쿼트 동작시 중량 증가에 따른 근육활동에 대한 분석. 석사학위논문, 부산외국어대학교 대학원.

김은경. (2001). 심근경색환자의 6주 운동요법시 트레드밀과 바이크 이용에 따른 심근산소소비량과 혈압 비교. 석사학위논문, 한국체육대학교 대학원.

김태문. (2021). 프론트 스쿼트와 백 스쿼트 동작 간 체간근육의 근 활성도 비교. 석사학위논문, 대구가톨릭대학교 의료보건산업대학원. 경상북도.

김태완, 공세진, 길세기, 박종철, 전호준, 송주호, 이기광, 임영태, 채원식 (2013). 근전도 분석. 서울: 한미의학.

김현희, & 송창호. (2010). 스쿼트 운동시 자세가 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의근활성도 및 근활성비에 미치는 효과. 근관절건강학회지 제, 17(2)

김화영. (2011). 코어(Core) 안정화 복합운동이 요통이 있는 노인여성의 관절가동범위, 근력, 근활성에 미치는 영향. 석사학위논문, 울산대학교.

문화체육관광부. (2023). 2023 규칙적 체육활동 참여 여부 및 빈도.

박상호, 조준행, 최동성, 이해동, & 이성철. (2010). 스쿼트 동작 시 숙련도와 바벨 무게에 따른 운동학적 분석. 연세대학교 체육연구논문집, 17(1), 45-55.

박한솔, 이성노, 이태현, & 박기덕. (2016). 중량변화와 스쿼트 운동 자세에 따른 하지 근 활성 비교. 한국발육발달학회지, 24(1), 45-51.

박후성, 이성노, 박기덕(2014). 단기간 발목안정화 운동이 대학 축구동아리 학생들의 발목 근기능과 통증정도에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 23(3), 1385-1393.

신경민. (2013). 스쿼트 운동이 무릎 관절증 환자의 통증 및 근활성도에 미치는 영향. 석사학위논문, 대구대학교 재활과학대학원.

신희철. (2004). 웨이트 트레이닝 및 서키트 트레이닝이 초등학교여학생의 체력에 미치는 영향. 석사학위논문, 춘천교육대학교 대학원.

엄규환. (1988). 자연과학편: 운동부하 후 시간 경과별 심박수 및 산소 섭취량의 변화. 한국체육학회지, 27(1), 241-248.

오수찬. (2023). 준비운동 방법이 10RM 벤치프레스 운동 시 반복횟수 및 총 운동량, 심부담도, 근활성도에 미치는 영향. 석사학위논문, 단국대학교

대학원.

원효헌, 김민욱, 배영훈, & 김용재. (2013). 스쿼트 운동 시 발의 압력에 미치는 영향. 水産海洋敎育硏究, 25(4), 891-897.

이덕희, 문선영, 노경희, 박경희, 김태희, 오정수. (2011). 압력 바이오피드백 장치와 골반벨트 사용이 고관절 외전 운동 시 고관절 외전근의 선택적 근활성도에 미치는 효과. 대한 물리의학회지, 6(3), 323-330.

이상우. (2008). 스쿼트 운동 방법에 따른 동작의 변화 및 관절의 하중 배분. 석사학위논문, 서울대학교 대학원.

이성도. (2010). 스쿼트 운동시 중량이 하지근육 활동에 미치는 영향. 석사학위논문, 국민대학교 교육대학원.

이성도, 이정호, 박은정, 이기광, 손지훈, 류재진, 유연주, 김용운, & 김석범. (2011). 스미스 머신을 이용한 스쿼트 운동시 중량 부하가 운동역학적 변인과 하지 근육 활성도에 미치는 영향. 체육과학연구, 22(2), 1884-1893.

이종호. (2005). 항고혈압제를 복용하는 고혈압환자의 유산소성운동이 동맥맥파속도와 혈관압력에 미치는 영향. 박사학위논문. 한양대학교 대학원.

이진욱, & 정진영. (2023). 점진적인 스쿼트 운동시 남자대학생의 하체 근활성도 및 발바닥압력에 미치는 영향. 韓國컴퓨터情報學會論文誌, 28(2), 143-151.

이한용. (1994). 근수축 형태별 MERAC에 의한 훈련과 훈련중단 시 대퇴근력 변화에 미치는 영향. 박사학위논문, 명지대학교 대학원.

임형엽. (2024). 다양한 불안정면에서의 스쿼트 운동 시 무릎 관절 각도에 따른 하지근육의 근활성도 차이 분석. 석사학위논문, 고려대학교 융합과학대학원.

정일규, 윤진환 (2005). 휴먼 퍼포먼스와 운동생리학. 대경북스.

전희종. (2006). 스쿼트, 레그 프레스, 레그 익스텐션 운동 시 하지근의 근전도 비교 분석. 석사학위논문, 경북대학교 교육대학원.

정현기. (2024). 기구필라테스와 서킷 웨이트 트레이닝이 여성의 건강체력과 3D 코어 안정성, 등속성 하지근력 및 고관절 가동범위에 미치는 영향. 박사학위논문, 조선대학교 대학원.

조중연. (2024). 스쿼트와 교정 운동이 노인의 신체조성 및 체형 균형에 미치는 영향. 한국컴퓨터정보학회논문지, 29(9), 159-167.

채원식, 정현경, 장재익,(2007). 스쿼트 동작 시 발뒤꿈치 보조물 경사각에 따른 하지근과 척추기립근의 근육활동 비교. 한국운동역학회지 17(2), 113-121.

한상완. (1999). 복합관절운동과 단일관절운동 시 대퇴사두근의 근전도 비교 분석. 석사학위논문, 경희대학교 대학원.

황지홍. (2024). 12주간의 고강도 인터벌 트레이닝이 대학교 남자 농구선수의 운동수행능력, 농구기술 및 표면근전도에 미치는 영향. 박사학위논문, 상명대학교 교육대학원.

Aasa, U., Bengtsson, V., Berglund, L., & Öhberg, F.(2022). Variability of lumbar spinal alignment among power-and weightlifters dur-ing the deadlift and barbell back squat. Sports Biomechanics, 21(6), 701-717.

American College of Sports Medicine (2022). ACSM's 운동검사·운동처방 지침 (김완수 외 역, 제11판). 한미의학.

Akuthota V, Nadler S. F., (2004). Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil, 85(1), 86-92. https://doi.org/10.1053/ j.apmr.2003.12.005.

Basmajian, J. V., De Luca, C. J., (1985). Muscles Alive. 5th ed. Baltimore, Williams & Wilkins.

Beales, D. J., O'Sullivan, P. B., & Briffa, N. K. (2010). The effect of increased physical load during an active straight leg raise in pain-free subjects. Journal of Electromyography and Kinesiology, 20(5), 710-718.

Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. Scandinavian journal of rehabilitation medicine.

Brill, P. W., & Cozen, G. S. (2002). The core program. Bantam Books.

Calmels, P., & Fayolle-Minon, I. (1996). An update on orthotic devices for the lumbar spine based on a review of the literature. Rev Rhum Engl Ed, 63(5), 285-291.

Cho, K. C., Patel, Y. D., Wachsberg, R. H., & Seeff, J. (1995). Varices in portal hypertension: evaluation with CT. Radiographics, 15(3), 609-622.

Chobanian, A. V. (2003). The National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure, The JNC7 Report. Jama, 21, 2560-2572.

Ciriello, V. M., & Snook, S. H. (1995). The effect of back belts on lumbar muscle fatigue. Spine, 20(11), 1271-1277.

Clark, D. R., Lambert, M. I., & Hunter, A. M.(2012). Muscle activation in the loaded free barbell squat: A brief review. Journal of Strength and Conditioning Research 26(4), 1169 - 1178.

Courneya, C. A. M., & Parker, M. J. (2011). Cardiovascular physiology: A clinical approach. Lippincott Williams & Wilkins.

Day, S. (2002). Important factors in surface EMG measurement. Bortec Biomedical Ltd publishers, 1-17.

De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. Journal of applied biomechanics, 13(2), 135-163.

Escamilla, R. F. (2001). Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. Medicine & science in sports & exercise, 33(1), 127-141.

Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (2009). Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. Sports medicine, 39, 569-590.

Epley, B. (1985). Poundage chart. Body Epley workout.

Evans, T. W., McLester, C. N., Howard, J. S., McLester, J. R., & Calloway, J. P. (2019). Comparison of muscle activation between back squats and belt squats. The Journal of Strength & Conditioning Research, 33, S52-S59.

Gobel, F. L., Norstrom, L. A., Nelson, R. R., Jorgensen, C. R., & Wang, Y. (1978). The rate-pressure product as an index of myocardial oxygen consumption during exercise in patients with angina pectoris. Circulation, 57(3), 549-556.

Harman, E. A., Rosenstein, R. M., Frykman, P. N., & Nigro, G. A. (1989). Effects of a belt on intra-abdominal pressure during weight lifting. Medicine and science in sports and exercise, 21(2), 186-190.

Hemmerich, A., Brown, H., Smith, S., Marthandam, S. S. K., & Wyss, U. P. (2006). Hip, knee, and ankle kinematics of high range of motion activities of daily living. Journal of orthopaedic research, 24(4), 770-781.

Hodges, P. W. (2003). Core stability exercise in chronic low back pain. The Orthopedic Clinics of North America, 34(2), 245-254.

Hunter, G. R., McGuirk, J., Mitrano, N., Pearman, P., Thomas, B., & Arrington, R. (1989). The effects of a weight training belt on blood pressure during exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research, 3(1), 13-18.

Jorgensen, C. R., Gobel, F. L., Taylor, H. L., & Wang, Y. (1977). Myocardial blood flow and oxygen consumption during exercise. Annals of the New York Academy of Sciences, 301(1), 213-223.

Key, J. (2013). 'The core': understanding it, and retraining its dysfunction. Journal of bodywork and movement therapies, 17(4), 541-559.

Lander, J. E., Hundley, J. R., & Simonton, R. L. (1992). The effectiveness of weight-belts during multiple repetitions of the squat exercise. Medicine and science in sports and exercise, 24(5), 603-609.

Lam, F. M., Liao, L. R., Kwok, T. C., & Pang, M. Y. (2018). Effects of adding whole body vibration to routine day activity program on physical functioning in elderly with mild or moderate dementia: a randomized controlled trial. International journal of geriatric psychiatry, 33(1), 21-30

Lamotte, M., Niset, G., & Van De Borne, P. (2005). The effect of different intensity modalities of resistance training on beat-to-beat blood pressure in cardiac patients. European journal of cardiovascular prevention & rehabilitation, 12(1), 12-17.

Lee, J. K., Heo, B. S., Kim, Y. J., & Lee, H. T. (2016). Sports

biomechanical analysis before and after applying weight belt during squat exercise. Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 28(4), 893-902.

Lee, S. P., Gillis, C. B., Ibarra, J. J., Oloroyd, D. F., & Zane, R. S. (2017). Heel-raised foot posture does not affect trunk and lower extremity biomechanics during a barbell back squat in recreational weight lifters. Journal of Strength and Conditioning Research, 33(3), 606-614

Lee, S. W., Moon, Y. J., & Eun, S. D. (2011). Changes in movement and joint load distribution according to squat exercise method. Korean Journal of Sport Science, 22(1), 1674-1684.

LeVeau, B., & Andersson, G. B. (1992). Output forms: data analysis and applications. Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspective, 91-100.

Liggett, M. T. (1989). Effects of weightlifting, with and without an abdominal belt, on intra-abdominal and intra-thoracic pressures. The Ohio State University.

Lynn, S. K., & Noffal, G. J. (2012). Lower extremity biomechanics during a regular and counterbalanced squat. The Journal of Strength & Conditioning Research, 26(9), 2417-2425.

Matsuyama, T., Okuchi, K., Seki, T., Higuchi, T., & Murao, Y. (2006). Perimesencephalic nonaneurysmal subarachnoid hemorrhage caused by physical exertion. Neurologia medico-chirurgica, 46(6), 277-282.

McGill, S. M., Norman, R. W., & Sharratt, M. T. (1990). The effect of an abdominal belt on trunk muscle activity and intra-abdominal

pressure during squat lifts. Ergonomics, 33(2), 147-160.

McGill, S .M. (2001). Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. Exercise and sport sciences reviews, 29(1),26-31

Milanesi, R., & Caregnato, R. C. A. (2016). Intra-abdominal pressure: an integrative review. Einstein (Sao Paulo), 14(3), 423-430.

Moseley, G. L., Hodges, P. W., & Gandevia, S. C. (2002). Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. Spine, 27(2), E29-E36.

NEOGMTECH. "GM-1000 모델 제품 이미지." NEOGMTECH, KOREA.

Neumann, D. A. (2002). Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation. Mosby.

Panjabi, M. M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain. Journal of electromyography and kinesiology, 13(4), 371-379.

Perri, M. A. (2007). Rehabilitation of breathing pattern disorders. Rehabilitation of the Spine: a Practitioners Manual. Lippincot, Williams and Wilkins, Baltimore, 369-387.

Powers, S. K., Howley, E. T., & Quindry, J. (2007). Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance (Vol. 8). New York, NY: McGraw-Hill.

Rash, G. S., & Quesada, P. (2003). Electromyography fundamentals. Retrieved February, 4.

Sato, K., Fortenbaugh, D., & Hydock, D. S. (2012). Kinematic changes using weightlifting shoes on barbell back squat. The Journal of Strength & Conditioning Research, 26(1), 28-33.

Sapsford, R. R., & Hodges, P. W. (2001). Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. Archives of physical medicine and rehabilitation, 82(8), 1081-1088.

Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. The Journal of Strength & Conditioning Research, 24(12), 3497-3506.

Selseth, A., Dayton, M., Cordova, M. L., Ingersoll, C. D., & Merrick, M. A. (2000). Quadriceps concentric EMG activity is greater than eccentric EMG activity during the lateral step-up exercise. Journal of Sport Rehabilitation, 9(2), 124-134.

Sugerman, H., Windsor, A., Bessos, M., & Wolfe, L. (1997). Intra abdominal pressure, sagittal abdominal diameter and obesity comorbidity. Journal of internal medicine, 241(1), 71-79.

Ryerson, S., & Levit, K. (1997). Functional movement reeducation: A contemporary model for stroke rehabilitation. Journal of Rehabilitation Research and Development, 34(3), 399-407.

Stoschitzky, K. (2022). Blood pressure, heart rate, or the Rate Pressure Product: what is the best predictor of clinical outcome?. European Heart Journal Open, 2(5), oeac063.

Winter, D. A., Patla, A. E., Frank, J. S., & Walt, S. E. (1990). Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. Physical therapy, 70(6), 340-347.

Wilborn, C., Greenwood, M., Wyatt, F., Bowden, R., & Grose, D. (2004). The effects of exercise intensity and body position on cardiovascular variables during resistance exercise. Journal of Exercise Physiology

Online, 7(4).

World Health Organization. (2024). Physical activity: A global public health problem. Retrieved June 26, 2024, from World Health Organization website.

Yack, H. J., Collins, C. E., & Whieldon, T. J. (1993). Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament-deficient knee. The American journal of sports medicine, 21(1), 49-54.

Zhao, J., Zhang, S., Ma, J., Shi, G., & Zhou, J. (2022). Admission rate-pressure product as an early predictor for in-hospital mortality after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. Neurosurgical Review, 45(4), 2811-2822.

Zink, A. J., Whiting, W. C., Vincent, W. J., & MCLAINE, A. J. (2001). The effects of a weight belt on trunk and leg muscle activity and joint kinematics during the squat exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research, 15(2), 235-240.

ABSTRACT

Effect of weight belt wearing during squat exercise on muscle activity and myocardial burden rate

YunSeo Choi
Department of Health
and Exercise Management
Graduate School of
SungShin University

The purpose of this study is to examine the advantages and disadvantages of wearing a belt by comparing the effects of wearing a weight belt by measuring the muscle activity of the lower extremity muscles before and after the weight belt and the pressure, exercise awareness, and myocardial burden before and after the belt when squatting with 60% and 80% weight of 1RM.

A total of 11 men in their 20s were studied, and the study was conducted two times. In the study, muscle activity (EMG), heart rate, systolic and diastolic blood pressure, myocardial burden, pressure in the belt, and exercise perception were measured.

As a result of the study, wearing a weight belt did not significantly

affect the muscle activity of the lower extremities, but the abdominal pressure increased significantly after wearing the weight belt ($p<.05$), and the exercise perception decreased ($p<.01$). In addition, the heart rate, systolic blood pressure, and myocardial burden rate increased significantly after wearing the weight belt at 60% intensity ($p<.01$), and there was no difference in myocardial burden rate before and after wearing the weight at 80% intensity.

In conclusion, since the number of repetitions at 80% intensity was half lower than 60% intensity, the sympathetic nerve activity is considered to have not been great, and although wearing a weight belt stabilizes the abdomen and reduces the burden, it suggests that a relatively high number of repetitions can increase the cardiovascular burden even if the intensity is low for those who are sensitive to the cardiovascular system. Therefore, it may be safer for people with cardiovascular diseases such as high blood pressure, angina, and brain aneurysm to avoid wearing weight belts and minimize the cardiovascular burden by reducing the intensity of exercise or the number of repetitions.