

중·고교 엘리트 역도선수들의 성장기 기초 및 전문체력 특성 변화

황동주^{1,*} · 김형준² · 박인아³ · 이승현⁴ · 조준용⁵ · 정주희^{6,†}

¹한국체육대학교 체육과학연구소, 학술연구교수

²충남스포츠과학센터, 선임연구원

³충남스포츠과학센터, 연구원

⁴충남스포츠과학센터, 연구원

⁵한국체육대학교, 교수

⁶충남스포츠과학센터, 센터장

(2024년 5월 24일 접수; 2024년 6월 26일 수정; 2024년 6월 27일 채택)

Analysis of Physical Characteristics of Adolescent Weightlifters

Dong-Joo Hwang^{1,*} · Hyung-Jun Kim² · In-A Park³ · Seung-Hyeon Lee⁴
Joon-Yong Cho⁵ · Joo-Ha Jung^{6,†}

¹Research fellow, Sport Science Institute, Korea National Sport University

²Senior Researcher, Center for Sport Science in Chungnam

³Researcher, Center for Sport Science in Chungnam

⁴Researcher, Center for Sport Science in Chungnam

⁵Professor, Korea National Sport University

⁶Executive director, Center for Sport Science in Chungnam

(Received May 24, 2024; Revised June 26, 2024; Accepted June 27, 2024)

요약 : 본 연구는 중·고교 엘리트 역도 선수들을 대상으로 훈련에 의한 성장기 체력 및 운동기능 발달 수준을 평가하여 종합적인 이해를 토대로 경기력 향상을 위한 효과적인 훈련 및 관리방안을 제시하기 위해 수행되었다. 연구의 목적을 달성하기 위해 충청남도 소재의 중, 고등학교 소속 역도선수[중등부 남자(n=5), 중등부 여자(n=5), 고등부 남자(n=12), 고등부 여자(n=8)]들을 대상으로 약 10개월 간의 역도기반 훈련에 따른 신체조성, 기초체력(근력, 근지구력, 순발력, 유연성, 동적평형성, 협응성) 및 등속성 근 기능(하지 및 요부)의 변화를 추적 관찰하였다. 그 결과, 중·고교 역도선수들은 제지방량의 증가를 중심으로 신체발달이 이루어졌으며, 척추 안정화와 함께 상체와 하체 간의 빠르고 효율적인 힘 전달에 기여하는 배근력과 순발력, 바벨을 안정된 그립으로 통제하기 위해 필요한 높은 악력은 역도 경기력의 중요한 체력요인으로서 고등부 수준에서 진행되는 전문적인 훈련과 경기 경험을 통해 유의하게 향상되는 것을 확인하였다. 반면, 역도종목의 경기력에 기여하는 주요 체력요인 이외의 변화는 제한적이었으며, 이는 구체적인 훈련 프로그램

†Corresponding author

(E-mail: 98doc@hanmail.net)

*이 논문은 2024년도 정부(문화체육관광부)의 재원으로 국민체육진흥공단 스포츠정책과학원의 지원으로 연구되었음.

의 구성 혹은 선수들의 경력 및 숙련도에 따른 효율성의 차이에서 비롯된 것으로 추론된다. 종합해보면, 성장기 역도선수들의 체력과 운동능력은 엘리트 운동선수의 발전가능성을 평가하는 중요한 요소로서 이 연구를 통해 도출된 결과는 역도 선수들의 향상된 경기 성과를 이루는데 기여할 것으로 기대된다.

주제어 : 역도, 기초체력, 경기력, 등속성 근 기능

Abstract : This study was conducted to evaluate the long-term effects of training on the physical development and exercise performance of adolescent weightlifters, aiming to provide effective training and management strategies for improving competitive performance. In order to achieve the objectives of the study, adolescent weightlifters from middle and high schools in Chungcheongnam-do province [male middle school-aged athletes, n=5; female middle school-aged athletes, n=5; male high school-aged athletes, n=12; female high school-aged athletes, n=8] were examined over approximately 10 months of weightlifting-based training to analyse the changes in body composition, physical fitness (muscular strength, muscular endurance, agility, flexibility, dynamic balance, coordination), and isokinetic muscular function (trunk and lower extremity). As a result, it was found that the physical development of middle and high school-aged athletes underwent physical development primarily characterized by an increase in lean body mass. Additionally, back muscle strength and power, which contribute to rapid and efficient force transmission between the upper and lower body, as well as grip strength necessary for controlling the barbell with a stable grip, are significant factors. These aspects were notably enhanced through specialized training and competitive experience for weightlifting performance at the high school level. On the other hand, changes in factors beyond the primary physical attributes contributing to weightlifting performance were limited, suggesting differences in effectiveness likely stemming from the specific composition of training programs or the athletes' experience and skill levels. Collectively, the findings from this study, which evaluates the physical characteristics and exercise abilities of adolescent weightlifters, are expected to contribute to improved competitive performance of weightlifters.

Keywords : Weightlifting, Physical characteristic, Athletic performance, Isokinetic muscular strength

1. 서론

역도(Weightlifting)는 역동적인 힘과 신체균형의 조절을 통해 바벨(Barbell)을 수직으로 들어올려 개인의 기량을 겨루는 경쟁종목이다. 최대무게를 들어올리기 위한 기본 동작에 기초를 둔 역도는 기술체계에 따라 인상(Snatch)과 용상(Clean & Jerk)으로 구분되어 규정된 동작을 성공적으로 수행하도록 요구하기 때문에 단순히 근력 이외에 다양한 요소들이 역도의 경기력 결정요인으로 작용할 수 있다. 이러한 관점에서, 과학적 트레이닝 원리를 적용하여 체력, 기술, 정신력을 향상시키고 효율적인 훈련 및 경기 전략 등을 수립하는 것은 반드시 필요하다[1,2,3].

운동종목에 특화된 신체 및 운동능력의 발달과

불완전한 기술수준의 완성도를 높이는 과정은 오랜 시간에 걸친 반복훈련을 통해 성취된다[4]. 특히, 역도는 짧은 시간에 수많은 근육들의 협응을 통해 반영된 정교한 기술이 규정된 동작의 성공과 실패를 좌우하기 때문에 그 중요성이 더 강조된다.

일반적으로 역도선수로의 성장은 유소년기부터 성인기까지 계속되는 과정으로, 유소년기에는 기초적인 기술과 체력을 향상시키고, 청소년기에는 전문적인 훈련과 경기 경험을 통해 역도종목에 특화된 운동능력을 발달시킨다[5,6]. 이 기간은 신체적인 발달이 빠르게 나타나며, 기초 동작을 토대로 올바른 기술을 익히고 강화할 수 있는 이상적인 시기이다. 이후 성인기에는 더 높은 수준의 경기력과 전문성을 향상시키고, 부상 예방 및

관리에 주의를 기울임으로써 우수선수로서의 성과를 극대화시킨다.

선행연구에 따르면, 청소년기에 꾸준한 저항훈련을 받은 학생선수들은 역도 기술과 경기력 측면에서 성인 선수들에 필적하는 능력을 갖추고 있음이 증명되었다[7]. 또한, Pierce 등(2022)의 연구에서는 유소년기에 역도훈련을 시작하였을 때 체력과 근력 측면에서 성인기에 뛰어난 발전을 이루는 것을 발견하였다. 이러한 연구결과들은 유소년 및 청소년기에 역도 수행능력 발달에 대한 적절한 투자가 성인기에 높은 수준의 경기력을 갖추는데 중요하다는 것을 시사한다.

역도선수의 경기력 향상을 위해서는 운동기능과 관련이 높은 체력요인들을 선별하여 훈련과정에 도입시키는 것이 중요하며, 일반적으로 근력과, 순발력이 가장 우선시되는 경기력 결정요인으로 평가된다. 하지만, 근력과 순발력에 더하여 개인의 신체적 특성에 맞는 훈련과 함께 올바른 영양섭취와 휴식을 통해 일정 수준 이상의 체력(심폐지구력, 근지구력, 유연성, 협응력 등)을 꾸준히 관리하여 유지하는 것이 경기력 향상에 더 효과적이다[1,2]. 이에 따라, 관련 분야의 연구자들은 역도선수들의 기초 및 전문체력 수준에 대한 정보들을 조사하여 역도 훈련 프로그램 구성 및 경기력 결정요인에 대한 실증적 분석을 시도해왔다.

체력적인 측면에서 역도선수의 특성을 절대적인 기준에 맞춰 평가하는 것은 부적절하지만, 종목의 특성과 우수 역도선수의 체력적 특성에 비추어 볼 때 뛰어난 근력과 순발력(파워)는 경기에서 우위를 점할 수 있는 핵심 강점으로 제시되며, 탁월한 기술을 바탕으로 주동근과 협력근의 유기적인 작용을 통해 바벨을 효과적으로 들어 올리는데 필요한 협응력 또한 경기력에 중요한 결정요인으로 작용한다[8]. 반면, 종목에 우선 시되는 요인들 위주로 구성된 반복훈련으로 인해 역도선수들은 다른 종목들과 비교하여 상대적으로 근지구력, 심폐지구력, 유연성, 민첩성 등이 부족한 것이 특징적으로 나타난다. 원진희 등(2015)의 연구에 따르면 우수 대학 역도선수들의 경우 높은 수준의 제지방량(Lean mass)으로 인해 정상범위를 초과하는 체질량지수(Body mass index, BMI)를 나타내는 신체적 특성을 갖고 있으며, 우수한 근력 수준을 보유한 것이 등속성근 기능(Isokinetic muscular function) 평가에 의해 검증되었다[9]. 하지만, 그 이면을 살펴보면 양측 사지의 근력이 불균형적으로 발달하여 올바

른 역도 동작의 수행이 어려울 수 있으며, 이로 인한 경기력 저하와 높은 상해 발생 가능성을 경계해야 한다고 제안하였다. 또한, 경기력 향상을 목적으로 고안된 역도 동작 기반의 훈련 프로그램의 효과를 검증한 연구들은 앞서 제시한 체력 및 운동기능 관련 변인(근력, 근지구력, 민첩성, 유연성, 평형성, 협응력 등)들의 유의미한 개선효과를 근거로 역도선수의 경기력과 발전가능성을 평가하였다[10,11].

이처럼 다른 모든 스포츠 종목과 마찬가지로 역도에서 선수들의 개별적인 강점과 약점에 대한 이해를 바탕으로 효과적인 훈련 및 전략 수립하고 이를 경기에서의 성과로 직결시키기 위해 기초 및 전문체력 요인들의 수준을 파악하는 것은 중요한 과제로 인식되어야 한다.

지금까지 역도 종목에 대한 연구는 운동과학적 관점에서 폭넓게 진행되어 왔다. 하지만, 상당부분 기술적으로 완성된 선수들을 대상으로 역도 종목의 특이성을 반영한 훈련 프로그램 혹은 경기력 보조제(Ergogenic aids) 효과를 검증하는 연구가 우선적으로 진행되어 왔으며[12], 신체적 발달이 빠르게 나타나는 성장기 엘리트 후보 역도선수들을 대상으로 체력 및 운동 기능적 특성을 반영하는데 부족한 측면이 있다.

따라서, 이 연구는 중·고교 엘리트 역도 선수들을 대상으로 훈련에 의한 성장기 체력 및 운동기능 발달수준을 평가하여 종합적인 이해를 토대로 효과적인 훈련 및 관리방안을 제시하는데 목적이 있다. 더 나아가, 성장기에 있는 운동선수들의 체력과 운동 능력은 그들의 잠재력을 최대한 발휘하는 데 있어서 중요한 요소로서 이 연구를 통해 도출된 결과는 역도 선수들의 향상된 경기 성과를 이루는데 기여할 것으로 기대된다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구의 목적을 달성하기 위해 충청남도 소재의 중, 고등학교 소속 역도 선수들을 대상으로 하였으며, 최근 수개월간 부상이 이력이 없고 체력 및 운동기능의 발달 수준을 평가하기 위해 약 10개월 이상의 훈련기간을 중심으로 2회 이상의 반복측정 및 운동검사가 가능한 학생선수[중등부 남자(n=5), 중등부 여자(n=5), 고등부 남자(n=12), 고등부 여자(n=8)]를 연구 대상으로 선

정하여 추적 관찰하였다. 연구자는 연구에 참여한 모든 대상자에게 목적과 절차에 대해 충분히 설명하였으며, 자발적 실험참여를 희망하는 경우에 개별 동의서(Informed consent form)를 작성한 후 연구에 참여하였다. 연구 대상자의 특성은 <표 1>에 제시된 바와 같다.

2.2. 연구절차

본 연구의 모든 대상자들은 신체조성, 기초체력 및 운동기능 검사에 참여하였으며, 결과에 영향을 미치는 변수를 통제하기 위해 측정 실시 전 일정기간(약 24시간) 동안 식이 보충제 및 카페인 섭취를 제한하였다. 연구 집단에 관계없이 모든 측정검사는 총 2회 진행되었으며, 1차(사전) 측정 이후 약 10개월 이상 소속기관에서 훈련을 수행한 이후 2차(사후) 측정하였다. 이때 2회에 걸친 연속된 측정검사에 모두 참여하지 못한 일부 대상자들의 데이터는 연구목적에 부합하지 못하여 실험결과에서 제외하였다.

2.3. 측정항목 및 방법

2.3.1. 신체구성 검사

신체조성(Body composition)의 측정은 피험자가 충청남도 소재의 스포츠과학센터로 방문하여 진행되었다. 신장(Height)과 체중(Body weight, BW)은 피험자에게 최소한의 복장을 착용한 상태를 요구한 뒤 자동 신장, 체중계(BSM-370, Biospace, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 신체구성성분의 측정은 생체전기저항 체성분 분석기(Inbody 720, Biospace, Korea)를 이용하였다. 이때, 분석항목은 체중, 신체질량지수(Body mass index, BMI), 체지방률(% Body fat), 체지방량(Body fat mass), 제지방량(Lean mass)으로 구성되었다.

2.3.2. 근력

근력 수준의 평가는 악력(Grip strength)과 배근력(Back muscle strength)으로 구성하였으며, 규격화된 전문 악력계(TKK-401, TAKEI, Japan)와 배근력 측정 장비(TKK-5402, TAKEI, Japan)를 이용하였다. 먼저, 악력은 주관절이 펴진 상태에서 몸통과 15도의 간격을 유지시킨 뒤 악력계를 최대로 쥐는 힘을 Kg 단위로 측정하였으며, 배근력은 무릎관절과 주관절을 펴고 전사각 30도 정도의 기울기를 유지한 상태에서 측정 장

비의 손잡이를 잡고 요부근력을 통해 당기는 최대 힘을 kg 단위로 측정하였다.

2.3.3. 근지구력

근지구력은 복부 근육 그룹을 강화하여 체간의 안정성을 향상시키는 윗몸 일으키기(Sit-up)를 통해 측정하였다. 전용 측정 장비의 고정대에 발을 고정시키고 무릎을 굽혀 바닥에 누운 상태에서 복부와 허리근육을 이용하여 상체를 바닥에서 들어 올리는 동작을 총 1분간 실시하여 횟수를 기록하였다.

2.3.4. 순발력

하지 근육에서 단시간 내에 비롯되는 근파워의 측정평가는 수직 점프(Vertical jump)와 제자리 멀리 뛰기(Standing long jump)로 구성하였으며, 수직점프 전용 측정 장비(ST-150, Seedtech, Korea)와 제자리 멀리뛰기 전용 측정 장비(FT-7700, DAC, Korea)를 이용하였다. 두 가지 측정항목 모두 정해진 위치에 피험자를 위치시킨 뒤 무릎과 팔의 반동을 이용하여 수직 혹은 수평 방향으로 최대한 뛰도록 하였으며, 총 2회의 측정을 실시하여 얻은 결과 중 더 높은 기록을 cm 단위로 설정하여 기록하였다.

2.3.5. 유연성

일반적으로 유연성을 측정하는데 사용되는 간단하고 효과적인 방법 중 하나로서 본 연구에서는 장좌체전굴을 이용하였다. 앉은 자세로 무릎관절이 굽혀지지 않도록 유지한 상태에서 상체를 최대한 앞으로 숙여 허용 가능한 범위 안에서 손끝이 닿는 지점을 2회 측정하여 더 높은 기록을 cm 단위로 기록하였다.

2.3.6. 심폐지구력

심폐지구력을 간접적으로 평가할 수 있는 간단하고 효과적인 방법으로서 20m 왕복달리기(Shuttle run)를 이용하였다. 시작점에서 시작하여 20m로 설정된 짧은 거리를 정해진 시간동안 왕복하도록 하였으며, 정해진 시간 안에 일정한 속도를 유지하며 왕복거리를 돌아오지 못하는 지점을 종료시점으로 하여 최대 왕복 횟수를 기록하였다.

2.3.7. 동적평형성

신체를 안정적인 자세로 유지할 수 있는 능력

을 평가하기 위해 동적평형성 검사를 실시하였다. 피험자를 규격화된 평형성 측정 장비(ST-1602) 위에 안정적인 보폭으로 위치시킨 상태에서 균형을 잡도록 하여 1분 동안 다리가 지면에서 떨어지지 않은 상태로 머문 시간을 2회 측정하여 더 높은 기록을 초단위로 기록하였다.

2.3.8. 협응성

협응성은 불규칙하게 점등하는 각 셀의 터치를 통해 눈-손 협응력을 평가하는 시각반응기(T-Wall, 4x4 16cell, Germany)를 이용하여 검사하였다. 총 100개의 점등하는 셀을 터치하는데 소요되는 시간(Run-time)과 그 과정에서 발생한 오류 횟수(Error frequency)를 기록하였으며, 피험자는 운동전문가에게 모든 절차에 대한 사전교육을 받은 후 측정에 참여하였다.

2.3.9. 등속성 근 기능 검사

역도종목의 주요 체력요인으로서 경기력과 관련이 높은 근 기능을 평가하기 위해 등속성 운동 검사 장비(Humac NORM, CSMI, USA)를 이용하였으며, 모든 절차는 피험자에게 검사의 목적과 절차를 설명한 뒤 표준화된 프로토콜에 따라 전문가에 의해 시행되었다. 주요 근 기능 평가는 슬관절을 중심으로 한 양측 하지근력(대퇴사두근, 햄스트링)과 요추와 복부 주위의 근육군의 근력인 요근력을 각각 60°/sec과 30°/sec의 각속도에서 측정하여 분석하였다. 피험자의 부상을 방지하고 측정목적에 맞는 검사를 진행하기 위해 지정된 자세에서 주요 관절의 운동범위를 설정하여

측정하였으며, 최대 굴곡(Flexion)과 신전(Extension)을 정해진 횟수로 반복하여 산출된 Peak torque 값을 체중으로 표준화(Nm/kg, %BW)하여 기록하였다.

2.4. 자료처리

본 연구에서 수집된 자료는 GraphPad Prism 8 (GraphPad Prism Inc., USA) 프로그램을 이용하여 각 집단에 대한 기술 통계치(Mean±SD)를 산출하고, 시기(사전, 사후) 간 차이를 검증하기 위해 대응표본 t 검증(Paired t-test)을 실시하였다. 산출된 데이터의 정규성은 Shapiro-wilk test에 검증되었으며, 정규성이 가정되지 않은 경우 비모수 통계방법인 Wilcoxon matched-pairs signed rank test에 의해 집단 간 차이를 검증하였다. 모든 데이터의 통계적 검증을 위한 가설수락 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 신체구성의 변화

본 연구에 참여한 중·고교 엘리트 역도선수들의 신체구성 변화는 <표 1>에 제시된 바와 같다. 대상자의 신체구성 변인에 대한 변화를 추적 관찰한 결과, 짧은 측정간격에도 불구하고 성장기 남녀 중·고교 학생선수들의 체격발달은 유의한 변화를 나타냈으며, 특히 고등부 남성 역도선수들에서 눈에 띄는 신장($p<.001$)과 체중($p<.001$)의 성장, 발달이 확인되었다. 신체구성 성분의 변화의

Table 1. Changes in body composition of adolescent weightlifters

Group	Sex	Height (cm)		Body weight (kg)		Body Fat (%)		Fat mass (kg)		Lean mass (kg)	
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Middle school-aged athletes	M	161±6.8	166±6.3**	62.8±15.5	65.6±14.8	17.5±7.9	15.1±4.6	11.8±7.8	10.3±5.0	48.0±8.0	42.2±9.43*
	F	156±7.8	157±7.6*	57.2±13.4	58.4±13.3*	26.7±6.3	26.4±5.6	15.7±6.3	15.7±5.8	39.0±7.8	40.0±7.9*
High school-aged athletes	M	169±6.0	170±6.0***	82.1±14.2	85.2±15.3***	21.7±8.3	22.9±8.5**	18.8±9.7	20.5±10.6**	59.8±6.1	61.0±6.7**
	F	159±3.2	159±2.9	61.9±7.4	62.1±8.8	27.9±4.0	27.5±3.8	17.3±3.1	17.2±4.1	42.1±5.6	42.7±5.8

Tables depict mean ± SD. Middle school-aged athletes (Men, n = 5; Women, n = 5) and High school-aged athletes (Men, n = 12; Women, n = 8). * p < .05, ** p < .01, *** p < .001 indicates significant difference between pre and post.

경우 중·고교 선수들 모두 눈에 띄는 제지방량의 증가(중등부 남성, $p < .05$; 중등부 여성, $p < .05$, 고등부 남성, $p < .01$)가 확인되었지만, 예외적으로 고등부 여성 역도선수들의 제지방량의 변화는 나타나지 않았다.

3.2. 경기력 관련 주요 근력 수준의 변화

경기력과 직·간접적으로 관련이 높은 근기능 관련 변인(배근력, 제자리 멀리뛰기, 수직점프, 악력)들의 성장기 변화를 관찰한 결과는 <표 2>에 제시된 바와 같다. 먼저, 중등부 남녀 역도선수들의 근력관련 변인들은 근소하게 감소된 남성 역도선수의 배근력 수준($p < .01$)을 제외하고 전반적으로 차이가 없었다. 고등부 역도선수들의 경우 성별과 관계없이 일부 지표를 제외하고 배근력(고등부 남성, $p < .001$), 제자리 멀리뛰기(고등부 남성, $p < .01$; 고등부 여성, $p < .05$), 수직점프(고등부 남성, $p < .01$; 고등부 여성, $p < .05$), 악력(고등

부 남성(R), $p < .01$; 고등부 여성(R), $p < .01$)의 전반적인 수준이 유의미하게 증가하는 것으로 나타났다.

3.3. 등속성 근 기능 수준의 변화

중·고교 남녀 엘리트 역도선수들의 하지 및 요부 근력 수준을 등속성 근 기능 검사장비를 통해 검사한 결과, <표 3>에 제시된 바와 같이 중등부 하지 신전근(우측)의 체중비례 근력수준(60° , %BW)이 유의하게 감소(중등부 여성(R), $p < .01$)하는 결과를 제외하고 전반적인 하지 및 요부 근력 수준의 차이가 없었다. 고등부 역도선수들의 경우 하지 및 요부 근력 수준이 전반적으로 증가하는 경향을 나타냈지만, 통계적으로 유의한 차이를 확인할 수 없었다.

Table 2. Changes in strength and power of adolescent Weightlifters

Variables	Group	Sex	Pre	Post	P value
Back muscle strength (kg)	Middle school-aged athletes	M	61.9 ± 7.69	51.5 ± 6.94	.003**
		F	83.3 ± 24.8	89.4 ± 26.0	.390
	High school-aged athletes	M	138 ± 17.8	159 ± 17.9	.001
		F	95.7 ± 17.1	102 ± 19.3	.250
Standing long jump (cm)	Middle school-aged athletes	M	200 ± 19.2	217 ± 8.79	.057
		F	181 ± 21.9	180 ± 21.0	.722
	High school-aged athletes	M	228 ± 29.8	238 ± 24.8	.008
		F	194 ± 17.5	203 ± 15.6	.018*
Vertical jump (cm)	Middle school-aged athletes	M	47.2 ± 8.53	56.2 ± 5.89	.157
		F	44.6 ± 7.23	46.0 ± 7.28	.374
	High school-aged athletes	M	59.2 ± 10.2	63.2 ± 11.4	.008**
		F	50.0 ± 3.96	53.4 ± 3.93	.014*
Grip strength (kg)	Middle school-aged athletes	M (L)	31.3 ± 6.01	34.6 ± 9.55	.413
		M (R)	26	25.5	-
		F (L)	32.3 ± 12.0	41.3 ± 15.8	.183
		F (R)	28.6	28.2	-
	High school-aged athletes	M (L)	45.8 ± 7.02	47.1 ± 8.22	.320
		M (R)	31.0 ± 7.91	32.0 ± 7.58	.439
		F (L)	47.8 ± 7.07	51.0 ± 8.19	.006**
		F (R)	32.1 ± 5.48	35.1 ± 6.48	.008**

Tables depict mean ± SD. Middle school-aged athletes (Men, n = 5; Women, n = 5) and High school-aged athletes (Men, n = 12; Women, n = 8). * $p < .05$, ** $p < .01$ indicates significant difference between pre and post.

Table 3. Comparison of isokinetic lower limb and lumbar strength of adolescent weightlifters

Variables	Group	Sex	Pre	Post	P value
Lumbar extensor (60° /sec, %BW)	Middle school- aged athletes	M	368 ± 42.9	325 ± 30.6	.078
		F	267 ± 71.0	255 ± 107	.676
	High school- aged athletes	M	353 ± 98.0	386 ± 92.6	.070
		F	294 ± 49.1	308 ± 37.1	.534
Lumbar flexor (60° /sec, %BW)	Middle school- aged athletes	M	268 ± 34.7	236 ± 12.7	.205
		F	220 ± 30.3	198 ± 31.3	.105
	High school- aged athletes	M	230 ± 28.6	239 ± 37.1	.285
		F	195 ± 26.8	209 ± 23.4	.373
Knee extensor (60° /sec, %BW)	Middle school- aged athletes	M (L)	263 ± 63.0	234 ± 11.0	.559
		M (R)	214 ± 33.6	208 ± 34.3	.519
		F (L)	263 ± 47.2	257 ± 17.4	.882
		F (R)	246 ± 40.1	213 ± 50.4	.006**
	High school- aged athletes	M (L)	251 ± 68.5	270 ± 40.8	.144
		M (R)	231 ± 43.6	247 ± 45.5	.165
		F (L)	228 ± 66.7	252 ± 58.7	.090
		F (R)	225 ± 44.5	239 ± 38.1	.178
Knee flexor (60° /sec, %BW)	Middle school- aged athletes	M (L)	118 ± 12.6	139 ± 21.7	.060
		M (R)	105 ± 24.7	107 ± 15.3	.913
		F (L)	115 ± 17.5	137 ± 18.8	.250
		F (R)	108 ± 13.0	104 ± 11.6	.438
	High school- aged athletes	M (L)	155 ± 56.9	159 ± 39.5	.191
		M (R)	140 ± 64.7	139 ± 41.7	.820
		F (L)	142 ± 36.9	149 ± 30.0	.117
		F (R)	143 ± 61.1	138 ± 56.9	.426

Tables depict mean ± SD. Middle school-aged athletes (Men, n = 5; Women, n = 5) and High school-aged athletes (Men, n = 12; Women, n = 8). * p < .05, ** p < .01 indicates significant difference between pre and post.

3.4. 기초체력 관련 변인 수준의 변화

중·고교 남녀 엘리트 역도선수들의 기초체력(근 지구력, 심폐지구력, 밸런스, 유연성) 관련 지표들의 검사결과는 <표 4>에 제시된 바와 같다. 검증 결과 윗몸 일으키기(중등부 남성, $p < .01$), 20m 왕복달리기(고등부 여성, $p < .01$), 동적평형성(중등부 여성, $p < .01$) 수준의 유의미한 증가를 제외하고 전반적인 기초체력 관련 변인의 수준은 연령 및 성별과 관계없이 유의미한 차이를 나타내지 않았다.

3.5. 협응성 운동능력 수준의 변화

중·고교 남녀 엘리트 역도선수들의 눈-손 협응성 운동능력 수준을 살펴본 결과, <표 5>에 제시된 바와 같이 중·고등부 선수들의 눈-손 협응성 수준(중등부 여성, $p < .05$, 고등부 남성, $p < .01$; 고등부 여성, $p < .05$)이 유의하게 감소하는 경향을 나타낸 반면, 오류 빈도는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 4. Changes in basic physical fitness variables of adolescent weightlifters

Variables	Group	Sex	Pre	Post	P value
Sit-up (rep / min)	Middle school-aged athletes	M	42.0 ± 9.57	55.2 ± 7.12	.004**
		F	33.8 ± 15.2	40.2 ± 11.1	.168
	High school-aged athletes	M	45.6 ± 10.7	46.0 ± 9.42	.815
		F	40.6 ± 8.46	43.9 ± 8.05	.177
20m shuttle run (rep. max)	Middle school-aged athletes	M	36.4 ± 14.4	43.2 ± 10.8	.125
		F	24.6 ± 11.7	28.8 ± 13.2	.055
	High school-aged athletes	M	48.1 ± 12.1	46.8 ± 19.6	.742
		F	38.8 ± 10.2	46.6 ± 10.1	.009**
Dynamic balance (sec / min)	Middle school-aged athletes	M	28.4 ± 7.91	25.8 ± 9.27	.602
		F	19.2 ± 8.44	39.4 ± 11.4	.004**
	High school-aged athletes	M	21.6 ± 12.1	25.6 ± 13.8	.301
		F	31.6 ± 7.13	30.0 ± 7.06	.778
Trunk flexion in sitting position (cm)	Middle school-aged athletes	M	13.9 ± 2.57	17.2 ± 4.82	.125
		F	19.1 ± 5.13	19.5 ± 5.70	.630
	High school-aged athletes	M	18.1 ± 5.69	17.9 ± 5.79	.692
		F	22.4 ± 6.29	23.3 ± 5.77	.567

Tables depict mean ± SD. Middle school-aged athletes (Men, n = 5; Women, n = 5) and High school-aged athletes (Men, n = 12; Women, n = 8). * p < .05, ** p < .01 indicates significant difference between pre and post.

Table 5. Changes in motor coordination ability of adolescent weightlifters

Variables	Group	Sex	Pre	Post	P value
Run time (sec)	Middle school-aged athletes	M	44.6 ± 3.05	43.1 ± 2.62	.129
		F	52.1 ± 5.73	47.8 ± 5.94	.030*
	High school-aged athletes	M	61.9 ± 7.69	51.5 ± 6.94	.003**
		F	59.7 ± 9.45	49.9 ± 8.68	.029*
Error frequency (count)	Middle school-aged athletes	M	8.00 ± 2.51	8.38 ± 2.88	.697
		F	7.38 ± 1.30	7.13 ± 2.03	.794
	High school-aged athletes	M	8.80 ± 2.28	9.60 ± 2.70	.711
		F	6.60 ± 2.70	9.00 ± 2.92	.136

Tables depict mean ± SD. Middle school-aged athletes (Men, n = 5; Women, n = 5) and High school-aged athletes (Men, n = 12; Women, n = 8). * p < .05, ** p < .01 indicates significant difference between pre and post.

3.6. 고찰

본 연구는 중·고교 남녀 엘리트 역도선수들의 성장기 경기력 관련 기초 및 전문체력 요인들의 변화를 추적 관찰하였다. 그 결과, 약 1년 정도의 일상적인 역도훈련을 수행한 중·고교 역도선수들은 제지방량(Lean mass) 증가를 중심으로 한 신체발달을 토대로 역도종목 특이적인 근력수준(배근력, 하지 순발력, 약력)의 증가를 나타냈지만, 기초체력 수준의 변화는 다소 제한적이었다.

엘리트 역도 선수들은 나이 혹은 성별에 관계 없이 최고 수준의 성과를 위해 높은 수준의 근력, 근지구력, 유연성 및 협응력 등을 유지해야 한다. 이는 신체의 기능과 안정성을 유지하고, 선수의 종목 특이적 운동능력을 개발하는데 기여할 수 있다. 특히, 성장기(유소년 및 청소년기) 운동 선수의 경우 기초적인 기술과 체력을 향상시키고 전문적인 훈련과 경기 경험을 통해 성인기에 더 높은 수준의 경기력과 전문성을 향상시킬 수 있기 때문에 그 중요성이 크다.

중·고교 남녀 엘리트 역도선수들을 대상으로 성장과 발달에 따른 신체조성의 변화를 관찰한 결과, 성별에 관계없이 제지방량의 증가가 눈에 띄게 증가하는 경향으로 신체적인 발달이 진행되었다. 제지방량은 체중에서 지방이 차지하는 비율을 뺀 나머지 무게를 말하는 용어로서 운동관련 연구에서 근육량의 증감에 대한 경향을 간접적으로 제시하기 위해 주로 사용된다는 점을 통해 유추해 볼 때 위 결과는 고 중량의 바벨운동을 반복적으로 수행하는 역도종목의 특성이 반영된 결과로 판단된다. 충분한 근육량을 유지하는 것은 역도에서 힘과 폭발적인 에너지를 제공하고, 더 나아가 동작의 안정성과 정확성을 유지하는데 도움이 되므로 궁극적으로 경기력의 직접적인 성과로 연결될 수 있다. 원진희 등(2015)과 천우호 & 조인호(2007)의 연구에 따르면 우수 역도선수들은 체중에 비해 높은 제지방량과 골격근량을 보유하고 있는 형태로 신체가 발달하였고[9,13], Zaras 등(2020)은 역도의 주요 기술체계인 용상과 인상의 수행수준이 제지방량과 높은 양의 상관(Positive correlation)을 갖는다고 보고한 결과를 근거로 본 연구의 대상자인 중·고교 역도선수들은 오랜 시간에 걸친 반복훈련을 통해 종목의 특성에 맞는 신체발달이 진행되고 있는 것으로 판단된다[14].

역도의 기술체계를 살펴보면 높은 하중의 바벨을 성공적으로 들어올리기 위해 다양한 요인이

결정적인 역할을 한다. 특히, 척추 안정화와 함께 상체와 하체 간의 빠르고 효율적인 힘 전달에 기여하는 배근력과 순발력, 바벨을 안정된 그립으로 통제하기 위해 필요한 높은 약력은 높은 수준의 운동성과를 달성하는데 필요하다. 본 연구에서 기초 근 기능 검사(배근력, 수직 및 수평점프, 약력)를 통해 분석 결과에 따르면 고등부 역도선수들의 종목 특이적 근 기능수준은 약 1년의 훈련 기간 이후에 유의미하게 증가하는 확인되었지만, 중등부 역도선수들의 경우 이러한 변화가 나타나지 않았다. 운동 과학적 측면에서 역도선수의 유소년기는 “기회의 창(Windows of opportunity)”으로서 기술 숙련도의 향상에 초점을 맞춘 훈련을 중심으로 점차 종목 특이적 저항성 훈련을 증가시켜야 하며[5,6], 성장기 운동선수의 훈련체계는 기초적인 기술과 체력향상에 맞춘 유소년기를 거쳐 전문적인 훈련과 경기경험을 통해 종목에 특화된 운동능력을 발달시킨다는 점을 고려할 때 [15], 중등부 역도선수들의 근 기능검사 결과는 근신경계 적응에 따른 운동 제어 및 조정능력 향상에 초점을 맞춘 기초기술 훈련에 따른 결과일 것으로 추론된다. 자세하게 살펴보면 유소년기 강도 높은 저항성 혹은 역도훈련을 통한 근 성장 및 근력 발달이 불가능한 것은 아니다[5,16]. 다만, 훈련에 의한 연부조직(Soft tissue)의 손상과 부상 발생가능성을 고려할 때 경력 및 시기에 맞는 훈련체계와 전문적인 관리감독이 필요하다는 맥락에서 앞선 근 기능 검사결과는 논리적인 설명과 이해가 가능하다고 볼 수 있다[5,6,17].

등속성 근 기능 검사는 일정한 수준의 각속도에서 발생하는 근육의 장력을 측정하여 근력을 객관적으로 평가하는 유용한 도구로 이용된다 [18]. 특히, 등속성 장비를 이용한 검사는 그 과정이 개인화 및 표준화되어 다른 검사 시점에서의 결과와 비교하기 용이하다는 장점이 있어 본 연구에 적합하다. 이에 따라, 등속성 검사 장비를 통해 중·고교 남녀 엘리트 역도선수들의 성장기 요부(Lumbar extensor & flexor strength) 및 하지근력(Knee extensor & flexor strength) 수준의 변화를 검사한 결과 체중비례 신근 및 굴근의 최대근력 수준은 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 이는 경력 및 훈련수준을 고려하더라도 약 10개월 이상의 반복훈련을 수행한 역도선수들로부터 기대되는 결과라고 보기 힘들다, 일반적으로 단일 움직임에 대한 근육의 기능과 성능을 평가(제한된 운동 표본 및 실제 운동과의 차이)하는데 초

점을 맞춘 등속성 근 기능 검사의 특성으로 인해 역도선수의 실제 운동능력을 평가하는데 한계가 있다는 측정방법의 제한점을 근거로 위 결과를 통해 성장기 역도선수들의 최대근력은 변화가 없다는 단편적 해석은 경계해야 할 것으로 판단된다[19].

한편, 종목에 관계없이 경기력에 영향을 미치는 주요 체력요인을 중점적으로 훈련에 반영해야 한다는 것은 일반적인 훈련지침이다[20,21]. 역도에서는 근력과 순발력이 우선시 되지만 일정수준 이상의 체력수준(심폐지구력, 근지구력, 유연성, 동적평형성, 협응력 등)을 유지하는 것이 반복적인 훈련을 수행하고 경기력을 향상시키는데 효과적이다. 연구에 참여한 중·고교 엘리트 역도선수들의 전반적인 체력요인들의 변화를 검증한 결과 일부 지표를 제외하고 전반적인 체력수준에 유의한 변화는 없는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 성인기 역도선수들을 대상으로 역도기술 기반의 코어 훈련 프로그램을 통해 기초체력 요인의 향상을 보고한 오아람 & 김현우(2022)의 연구와 상반되는 결과로서[11], 구체적인 훈련 프로그램의 구성 혹은 선수들의 경력 및 숙련도에 따른 효율성의 차이에서 비롯된 것으로 추론된다.

본 연구는 다음과 같은 제한점이 존재한다. 첫째, 체력 및 운동기능의 발달 수준을 평가하기 위해 약 10개월 이상의 훈련기간을 중심으로 2회 이상의 반복측정 및 운동검사가 가능한 대상자를 선별하는 절차로 인해 중등부 역도선수의 인원수가 비교적 부족하였다. 둘째, 측정 장소의 제약으로 인해 같은 시기 역도의 경기력을 평가 및 비교할 수 있는 주요 지표(용상과 인상)의 결과 값을 제시하지 못하였다. 그러므로, 앞서 제시된 제한점에 대한 이해를 바탕으로 성장기 역도선수의 효과적인 훈련 프로그램 구성하고 이를 경기 성과로 직결시키기 위한 정보를 전달하기 위한 관점에서 본 연구의 결과를 이해하는 것이 필요하다.

4. 결론

본 연구는 중·고교 엘리트 남녀 역도 선수들을 대상으로 훈련에 의한 성장기 체력 및 운동기능 발달수준을 평가하였다. 그 결과, 중·고교 역도선수들은 제지방량의 증가를 중심으로 신체발달이 이루어지며, 이는 역도종목 특이적인 근력수준의

증가와 직간접적으로 관련성이 높다고 볼 수 있다. 또한, 척추 안정화와 함께 상체와 하체 간의 빠르고 효율적인 힘 전달에 기여하는 배근력과 순발력, 바벨을 안정된 그립으로 통제하기 위해 필요한 높은 악력은 역도 경기력의 중요한 체력 요인으로서 고등부 수준에서 진행되는 전문적인 훈련과 경기 경험을 통해 유의하게 향상되는 것을 확인하였다. 반면, 역도종목의 경기력에 기여하는 주요 체력요인 이외의 변화는 제한적이었으며, 이는 구체적인 훈련 프로그램의 구성 혹은 선수들의 경력 및 숙련도에 따른 효율성의 차이에서 비롯된 것으로 추론된다. 종합해보면, 성장기 역도선수들의 체력과 운동능력은 엘리트 운동선수의 발전가능성을 평가하는 중요한 요소로서 이 연구를 통해 도출된 결과는 역도 선수들의 향상된 경기 성과를 이루는데 기여할 것으로 기대된다.

References

1. D. J. Hwang, D. C. Yeom, J. Y. Cho, "A biochemical response to the type of resistance training in elite female weightlifting athletes", *Sport Science*, Vol.35, No.2 pp. 197-204, (2018).
2. D. J. Hwang, D. C. Yeom, J. Y. Cho, "The effect of resistance training methods on muscular function and hormone response in elite weightlifters", *The Korea Journal of Sports Science*, Vol.26, No.5 pp. 1025-1037, (2017).
3. D. C. Yeom, J. H. Won, "Predicted performance of Weightlifters using time series analysis: Focused on Korean National Sports Festival", *Sport Science*, Vol.38, No.1 pp. 191-200, (2020).
4. Stricker PR, Faigenbaum AD, McCambridge TM, COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS, "Resistance Training for Children and Adolescents", *Pediatrics*, Vol.145, No.6 pp. e20201011, (2020).
5. Myers AM, Beam NW, Fakhoury JD, "Resistance training for children and adolescents", *Translational pediatrics*, Vol.6, No.3 pp. 137-143, (2017).

6. Pierce KC, Hornsby WG, Stone MH, "Weightlifting for Children and Adolescents: A Narrative Review", *Sports health*, Vol.14, No.1 pp. 45–56 (2022).
7. Huebner M, Meltzer D, Ma W, Arrow H, "The Masters athlete in Olympic weightlifting: Training, lifestyle, health challenges, and gender differences", *PloS one*, Vol.15, No.12 pp. e0243652, (2020).
8. J. S. Ryu, H. J. Ahn, J. Y. Cho, Y. K. Yun, S. H. Yoon, Y. J. Moon, S. H. Won, T. M. Park, P. H. Choi, "Sports Coach Training Manual (Weightlifting). Korea Foundation for the Next Generation Sports Talent", *Korea Institute of Sport Science*, (2010).
9. J. H. Won, H. J. Ahn, D. C. Yeom, "Assessment of Isokinetic Muscle Function in Elite Weight Lifters", *Sport Science*, Vol.32, No.2 pp. 91–97, (2015).
10. D. S. Shin, C. J. Lee, Y. H. Ko, G. C. Lim, D. J. No, S. M. Kim, "The effect of training program on power, strength and 1RM in female weight-lifters", *Korean Journal of Sport Science*. Vol.16, pp. 27–33, (2010).
11. A. R. Oh, H. W. Kim, "The effect of core training program on motor function, anaerobic power and isokinetic muscle function of general weightlifters", *Journal of Korean Society for the Study of Physical Education*. Vol.27, No.5 pp. 263–273, (2022).
12. Rawson ES, Volek JS, "Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance", *Journal of strength and conditioning research*. Vol.17, No.4 pp. 822–831, (2003).
13. W. H. Chun, I. H. Cho, "The Effects of Creatine Supplementation on Power Output in Elite Weigh Weifht Lifers", *Korea sport research*. Vol.18, No.6 pp. 109–116, (2007).
14. Zaras N, Stasinaki AN, Spiliopoulou P, Hadjicharalambous M, Terzis G, "Lean Body Mass, Muscle Architecture, and Performance in Well-Trained Female Weightlifters", *Sports (Basel, Switzerland)*, Vol.8, No.5 pp. 67, (2020).
15. J. S. Kim, "The effect of 12-week Weight Training with Muscle Strength, Agility Training on Physical Fitness Factors and Isokinetic Muscle Function in of Elementary School Male Soccer Players", *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, Vol.39, No.4 pp. 527–534, (2022).
16. Granacher U, Lesinski M, Büsch D, Muehlbauer T, Prieske O, Puta C, Gollhofer O, Behm DG, "Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development", *Frontiers in physiology*, Vol.7, pp. 164, (2016).
17. Bush CM, Wilhelm AJ, Lavallee ME, Deitch JR, "Early Sport Specialization in Elite Weightlifters: Weightlifting Injury Occurrence and Relevant Opinions", *Journal of strength and conditioning research*, Vol.35, No.11 pp. 3260–3264, (2021).
18. T. W. Jun, H. J. Sin, Y. W. Kim, S. T. Park, "Effect of Leg press training on Low-extremity muscle strength to muscle contraction modes", *Exercise science*, Vol.20, No.4 pp. 397–404, (2011).
19. Estrázulas JA, de Jesus K, de Jesus K, da Silva RA, Libardoni Dos Santos JO, "Evaluation isometric and isokinetic of trunk flexor and extensor muscles with isokinetic dynamometer: A systematic review", *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, Vol.45, pp. 93–102, (2020).
20. T. Y. Kim, W. Y. Park, Y. H, "Byun. Effects of Kettlebell Training on Functional Movement Screen and Balance in Middle School Baseball Players", *Journal of the Korean Applied Science and Technology*,

- Vol.39, No.1 pp. 96-107, (2022).
21. C. K. Lee, S. E. Kim, S. W. Cho, "The effect of 12-week Weight training with Flywheel Exercise on Physical Fitness Factors, Anaerobic power, and Isokinetic Muscle Function in Professional Handball Players", Journal of the Korean Applied Science and Technology, Vol.38, No.6 pp. 1606-1615, (2021).