

Comparison between Isokinetic Peak Torque and Isotonic 1RM on the Knee Joint

Jaehyun Yoo^{ID}

Laboratory of Health & Exercise Science, Department of Health & Human Performance, College of Health & Welfare, Sahmyook University

Objective: Resistance exercise is a necessary element to improve quality of life, and measurement and evaluation of muscle strength provide important information for prescription and management of rehabilitation and exercise programs. This study analyzed the correlation between direct and indirect 1RM for isokinetic maximum torque of the knee joint in order to provide useful information in the field of exercise programs. In addition, the flexion-extension ratio and the difference in left-right deviation were verified.

Design: A cross-sectional study

Methods: The subjects of this study were 33 healthy adult men and women without medical problems who participated in the health exercise class program at S University in Seoul. The correlation between isokinetic maximum torque and direct and indirect 1RM was analyzed, and a dependent t-test was performed to analyze the flexion-extension ratio and left-right deviation.

Results: There was a high correlation between the isokinetic maximum torque and direct and indirect 1RM, and no statistically significant difference was shown between the test methods in the analysis of the flexion-extension ratio and left-right deviation.

Conclusions: Isokinetic muscle function measuring equipment is expensive, so it is difficult to use it in local exercise rehabilitation and training sites. Through this study, it was found that direct and indirect 1RM isokinetic maximum torque showed a high correlation, and there was no difference in evaluating muscle function such as flexion-extension ratio and left-right deviation. Therefore, it is considered that the muscle function evaluation using 1RM in general field can be usefully utilized.

Key Words: Isokinetic peak torque, Maximum Strength, Isotonic Strength

서론

다양한 신체활동은 심장질환과 당뇨의 위험 감소, 골 밀도와 수면의 질을 개선, 노년기의 신체활동수행력 유지, 불안장애와 우울증의 위험을 감소시키는 등 많은 효과가 입증되고 있다[1]. 그럼에도 불구하고 신체활동부족은 조기사망의 4대 주요 요인 중 하나로 분류되며, 당뇨 및 심장질환, 각종 암의 위험과 높은 관련성이 보고되고 있다[2,3,4]. 건강증진과 관련하여 개선시켜야 할 체력요인으로 심폐지구력, 근력, 근지구력, 유연성, 신체 조성 등의 건강관련체력이 고려된다. 그 중에서 근력은 근육에서 한 번의 최대 수축동안 발휘되는 힘을 의미하며 일상생활과 스포츠활동의 수행에 밀접한 관련이 있

다. 근력수준이 높을수록 신체적 기능제한이 발생할 가능성과 심혈관질환의 발생위험이 낮아진다[2,5]. 또한 규칙적인 저항운동의 수행은 신체조성, 혈당수준, 인슐린 민감도, 고혈압의 개선에 효과가 있으며[5,6,7], 과체중이나 비만인의 혈중지질 개선에 유산소운동만큼의 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며[8], 말초동맥질환자의 걷는 거리와 속도에 긍정적인 영향을 미치고[9,10], 부하를 받는 뼈의 밀도를 증가시키거나 골량손실을 예방하고 지연[2], 관절염환자의 통증 경감[11], 만성요통의 개선[12,13], 우울증과 불안의 감소[5] 뿐 아니라 활력을 증가시키고 피로를 줄여주는 것으로 보고되었다.

하지의 근기능은 일상생활의 걷기, 의자에서 일어나기, 계단 오르기 등의 활동과 높은 관련성이 있으며 하

Received: Jun 21, 2023 Revised: Jun 27, 2023 Accepted: Jun 28, 2023

Corresponding author: Jaehyun Yoo (ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6028-0188>)

Laboratory of Health & Exercise Science, Department of Health & Human Performance

College of Health & Welfare, Sahmyook University, 815, Hwarang-ro, Nowon-gu, Seoul, Republic of Korea

Tel: +82-10-3353-0802 E-mail: yoojh@syu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2023 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

지의 근력약화는 낙상의 위험을 높이는 것으로 보고되고 있다[14,15]. 무릎관절의 근력평가에서 굽힘/펼 비율, 좌우편차는 상해예방과 운동프로그램 계획에 중요한 자료를 제공한다. 무릎관절의 굽힘/펼 비율이 50%미만인 경우 전방십자인대의 손상 가능성이 높으며, 70% 초과하면 넵다리네갈래근의 약화로 무릎뼈 병변을 동반한다[16]. 이와 관련한 기능적 평가를 위해서 등속성 운동기구를 이용한 등속성 근관절기능검사 (isokinetic muscle test)가 이루어지지만, 일선 트레이닝 현장에서는 장비의 가격이고액인 관계로 활용에 어려움이 있다. 또한 저항운동 현장에서 1RM (one repeated maximum)의 측정과 평가는 부하의 설정과 수행능력 향상의 정도를 파악하기 위하여 일반적으로 활용되고 있지만 굽힘/펼 비율, 좌우편차 등의 기능적 평가에는 활용되고 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 1RM 직접측정법 및 간접측정법을 활용하여 산출된 무릎관절에서의 굽힘과 펼 동작 각각의 1RM과 등속성 회전력과의 관련성을 분석하고, 굽힘/펼 비율과 좌우편차의 차이를 검증하여 저항운동현장에서 1RM 활용가능 여부를 규명하고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구의 대상은 서울소재 S대학교 건강운동교실에 참여한 학생들로 검사 및 운동수행이 가능한 남학생 16명, 여학생 17명으로 총 33명을 대상으로 하였다. 피험자의 특징은 <Table 1>과 같다.

평가도구

무릎관절의 등속성 최대회전력

연구대상자들의 무릎관절 등속성 회전력은 HUMAC NORM isokinetic extremity system(computer sports medicine inc., CSMI, U.S.A)을 이용하여 평가하였다. 먼저 대상자를 고관절이 90° 굴곡되게 이루어진 HUMAC NORM검사대에 앉히고, 무릎관절의 운동축과 동력계의 운동축이 일치되도록 하였으며, 안전벨트와 대퇴 고정장치를 사용하여 상체와 골반 및 대퇴부를 고

정시키고 발목의 내측 복숭아뼈 윗부분에 발목 고정끈으로 측정하는 발을 고정하였다. 한편 반대편 하지는 사지 안전바로 고정하게 하였다. 또한 검사하는 하지와 등속성 운동기구 운동축의 무게가 무릎관절 회전력에 미치는 영향을 방지하기 위하여 gravity effect torque를 측정하여 컴퓨터에 입력시킨 후, 관절운동의 범위를 펼 동작은 0°, 굽힘동작은 90°로 제한시켰다. 그 후 대상자에게 검사과정을 설명하여 가능한 빨리 무릎관절을 펼 및 굽힘하게 하였으며, 검사 중 몸통이 몸통받침대에 밀착되도록 하고 양손은 손잡이를 잡도록 하였다. 검사는 운동속도 60°/sec에서의 4회 검사를 실시하였으며, 검사에 앞서 4회의 연습을 실시하여 대상자들에게 검사에 대한 적응성을 향상시켰다. 또한 검사 중의 동기유발을 위하여 일정한 톤으로 구령을 붙여주어 자연스러운 검사가 되도록 유도하였으며, 시각적 피드백을 주기 위하여 검사 중 본인의 회전력 발현그래프를 볼 수 있게 하였다.

검사결과에 대한 분석요소로는 최대회전력(peak torque), 양측 무릎관절의 굽힘근과 펼근의 비율, 펼근과 굽힘근 각각의 좌우 편차를 산출하였다.

무릎관절의 등장성 직접 최대근력(direct 1RM)

연구대상자들의 무릎관절 등장성 직접 최대근력의 평가는 Cybex사의 knee extension machine과 Knee flexion machine을 사용하였으며 피험자를 각 장비에 앉히고 무릎관절에 장비의 축이 일치하도록 조정하였다. 예상되는 최대근력의 40~60% 강도로 5회에서 10회 반복한다. 1분간 휴식 후 스트레칭을 실시한 다음 60~80% 강도로 3회에서 5회 반복하고 피험자가 최대근력을 발휘할 수 있도록 무게를 일정량 증가시킨다. 한번 성공하면 3분에서 5분간 휴식을 취하고 다음 시도를 준비한다. 이러한 방법으로 피험자가 들어올릴 수 없을 때까지 실시하였으며, 3번에서 5번 이내에서 최대근력을 산출토록 하였다.

무릎관절의 등장성 간접 최대근력(indirect 1RM)

연구대상자들의 무릎관절 등장성 간접 최대근력의 평가는 Cybex사의 knee extension machine과 knee flexion

Table 1. General Characteristics of Subject

	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	% Body fat
male (n = 16)	22.38±3.74	176.31±5.63	71.94±8.93	18.82±7.47
female (n = 17)	20.82±2.51	161.29±4.63	57.72±10.27	29.84±5.60

Values are presented as mean±deviation.

machine을 사용하였으며 피험자를 각 장비에 앉히고 무릎관절에 장비의 축이 일치하도록 조정하였다. 측정방법은 먼저 예상되는 최대근력의 40~60% 강도로 5회에서 10회 반복한다. 1분간 휴식 후 스트레칭을 실시한 다음 피험자가 무겁다고 생각하는 무게, 즉 최대반복횟수가 10회를 넘지 않을 수 있는 무게를 설정하여 최대반복횟수를 측정하였다. 측정된 최대반복횟수를 다음의 공식에 대입하여 1RM을 산출하였다.

$$1RM = WO + W1$$

WO : 약간 무겁다고 생각되는 중량(대략 7~8회의 최대반복수축이 가능한 무게)

$$W1 = WO \times 0.025 \times R$$

R : 최대반복횟수

자료처리

본 연구의 자료처리를 위하여 통계패키지 SPSS 25.0을 이용하여 각 변인들의 평균과 표준편차를 구하였으며, 무릎관절의 등속성 최대근력과 등장성 최대근력의 직접측정치(direct 1RM) 및 간접측정치(indirect 1RM)의 관련성을 알아보기 위하여 상관계수를 산출하였고, 무릎관절 등속성 최대 회전력과 등장성 최대근력 직접측정치 및 간접측정치 각각의 굽힘/뻗 비율과 좌우편차의 차이를 알아보기 위하여 방법간 paired t-test를 실시하였다. 유의수준은 .05로 하였다.

연구결과

무릎관절 등속성 최대 회전력과 직접 및 간접 1RM측정치 간의 상관관계

본 연구에 참여한 학생들의 무릎관절 등속성 최대 회전력과 직접 및 간접 1RM 간의 상관관계에 대한 분석 결과는 <Table 2>에 제시한 바와 같다. 각 변인들 간의 연관성에 있어 무릎관절 등속성 최대근력과 직접 및 간

접 1RM에 대한 분석결과 우측 신전근의 최대회전력(peak torque)과 직접 및 간접 1RM은 각각 162.03(±52.07) Nm, 27.50(±9.76)kg, 26.23(±9.31)kg으로 등속성 최대회전력에 대한 직접 및 간접 1RM의 상관관계는 각각 r=.919(p<.001), r=.914(p<.001)를 나타내었으며, 좌측 신전근의 최대회전력과 직접 및 간접 1RM은 각각 158.91(±53.23)Nm, 27.27(±10.18)kg, 26.18(±9.35)kg으로 등속성 최대회전력에 대한 직접 및 간접 1RM의 상관관계는 각각 r=.936(p<.001), r=.935(p<.001)를 나타내었다. 또한 우측 굴곡근의 최대회전력과 직접 및 간접 1RM은 각각 84.58(±34.48)Nm, 14.05(±5.53)kg, 13.40(±5.30)kg으로 등속성 최대회전력에 대한 직접 및 간접 1RM의 상관관계는 각각 r=.937(p<.001), r=.951(p<.001)를 나타내었으며, 좌측 굴곡근의 최대회전력과 직접 및 간접 1RM은 각각 82.15(±36.08)Nm, 13.75(±5.66) kg, 13.37(±5.43)kg으로 등속성 최대회전력에 대한 직접 및 간접 1RM의 상관관계는 각각 r=.948(p<.001), r=.961(p<.001)를 나타내었다.

무릎관절의 등속성 최대 회전력과 직접 및 간접 1RM 각각의 굴신비율과 좌우편차의 차이

무릎관절 등속성 최대회전력과 등장성 최대근력에 대한 직접 및 간접측정치 각각의 굴신비율과 좌우편차 차이의 결과는 <Table 3>과 같다. <Table 3>에서 나타난 무릎관절 등속성 최대회전력과 등장성 최대근력의 직접 및 간접측정치 각각의 굴신비율은 좌측에서 50.59(±10.24)%, 49.96(±5.44)%, 50.44(±5.51)%를, 우측에서는 51.51(±9.19)%, 50.83(±7.86)%, 50.61(±5.99)%를 나타내었으며, 등속성 최대회전력의 굴신비율에 대한 직접 및 간접 1RM의 굴신비율은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 무릎관절 등속성 최대회전력과 직접 및 간접 1RM 각각의 좌우편차는 굴곡근에서 -3.39(±12.92)%, -2.01(±10.44)%, 0.39(±6.61)%로, 신전근에서는 1.94.78(±7.72)%, 1.09(±8.36)%, 0.23(±5.58)%로 나타

Table 2. The correlations between direct and indirect 1RM for isokinetic peak torque at the knee joint

	Isokn [†] . (Nm)	dir ^{††} . 1RM (kg)	indir ^{†††} . 1RM (kg)	Isokn. Vs. dir. 1RM		Isokn. Vs. ind. 1RM	
				r	p	r	p
Right Extensor	162.03±52.07	27.50±9.76	26.23±9.31	.919***	.000	.914***	.000
Left Extensor	158.91±53.23	27.27±10.18	26.18±9.35	.936***	.000	.935***	.000
Right Flexor	84.58±34.48	14.05±5.53	13.40±5.30	.937***	.000	.951***	.000
Left Flexor	82.15±36.08	13.75±5.66	13.37±5.43	.948***	.000	.961***	.000

Values are presented as mean±deviation. ***: p<.001

Table 3. The differences in right/left deviation and extensor/flexor ratio of direct and indirect 1RM for peak torque at the knee joint

		Isokn [†] (%)	dir ^{††} . 1RM (%)	ind ^{†††} . 1RM (%)	isokn. vs. dir. 1RM		ilsokn vs. ind. 1RM	
					t-value	p	t-value	p
Flx./Ext. Ratio	Left	50.59±10.24	49.96±5.44	50.44±5.51	.443	.660	-.116	.908
	Right	51.51±9.19	50.83±7.86	50.61±5.99	.426	.673	-.711	.482
Left/Right deviation	Flexor	3.39±12.92	2.01±10.44	0.39±6.61	.601	.552	-1.682	.102
	Extensor	1.94±7.72	1.09±8.36	0.23±5.58	.455	.665	-1.073	.291

Values are presented as mean±deviation. [†]isokinetic ^{††}direct ^{†††}indirect

났으며, 등속성 최대회전력의 좌우편차에 대한 직접 및 간접 1RM의 좌우편차는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

논의

축구나 농구, 테니스 등 모든 스포츠 종목에서 수행 능력을 향상시키기 위해서는 높은 수준의 근력이 요구된다. 뿐만 아니라 짐 나르기, 계단 오르기 등 효율적인 일상생활과 삶의 질을 높이려면 적절한 근기능은 중요하다. 노화와 관련하여 근육량은 25세 이후 매년 0.5~1% 감소하여 70세 이전에 13~24%의 감소를 보이며 80세 이후에는 약 50%까지 감소하는데, 이러한 근 감소는 지근섬유보다 속근섬유에서 많이 일어나기 때문에 근지구력보다 근력의 감소가 크게 나타나게 된다. 이러한 근력의 감소는 노년의 낙상위험을 증가시킨다[17]. 근력을 향상시키기 위해 설계된 저항운동은 동원되는 운동단위의 수를 증가시키고 근비대를 야기해 낙상의 위험을 40%까지 감소시키며 만성질환의 예방 및 관상동맥질환에 대한 위험요소의 제거하고 독립적 수행능력을 개선시킨다[18].

근력 개선을 위한 저항운동프로그램을 계획하기 위해서는 우선적으로 근기능의 평가가 선행되어야 한다. 근력의 평가 방법에는 등속성, 등장성, 등척성 검사방법이 있는데, 등속성 근력측정은 관절의 전 가동범위에서 일정한 각속도에 따라 최대근력을 평가하며 근력뿐만 아니라 근지구력과 근파워를 정확히 평가하는 방법으로 근력의 굴신비율과 좌우편차를 측정하는데 용이하다. 이러한 등속성근기능 검사는 재활의 정도를 파악하고 상해 예방을 위한 객관적 정보를 제공하는데 유용하게 사용되고 있다[19]. 하지만 장비의 가격이 비싸 일반 트레이닝현장에서 활용하기는 어려운 현실이다[20]. 일반적으로 트레이닝 현장에서 근력의 평가와 운동처방은 등장성 기구를 이용한 1RM 측정을 통해서 이루어지나 주동근과 길항근 간의 근력비율, 좌우편차 등의 근기능의 평가를 위해서는 타당성 검증이 필요한 상황이다. 일반적으로 무릎관절의 굽힘/펴 비율은 50~70%, 좌우편

차는 5~10% 미만 수준을 정상범위로 간주하며 재활의 정도를 파악하는 지표로 사용된다[21,22]. Kim 등[20]은 남성을 대상으로 무릎관절의 등속성 최대회전력과 1RM 간에 높은 상관계수를 보이며, 굴신비율과 좌우편차에서 차이가 없음을 검증하였다. 선행연구와 같이 본 연구도 남녀 대학생을 대상으로 하였으며 등속성 최대회전력에 대하여 1RM 직접 및 간접방법이 각각 높은 상관관계를 나타내었으며, 굽힘/뻗비율과 좌우편차에서도 차이를 나타내지 않았다. 따라서 일반현장의 등장성 운동기구를 이용한 굽힘/뻗비율과 좌우편차의 평가가 유용함을 시사하였다. 그러나 여성만을 대상으로 한 Yoo 등[19]의 연구에서는 등속성 최대회전력과 직접 및 간접 1RM간에 높은 상관은 보였으나, 좌측의 굴신비율과 굴근의 좌우편차에서 유의한 차이를 나타냈다. 이는 여성이 남성에 비해 절대적으로 근력수준이 낮아 1RM측정시 증가되는 부하가 상대적으로 크게 적용되기 때문이라고 하였으며 이를 보완하기 위하여 부하증가량을 보다 세분화할 것을 권고하였다. 본 연구는 건강한 성인 남녀를 대상으로 하였기에 노인이나 체력수준이 낮은 대상들에게까지 일반화시키기에는 제한될 수 있다. 따라서 노인이나 체력 수준이 낮은 경우 1RM을 이용한 근기능의 평가는 조심스러운 접근이 요구된다.

결론

건강한 대학생을 대상으로 실시한 본 연구는 등속성 최대회전력과 직접 및 간접 1RM 간에 높은 상관관계를 보이면서 굽힘/뻗비율과 좌우편차에서도 차이가 없음을 확인하였다. 이는 직접 및 간접 1RM을 이용한 근기능의 평가가 유용함을 시사하는 것이다. 추후 연구에서는 체력수준을 구분하여 그에 따른 차이 검증도 필요하다 고 사료된다.

Acknowledgment

이 논문은 2021년도 삼육대학교 홍명기학술연구기금에 의하여 수행된 연구임.

This paper was supported by the Academic Research Fund of Dr. Myung Ki(MIKE) Hong in 2021.

참고문헌

1. Powers SK, Dodd SL, Jackson EM. Total fitness and wellness. 6thed.Pearson, 2016.
2. ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 11th ed. WoltersKluwer, 2022.
3. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet*. 2012;380(9838):247-57.
4. Kohl HW III, Craig CL, Lambert EV, et al. The pandemic of physical inactivity: Global action for public health. *Lancet*. 2012;380(9838):294-305.
5. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-59.
6. ColbergSR, Sigal RJ, Fernhall B, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care*. 2010;33(12):e147-67.
7. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(3):533-53.
8. Schwingshackl L, Missbach B, Dias S, König J, Hoffmann G. Impact of different training modalities on glycaemic control and blood lipids in patients with type 2 diabetes: a systematic review and network meta-analysis. *Diabetologia*. 2014;57(9):1789-97.
9. Askew CD, Parmenter B, Leicht AS, Walker PJ, Gollidge J. Exercise & Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for patients with peripheral arterial disease and intermittent claudication. *J Sci Med Sport*. 2014;17(6):623-9.
10. Yang Z, Scott CA, Mao C, Tang J, Farmer AJ. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2014;44(4):487-99.
11. Messier SP. Obesity and osteoarthritis: disease genesis and nonpharmacologic weight management.

- Rheum Dis Clin North Am. 2008;34(3):713-29.
12. Manniche C, Lundberg E, Christensen I, Bentzen L, Hesselsoe G. Intensive dynamic back exercises for chronic low back pain: a clinical trial. *Pain*. 1991; 47(1):53-63.
 13. Vincent HK, George SZ, Seay AN, Vincent KR, Hurley RW. Resistance exercise, disability, and pain catastrophizing in obese adults with back pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(9):1693-701.
 14. Yoo J. The Comparison Study between Indirect Isotonic Maximum Strength(1RM) and Isokinetic Peak Torque at Knee Joint. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2004;21:587-595.
 15. Kathleen MK., Lorraine RB. & Dennis C. Validity of 1RM prediction equations for older adults. *J. StrengthandCond.Res.*, 1999;11(2):105-108.
 16. Buschbacher RM, &Braddom RL. *Sportsmedicine and rehabilitation; A sport-specific approach*, Indiana: Mosby, 1994.
 17. Baumgartner RN, Kochler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, Lindeman RD. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*. 1998; Apr 15;147(8):755-63.
 18. Kraemer WJ, Ratamess NA. *Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription*. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(4):674-88.
 19. Yoo J, Song C, Lee C. The relationships and difference rates between isotonic maximum strength and isokinetic peak torque at knee joint in adult women. *Journal of Coaching Development*. 2004; 6(2):221-228.
 20. Kim S, Yoo J, Yoo K, Sim Y, Lee C, Kim Y, Jee Y, Lee C, Kim S. Comparison Study between Isotonic Maximum Strength(IRM) and Isokinetic Peak Torque at the Knee Joint. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2002;18(2):1009-1016.
 21. Dvir, Z. *Isokinetics; Muscle testing, Interpretation and Clinical applications*. New York: Churchill Livingstone. 1995.
 22. Heyward, V.H. *Advanced fitness assessment & exercise prescription*. 3th ed. Illinois: Human Kinetics. 1998.