



Original Article

Effects of Body Mass Index on Ankle Joint Muscle Function and Dynamic Proprioceptive Control

Ji-Hoon Cho¹, Seung-Taek Lim² and Eunjae Lee^{3*}

¹Dongshin University

²Kookmin University

³Inha University

Article Info

Received 2023. 09. 13.

Revised 2023. 10. 19.

Accepted 2023. 10. 30.

Correspondence*

Eunjae Lee

eunjaesports@gmail.com

Key Words

Overweight,
Body mass index, Ankle,
Muscle function,
Proprioception

PURPOSE Increased body mass index (BMI) increases ankle instability and adversely affects human movement. This study aims to compare and analyze the muscle function and proprioception of the ankle joint based on Body Mass Index (BMI) to determine potential differences. **METHODS** Twenty-eight healthy male and female college students were categorized into overweight (\geq BMI 23) and normal ($<$ BMI 23) groups. Measurements included BMI, isokinetic strength of dorsiflexion, plantarflexion, eversion, inversion, ankle joint range of motion, and ankle joint proprioception. **RESULTS** In dorsiflexion, right 30°/sec ($p=.035$), left 30°/sec ($p=.009$) and right 120°/sec ($p=.011$); in plantarflexion, left 30°/sec ($p<.001$), right 120°/sec ($p=.007$) and left 120°/sec ($p=.006$) in ankle inversion, left 30°/sec ($p=.001$), right 120°/sec ($p=.021$) and left 120°/sec ($p=.007$), left 30°/sec ($p=.014$), 120°/sec ($p=.001$) in ankle inversion-eversion ratio, right ($p=.003$) and left ($p=.003$) in ankle joint range of motion, right ($p<.001$) and left ($p=.022$) in total proprioception, and left ($p<.001$) in left-right proprioception were significantly different between the normal and overweight groups. **CONCLUSIONS** It was found that the overweight group had lower muscle strength, joint range of motion, and proprioceptive control function of the ankle joint than the normal group according to BMI. Therefore, exercise programs should be provided to strengthen the periarticular muscles involved in ankle movement, such as the tibialis anterior, soleus, and peroneus longus, and to control dynamic proprioception to prevent ankle injuries and function of the ankle joint according to BMI.

서론

가장 일반적으로 사용되는 비만의 척도인 체질량 지수(body mass index, BMI)는 비만과 아주 밀접한 관계를 보여준다(Zabarsky et al., 2018). BMI가 높아질수록 입원 및 사망의 위험율이 증가하였고, BMI 40이상의 심각한 비만은 50세 이전 병원 내 사망 위험이 36배 증가하는 것으로 보고하였다(Hendren et al., 2021). 이처럼 BMI가 높을수록 건강상 많은 문제를 초래하게 된다. BMI가 높을수록 수면과 신체활동 시간이 유의하게 낮게 나타났고, BMI가 낮을수

록 중-고강도 신체활동과 수면의 시간이 유의하게 증가 하는 것으로 나타났다(Tye et al., 2020).

과체중 및 비만인 사람들은 인체 움직임에 많은 제약들이 존재하고, 그중에서도 팔꿈치 굽힘, 엉덩이 굽힘과 펴, 무릎의 굽힘, 그리고 발목의 굽힘에서 정상 체중인들과 비교하여 작은 관절의 가동범위를 나타냈다(Jeong et al., 2018). 특히, 과체중과 비만으로 인한 발의 안쪽굽은(내반, varus)과 바깥굽은(외반, valgus) 기형 발달과 진행 위험 증가는 장기적으로 보았을 때 발목관절에 악영향을 줄 수 있다(Capodaglio et al., 2021). BMI 30kg/m² 이상 비만인들은 발목의 옆침(회내, pronation)-벌림(외전, abduction) 동작으로 개방형 골절이 더 자주 발생하여 최악의 경우에는 무릎 아래까지 절단이 필요할 수도 있다(Kahan et al., 2020). 이렇듯, 체중의 증가로 인하여 과체중과 비만인들은 발목에 기형 발달뿐만 아니라 골절 등 다양하

© 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.

게 악영향을 받게 된다.

정상적인 발목관절 안정성은 생리적 한계 내에서 움직일 수 있는 것으로 정의되고, 발목관절 안정성은 관절을 구성하는 뼈, 관절을 둘러싸고 있는 인대 그리고 관절을 통과하는 외인성 근육의 적합성에 의해 수동적으로 확보가 된다(Lambert et al., 2020). 즉, 발목관절 안정성은 뼈와 인대의 올바른 정렬에 의해서 유지된다(Aiyer et al., 2019). 발목관절 안정성을 향상시키기 위해 과도한 동적 움직임과 인체 무게중심에 방해되는 요소들을 줄이는 것이다(Forsyth et al., 2022).

이와 반대로 발목관절 불안정성은 생리학적 한계를 넘어 움직임이 나타나 수동적 또는 능동적 안정화 구조가 불충분한 상태를 나타낸다(Rasmussen, 1985). 발목관절 불안정성은 자세 제어에 영향을 주게 되고 인체의 기능적 저하와 삶의 질 저하와도 관련이 있다(Jiang et al., 2022). 또한, 발목관절 불안정성은 과체중 남성은 1.249배, 과체중 여성은 1.989배 정상인들에 비해 높게 나타났고, 비만 남성은 1.418배, 비만 여성은 2.754배 정상인들에 비해 높게 보고되어 발목관절 불안정성은 BMI 증가와 관련이 있음을 시사했다(Hershkovich et al., 2015).

이처럼, BMI와 체중 증가는 발목관절 불안정성을 증가시키고 인체 움직임에 악영향을 주게 된다. 따라서, 이 연구의 목적은 체질량지수(BMI)에 따라서 발목관절의 근기능, 고유수용감각을 비교분석하여 차이가 있는지를 알아보려고 한다.

연구 방법

연구대상

이 연구의 대상자는 J도 N시 소재 대학교에 재학중인 건강한 성인 남성 대학생으로 최근 6개월간 근육결계 질환으로 치료 및 수술의 경험이 없고, 최근 3개월 이상 규칙적인 운동을 하고 있지 않은 사람을 선정하였다. 대상자 그룹 분류는 BMI 지수를 기준으로 과체중 집단(BMI 23 이상) 11명, 정상집단(BMI 23 미만) 17명으로 분류하였다.

모든 대상자는 이 연구의 절차와 목적을 듣고 자발적으로 참여하였고, 서면으로 동의서를 받은 후 실험에 참여하도록 하였다.

대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

측정 항목 및 방법

1. 체질량지수

신장(cm)과 체중(kg)은 자동 신장 체중 측정기(GL-150P, G-Tech, Korea)를 이용하여 측정하였다. 신장과 체중 측정을 위하여 모든 대상자는 티셔츠와 반바지를 입은 상태에서 신장(cm)과 체중(kg)을 측정하였고, 이후 체중(kg)/신장(m²) 공식을 이용하여 BMI를 산출하였다. 또한, 측정의 오차를 최소화하기 위해 측정 2시간 이전에 식사 및 음료 섭취와 격렬한 신체활동을 제한하였다.

2. 발등굽힘 및 발바닥굽힘 등속성 근력

대상자는 등속성 근력 검사 장비(Biodex systempro III, USA)로 앉은 자세에서 검사를 실시하였으며, 검사할 다리의 엉덩관절을 70°로 굽힘시키고 무릎은 80° 굽힘한 자세에서 실시하였다. 발목 어댑터를 이용하여 발을 발판에 고정하였으며, 넙다리부위와 골반도 스트랩을 사용하여 고정시켜 검사 중 무릎관절 및 엉덩관절의 운동을 최소화 하였다. 발목관절은 등속성 근력계의 축이 발목관절 횡단면 가쪽복사뼈의 중심을 통과하도록 하였다. 시행과정은 안쪽변집에서 시작하여 최대 관절 운동범위로 가쪽변집 하였다가 다시 안쪽변집으로 돌아오는 것을 1회로 하였으며, 최대의 힘으로 등속성 각속도 30°/sec, 120°/sec에서 실시하였다(Figure 2). 얻어진 근력은 비교를 위해 각자의 체중으로 나눈 후 자료화 하였다(Chun & Choi, 2012).

Table 1. Characteristic subjects

	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
Normal (n=17)	20.00 ± 0.00	175.4 ± 4.1	66.77 ± 4.92	21.67 ± 0.77
Overweight (n=11)	20.35 ± 1.42	175.0 ± 7.4	80.00 ± 9.42	26.07 ± 1.71

mean ± SD

Normal group: < BMI 23, Overweight group: ≥ BMI 23



Fig. 1. Isokinetic strength measurements for dorsiflexion and plantarflexion

터를 이용하여 발을 발판에 고정하였으며, 넙다리부위와 골반도 스트랩을 사용하여 고정시켜 검사 중 무릎관절 및 엉덩관절의 운동을 최소화 하였다. 발목관절은 등속성 근력계의 축이 전후면 발목관절 가쪽복사뼈(lateral malleolus)의 중심을 통과하도록 하였다. 시행과정은 발등굽힘에서 시작하여 최대 관절운동범위로 발바닥굽힘 하였다가 다시 발등굽힘으로 돌아오는 것을 1회로 하였으며, 최대의 힘으로 등속성 각속도 30°/sec, 120°/sec에서 측정하였다(Figure 1). 얻어진 근력은 비교를 위해 각자의 체중으로 나눈 후 자료화 하였다(Chun & Choi, 2012).

3. 안쪽변집 및 가쪽변집 등속성 근력

대상자는 앉은 자세에서 검사를 실시할 다리의 엉덩관절을 70°로 굽힘시키고 무릎은 80° 굽힘하여 앉은 자세에서 실시하였다. 발목 어댑터를 이용하여 발을 발판에 고정하였으며, 넙다리부위와 골반도 스트랩을 사용하여 고정시켜 검사 중 무릎관절 및 엉덩관절의 운동을 최소화 하였다. 발목관절은 등속성 근력계의 축이 발목관절 횡단면 가쪽복사뼈의 중심을 통과하도록 하였다. 시행과정은 안쪽변집에서 시작하여 최대 관절 운동범위로 가쪽변집 하였다가 다시 안쪽변집으로 돌아오는 것을 1회로 하였으며, 최대의 힘으로 등속성 각속도 30°/sec, 120°/sec에서 실시하였다(Figure 2). 얻어진 근력은 비교를 위해 각자의 체중으로 나눈 후 자료화 하였다(Chun & Choi, 2012).

4. 발목관절 운동범위

이 연구에서 발목관절 운동범위는 Goniometer (Fabrication enterprises Inc, Korea)를 사용하여 발등굽힘(배측굴곡, dorsi-



Fig. 2. Isokinetic strength measurements for inversion and eversion



Fig. 3. Range of motion measurements

flexion)과 발바닥굽힘(저측굴곡, plantar-flexion)을 측정하였다(Figure 3). 발등굽힘은 다리를 펴한 상태에서 Goniometer의 중심축은 가쪽복사뼈(lateral malleolus)에 위치시키고 고정자는 종아리뼈(비골, fibula)의 외측선에 수평하게 위치시켜 제 5발허리뼈(제5중족골, 5th metatarsal bone)의 외측면에 가동자를 평행하게 하여 발등을 종아리뼈 쪽으로 당겨서 측정하였으며, 발바닥굽힘은 다리를 펴한 상태에서 Goniometer의 중심축은 가쪽복사뼈에 위치시키고 고정자는 종아리뼈의 외측선에 수평하게 위치시켜 제 5 발허리뼈의 외측면에 가동자를 평행하게 하여 발바닥을 종아리뼈와 반대쪽으로 밀어서 측정하였다(Jeong & Lim, 2010).

5. 발목관절 고유수용감각

고유수용성 감각은 Biodex balance system (Biodex, USA)을 이용하였다. 검사방법은 주축 발로 서서 균형을 유지하는 것으로 발판(platform)의 움직임이 있어 가장 안정적인 단계인 8단계에서 시작하여 가장 불안정한 단계인 1단계로 서서히 진행되며, 발판은 모든 방향으로 최대 20°까지 움직이도록 되어 있다. 대상자는 30초 동안 모니터에 표시되는 원의 중심에 대상자의 체중심을 유지하려는 노력으로 정량화된 균형 수행력이 산출된다(Figure 3). 산출된 점수는 신체의 동요 정도를 나타내며 점수가 낮을수록 동요가 적어 균형 수



Fig. 4. Ankle joint proprioception measurement

행력이 높음을 의미한다. 점수는 전-후방(AP: anterior-posterior), 내-외측(ML: medial-lateral) 그리고 전-후-내-외측 모든 동요를 포함하는 overall의 안정성 수치(stability indexes, SI)로 각각 표기된다(Eom et al., 2014).

통계 처리

통계분석은 SPSS-PC(Ver. 25.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였다. 집단 내 종속변인의 평균 차이를 분석하기 위하여 독립표본 t-검정(Independent sample t-test)을 활용하였다. 각 변인들간의 측정 결과는 평균(모든 측정값에 대한 mean)과 표준편차(standard deviation)로 산출하였으며, 통계적 유의수준은 5% 미만으로 하였다.

연구결과

발목관절의 발등굽힘 및 발바닥굽힘 근력

집단별 발목관절의 발등굽힘 및 발바닥굽힘 등속성 근력 결과는 <Table 2>와 같다.

발등굽힘의 경우 오른발 30°/sec($p=.035$), 왼발 30°/sec($p=.009$) 그리고 오른발 120°/sec($p=.011$)에서 정상집단과 과체중집단 사이 유의한 차이가 나타났으며, 정상집단에서 유의하게 높게 나타났다. 하지만 왼발 120°/sec($p=0.327$)는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

발바닥굽힘의 경우 왼발 30°/sec($p<0.001$) 오른발 120°/sec($p=.007$), 그리고 왼발 120°/sec($p=.006$)에서 정상집단과 과체중집단 사이 유의한 차이가 나타났으며, 정상집단에서 유의하게 높게 나타났다. 하지만 오른발 30°/sec($p=0.076$)는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

발목관절의 안쪽변짐 및 가쪽변짐 근력

집단별 발목 안쪽변짐 및 가쪽변짐 등속성 근력검사 결과는 <Table 3>과 같다.

Table 2. Strength of dorsiflexion and plantarflexion

(%BW)

		Normal group	Overweight group	p-value
Dorsiflexion	Rt_30°/sec	53.94 ± 12.85	44.38 ± 8.53	.035
	Lt_30°/sec	55.30 ± 9.25	43.15 ± 9.95	.009
	Rt_120°/sec	35.69 ± 6.62	28.89 ± 5.32	.011
	Lt_120°/sec	28.39 ± 7.20	25.40 ± 3.66	.327
Plantarflexion	Rt_30°/sec	189.56 ± 58.71	141.17 ± 34.66	.076
	Lt_30°/sec	203.96 ± 46.34	135.15 ± 28.89	<.001
	Rt_120°/sec	119.69 ± 38.81	81.37 ± 26.13	.007
	Lt_120°/sec	120.41 ± 36.97	75.14 ± 33.39	.006

mean ± SD

Rt: Right, Lt: Left

Table 3. Strength of eversion and inversion

(%BW)

		Normal group	Overweight group	p-value
Eversion	Rt_30°/sec	80.29 ± 29.46	72.70 ± 13.67	.533
	Lt_30°/sec	73.44 ± 9.30	64.98 ± 11.89	.103
	Rt_120°/sec	63.54 ± 24.31	50.13 ± 14.39	.094
	Lt_120°/sec	50.40 ± 12.85	46.49 ± 10.07	.423
Inversion	Rt_30°/sec	67.46 ± 24.61	58.76 ± 14.16	.269
	Lt_30°/sec	71.73 ± 10.54	52.11 ± 12.22	.001
	Rt_120°/sec	45.99 ± 10.23	36.14 ± 8.60	.021
	Lt_120°/sec	48.34 ± 10.66	35.93 ± 9.14	.007
Ratio (E-Inversion)	Rt_30°/sec	0.86 ± 0.17	0.82 ± 0.17	.056
	Lt_30°/sec	0.98 ± 0.12	0.81 ± 0.19	.014
	Rt_120°/sec	0.77 ± 0.21	0.75 ± 0.19	.775
	Lt_120°/sec	0.97 ± 0.12	0.77 ± 0.12	.001

mean ± SD

Rt: Right, Lt: Left

안쪽번짐에서 왼발 30°/sec($p=.001$), 오른발 120°/sec($p=.021$) 그리고 왼발 120°/sec($p=.007$)에서 정상집단과 과체중집단 사이 유의한 차이가 나타났으며, 정상집단에서 유의하게 높게 나타났다.

가쪽번짐에서 정상집단이 과체중집단 보다 높은 경향은 나타났지만 유의한 차이는 나타나지 않았다.

안쪽번짐과 가쪽번짐의 비율의 경우 왼발 30°/sec($p=0.014$)와 왼발 120°/sec($p=0.001$)에서 정상집단에서 유의하게 높게 나타났다. 하지만 오른발 30°/sec($p=0.056$)와 오른발 120°/sec($p=0.775$)에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

발목관절 운동범위

집단별 발목관절 운동범위 검사 결과는 <Table 4>와 같다.

발등굽힘의 경우 오른발($p=0.003$)과 왼발($p=0.003$)에서 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다. 하지만, 발바닥굽힘의 경우 오른발($p=0.800$)과 왼발($p=0.467$)에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

발목관절의 동적 고유수용감각

집단별 발목관절의 동적 고유수용감각 조절능력 검사 결과는 <Table 5>와 같다.

전체 고유수용감각 조절능력(Overall)의 경우 오른발($p<0.001$) 그리고 왼발($p=0.022$)에서 정상집단이 과체중집단 보다 통계적으로 낮게 나타나 전체 고유수용감각이 좋은 것으로 나타났다.

전-후 고유수용감각 조절능력(AP: anterior-posterior)의 경우 오른발($p=0.058$) 그리고 왼발($p=0.144$)에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

좌-우 고유수용감각 조절능력(ML: medial-lateral)의 경우 왼발($p<0.001$)에서 정상집단이 과체중집단 보다 통계적으로 유의하게 낮게 나타나 좌-우 고유수용감각이 좋은 것으로 나타났다. 하지만 오른발($p=0.058$)에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 4. Ankle joint range of motion (°)

		Normal group	Overweight group	p-value
Dorsiflexion	Rt	21.14±4.49	15.00±4.13	.003
	Lt	23.43±6.58	16.15±4.52	.003
Plantarflexion	Rt	37.71±12.00	36.60±9.16	.800
	Lt	40.57±12.33	37.05±10.36	.467

mean ± SD

Rt: Right, Lt: Left

Table 5. Proprioception of the ankle joint (Score)

		Normal group	Overweight group	p-value
Right	Overall	1.37±0.23	2.66±1.20	<.001
	AP	1.23±0.39	2.06±1.06	.058
	ML	0.84±0.17	1.62±1.00	.056
Left	Overall	1.41±0.76	2.84±1.46	.022
	AP	1.17±0.64	1.96±1.32	.144
	ML	0.76±0.14	1.67±0.93	<.001

mean±SD

AP: anterior-posterior, ML: medial-lateral

논의

이 연구는 체질량지수에 따른 대학생들의 발목관절 근기능 및 동적 고유수용감각 조절능력을 비교분석 하였다. 체질량지수 정상집단이 과체중집단 보다 발등굽힘 및 발바닥굽힘 근 기능이 유의하게 높은 것으로 나타났으며, 발바닥 안쪽변집에서 정상집단이 과체중집단보다 근기능이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 발목관절 운동범위 검사에는 발등굽힘 시 발목관절 운동범위가 정상집단이 과체중집단보다 유의하게 높게 나타났다. 또한, 발목관절의 동적 고유수용감각 조절능력 검사에서도 정상집단이 과체중 집단보다 고유수용감각 조절능력이 유의하게 낮은 것으로 나타났다.

발목관절은 보행과 일상생활에 있어 기능적으로 매우 중요한 관절이다(Gao et al. 2011). 발목 주변 근육의 기능은 부상 예방과도 매우 밀접한 관련이 있으며, 신체활동에 있어 요구되는 기본적 요소라고 하였다(Cohen et al., 1993). 이렇듯, 신체활동의 안정성 유지에 있어 발목 근육의 근활성은 매우 중요하다(Cho et al., 2006). 또한, 발목관절의 기능적 불안정성을 평가하는 객관적인 진단 방법이 근력을 측정하는 것이 효과적이라고 하였다(Choi et al., 2015). 발목관절 근활성 평가를 위한 등속성 근력 검사에서 느린 각속도(30°/sec)는 높은저항으로 근력을 빠른 각속도(120°/sec)는 낮은저항으로 근지구력을 측정 할 수 있다(Brown, 2000; Laird & Rozier, 1979; Rahnama & Bambaiechi, 2008). 이 연구에서 발등굽힘의 경우 오른발-왼발 30°/sec 그리고 오른발 120°/sec에서 체질량지수 정상집단이 과체중집단 보다 유의하게 높게 나타났으며, 발바닥굽힘의 경우 왼발 30°/sec 그리고 오른발-왼발 120°/sec에서 정상집단이 과체중집단보다 유의하게 높게 나타났다. 많은 연구자들이

발목 불안정성과 종아리근(calf muscle) 약화와 밀접한 상관성을 보고하면서(Balduini와 Tetzlaff) 종아리근 강화를 재활치료의 가장 중요한 요소로 제시하였다. 이러한 관점에서 볼 때, 이 연구에서 발목 근력이 정상집단보다 과체중집단 상대적으로 낮게 나타난 것은 발목 기능을 저하시키는 원인이 될 수 있다. 이러한 발목 기능 저하는 발목 불안정성을 증가시키기 때문에 과체중 및 비만인들은 체중 조절을 통해 적정 체중을 유지해야 한다.

발목의 기능적 손상으로 Bernier & Perrin(1998)은 종아리근의 약화를, McKnight & Armstrong(1997)은 안쪽변집근의 약화를 보고하였다. 발목의 가쪽변집근과 안쪽변집근은 보행처럼 체중을 이용한 동작에서 지면으로부터의 균형과 안정성을 유지하기 위해 사용된다. 이 연구에서 가쪽변집근과 안쪽변집근 모두 BMI 정상집단이 과체중집단보다 높게 나타났으며, 특히 안쪽변집근에서 왼발 30°/sec 그리고 오른발-왼발 120°/sec에서 유의하게 차이가 나타난 것으로 과체중집단이 가쪽변집근과 안쪽변집근이 약하여 보행 시 신체 균형유지 능력에 차이가 있을 것으로 생각된다. 또한, Wilkerson et al.(1997)도 가쪽변집-안쪽변집 근력비를 회복시키는 것이 발목관절의 불안정성 치료에서 매우 중요하며, 30°/sec 각속도에서 0.7~0.9, 120°/sec 각속도에서 0.65~0.85를 유지하는 것이 가쪽변집근과 안쪽변집근 사이의 정상적인 균형이라고 하였다. 이 연구에서 측정된 가쪽변집-안쪽변집 근력비는 30°/sec 각속도에서 오른쪽의 경우 정상집단이 평균 0.86, 과체중집단이 평균 0.82, 왼쪽의 경우 정상집단이 평균 0.98 그리고 과체중집단이 0.81로 나타났으며, 120°/sec 각속도에서 오른쪽의 경우 정상집단이 평균 0.77, 과체중집단이 평균 0.75, 왼쪽의 경우 정상집단이 평균 0.97 그리고 과체중집단이 0.77로 과체중집단이 정상집단보다 상대적으로 낮은 수치가 나타나 발목 불안정성의 위험요소가 높다고 할 수 있다.

관절운동범위는 관절면의 모양과 방향에 따라 다를 수 있으며, 관절운동범위와 근육의 유연성은 조직의 생리학적 및 신경생리학적 특성에 영향을 받는다. 하지의 움직임이 많은 운동 종목 선수들 경우 급성 발목 염좌 후 발등굽힘/발바닥굽힘 활동시 ROM이 감소하는 것으로 보고되었다(Leanderson et al., 1999). 또한, 젊은 성인의 발목 ROM 제한은 자세 안정성을 감소시킨다고 하였고(Bennell & Goldie, 1994), 발목 ROM과 하지 근력 중에 젊은 성인의 발목 ROM이 정적 균형 조절 능력과 가장 큰 연관성을 나타낸다고 보고 하였다(Kim & Kim, 2018). 이렇듯, 발목의 ROM과 발목 근력은 신체 흔들림 매개변수의 중요한 예측 변수라 할 수 있다(Trajković et al., 2021). 이 연구에서도 오른발과 왼발의 발등굽힘 ROM에서 정상체중 집단이 과체중 집단 보다 유의하게 높게 나타났다. 하지만 발바닥굽힘 ROM에서는 통계적 유의차이는 없었지만 정상체중 집단이 과체중 집단 보다 높은 경향이 나타났다. 일반인들 뿐만 아니라 운동선수들의 경우 발목 염좌가 더 자주 발생하고, 발목 ROM이 제한이 발목 불안정성의 위험을 더욱 높인다고 보고되고 있다(Rein et al., 2011). 이렇듯 과체중으로 인한 ROM의 감소는 발목 염좌와 같은 손상 또는, 발목관절의 다른 손상 유발로 불안정성이 더 커질 수 있을 것으로 생각된다.

체질량지수에 따른 동적 고유수용감각 조절 능력 검증 결과는 전체 고유수용감각 조절능력의 경우 오른발, 왼발에서 과체중집단이 정상집단보다 유의하게 높게 나타났고, 좌-우 고유수용감각 조절능력의 경우 왼발에서 과체중집단이 정상집단보다 유의하게 높게 나타났다. 고유수용감각은 근육, 인대 그리고 관절에 있는 기계적 수

용체(Mechanoreceptor)에서 감지하는 근육과 인대의 움직임, 긴장도, 그리고 관절의 위치 및 움직임과 관련된 감각을 의미하며 (Akbari et al., 2006), 역할은 관절의 움직임과 관절의 위치감각에 반응하고 기능적인 관절 안정성에 기여한다(Reider et al., 2003). 고유수용성 감각 능력의 저하는 근신경 조절 능력을 감소시키고, 신체의 기능적 불안정을 야기하며 이러한 신체적 불안정은 반복적인 손상으로 연결되어 지속적인 악순환을 갖는다고 하였다. 이 연구에서는 과체중집단이 정상집단보다 고유수용감각 조절능력이 낮게 나타났다는 것은 신체의 기능이 불안정할 수 있으며, 특히, 발목관절에서 가자미근(soleus), 장딴지근(gastrocnemius)은 신체의 변화를 알리는 고유수용 감각정보의 중요한 요소로 알려져 있다(Lakie & Loram, 2006)는 관점에서 고유수용감각 조절 능력 결여는 발목 손상을 유발 수 있다고 생각된다. Lentell et al.(1990)도 만성 발목 불안정증 환자들을 대상으로 한 연구에서 균형감각 결손(balance deficit)을 평가하는 Romberg 검사에서 유의한 차이를 보여, 발목 관절 주변의 고유 수용감각(proprioception) 저하가 기능적 불안정성의 주원인이라고 보고하였다.

결론 및 제언

BMI에 따라 정상집단보다 과체중집단이 발목관절의 근력, 관절운동 범위 및 동적 고유수용감각 조절 능력 기능이 차이가 있는 것으로 나타나 이러한 결과를 바탕으로 임상현장에서 유용한 참고자료가 될 수 있을 것이다.

더욱이, BMI에 따른 발목의 손상 예방 및 발목관절의 원활한 기능을 위한 발목 움직임에 관여하는 앞정강근, 가자미근, 장딴지근 등의 관절주변 유연성, 근력 강화 및 동적 고유수용감각 조절을 위한 운동 과학적 근거를 기반으로 하여 개개인의 맞춤형 운동프로그램이 제공되어야 할 것이다.

CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: J-H Cho, S-T Lim and E Lee, Data curation: J-H Cho and E Lee, Formal analysis: J-H Cho and E Lee, Methodology: J-H Cho S-T Lim and E Lee, Writing-original draft: J-H Cho and E Lee, Wirting-review&editing: J-H Cho and E Lee

참고문헌

- Aiyer, A. A., Zachwieja, E. C., Lawrie, C. M., & Kaplan, J. R. M. (2019). Management of isolated lateral malleolus fractures. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 27(2), 50-59.
- Akbari, M., Karimi, H., Farahini, H., & Faghihzadeh, S. (2006). Balance problems after unilateral lateral ankle sprains. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 43(7), 819-824.
- Bennell, K. L., & Goldie, P. A. (1994). The differential effects of external ankle support on postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 20(6), 287-295.
- Bernier, J. N., & Perrin, D. H. (1998). Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(4), 264-275.
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Capodaglio, P., Gobbi, M., Donno, L., Fumagalli, A., Buratto, C., Galli, M., & Cimolin, V. (2021). Effect of obesity on knee and ankle biomechanics during walking. *Sensors*, 21(21), 7114.
- Cho, S.-K., Lee, J.-P., Oh, J.-K., & Kim, H.-S. (2006). The effect of 12 weeks strengthening and stretching combined exercise for balancing ability in elderly women. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, 20(1), 53-64.
- Choi, S.-M., Park, J.-K., Ha, Y.-W., & Cho, B.-K. (2015). Measurement of muscle strength of ankle joint using isokinetic dynamometer in normal Korean adults. *Journal of Korean Foot and Ankle Society*, 19(4), 142-150.
- Chun, S., & Choi, O. J. (2012). A study on a football on university soccer players ankles isokinetic strength and lower leg function. *The Korean Journal of Sport*, 10(1), 175-184.
- Cohen, H., Blatchly, C. A., & Gombash, L. L. (1993). A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Physical Therapy*, 73(6), 346-351.
- Curwin, S., & Stanish, W. D. (1984). *Tendinitis: It's etiology and treatment*. Lexington, MA: Collamore Press.
- Eom, J.-R., Moon, D.-C., & Kim, J.-S. (2014). The changes of balance performance by low-dye taping application on flexible flatfoot. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, 9(4), 355-361.
- Forsyth, L., Bonacci, J., & Childs, C. (2022). A pilot randomised control trial of the efficacy of stability-based training with visualisation for people with chronic ankle instability. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 60(4), 1199-1209.
- Gao, F., Ren, Y., Roth, E. J., Harvey, R., & Zhang, L.-Q. (2011). Effects of repeated ankle stretching on calf muscle-tendon and ankle biomechanical properties in stroke survivors. *Clinical Biomechanics*, 26(5), 516-522.
- Hendren, N. S., de Lemos, J. A., Ayers, C., Das, S. R., Rao, A., Carter, S., ... & Grodin, J. L. (2021). Association of body mass index and age with morbidity and mortality in patients hospitalized with COVID-19: Results from the American Heart Association COVID-19 cardiovascular disease registry. *Circulation*, 143(2), 135-144.
- Hershkovich, O., Tenenbaum, S., Gordon, B., Bruck, N., Thein, R., Derazne, E., ... & Afek, A. (2015). A large-scale study on epidemiology and risk factors for chronic ankle instability in young adults. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 54(2), 183-187.
- Jeong, H. C., & Lim, N. Y. (2010). Effect of taping therapy on the ROM, pain, and discomfort of adults with ankle pain. *Journal of Muscle and Joint Health*, 17(2), 124-131.
- Jeong, Y., Heo, S., Lee, G., & Park, W. (2018). Pre-obesity and obesity impacts on passive joint range of motion. *Ergonomics*, 61(9), 1223-1231.
- Jiang, C., Huang, D.-B., Li, X.-M., Guo, J.-H., Guo, M.-M., Yu, S.-X., ... & Lin, Z.-H. (2022). Effects of balance training on dynamic postural stability in patients with chronic ankle instability: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(12), 1707-1715.
- Kahan, J., Brand, J., Schneble, C., Li, D., Saad, M., Kuether, J., & Yoo, B. (2020). Open pronation abduction ankle fractures associated with increased complications and patient BMI. *Injury*, 51(4), 1109-1113.
- Kim, S.-G., & Kim, W.-S. (2018). Effect of ankle range of motion (ROM) and lower-extremity muscle strength on static balance control ability in young adults: A regression analysis. *Medical Science Monitor*, 24, 3168-3175.
- Laird, C. E., Jr., & Rozier, C. K. (1979). Toward understanding the terminology of exercise mechanics. *Physical Therapy*, 59(3), 287-292.
- Lakie, M., & Loram, I. D. (2006). Manually controlled human balancing using visual, vestibular and proprioceptive senses involves a common, low frequency neural process. *The Journal of Physiology*, 577(1), 403-416.
- Lambert, L.-A., Falconer, L., & Mason, L. (2020). Ankle stability in ankle fracture. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 11(3), 375-379.
- Leanderson, J., Bergqvist, M., Rolf, C., Westblad, P., Wigelius-Roovers, S., & Wredmark, T. (1999). Early influence of an ankle sprain on objective measures of ankle joint function: A prospective randomised study of ankle brace treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 7(1), 51-58.
- Lentell, G. L., Katzman, L. L., & Walters, M. R. (1990). The relationship between muscle function and ankle stability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 11(12), 605-611.
- McKnight, C. M., & Armstrong, C. W. (1997). The role of ankle strength in functional ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6(1), 21-29.
- Rahnama, N., & Bambaecchi, E. (2008). Musculoskeletal assessment in soccer: A review. *Journal of Movement Sciences & Sports*, 1,

13-24.

- Rasmussen, O. (1985).** Stability of the ankle joint: Analysis of the function and traumatology of the ankle ligaments. *Acta Orthopaedica*, 56(sup211), 1-75.
- Reider, B., Arcand, M. A., Diehl, L. H., Mroczek, K., Abulencia, A., Stroud, C. C., ... & Staszak, P. (2003).** Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 19(1), 2-12.
- Rein, S., Fabian, T., Weindel, S., Schneiders, W., & Zwipp, H. (2011).** The influence of playing level on functional ankle stability in soccer players. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 131(8), 1043-1052.
- Trajković, N., Kozinc, Ž., Smajla, D., & Šarabon, N. (2021).** Relationship between ankle strength and range of motion and postural stability during single-leg quiet stance in trained athletes. *Scientific Reports*, 11(1), 11749.
- Tye, L. S., Scott, T., Haszard, J. J., & Peddie, M. C. (2020).** Physical activity, sedentary behaviour and sleep, and their association with BMI in a sample of adolescent females in New Zealand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6346.
- Wilkerson, G. B., Pinerola, J. J., & Caturano, R. W. (1997).** Invertor vs. evertor peak torque and power deficiencies associated with lateral ankle ligament injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(2), 78-86.
- Zabarsky, G., Beek, C., Hagman, E., Pierpont, B., Caprio, S., & Weiss, R. (2018).** Impact of severe obesity on cardiovascular risk factors in youth. *The Journal of Pediatrics*, 192, 105-114.

체질량지수에 따른 발목관절 근기능 및 동적 고유수용감각 조절 능력에 미치는 영향

조지훈¹, 임승택², 이은재³

¹동신대학교, 조교수

²국민대학교, 조교수

³인하대학교, 연구교수

[목적] 이 연구는 BMI와 체중의 증가는 발목의 불안정성을 증가시키고 인체 움직임에 악영향을 주게 된다. 따라서, 이 연구의 목적은 체질량지수(BMI)에 따라서 발목관절의 근기능, 고유수용감각을 비교분석하여 차이가 있는지를 알아보고자 한다.

[방법] 28명의 건강한 남녀 대학생을 대상으로 체질량지수(BMI) 기준으로 과체중 집단(\geq BMI 23) 11명, 정상집단($<$ BMI 23) 17명으로 분류하였다. 대상자는 체질량지수, 발등굽힘, 발바닥굽힘, 발목 안쪽변짐, 및 발목 가쪽변짐의 등속성 근력, 발목관절 운동범위 그리고, 발목관절 고유수용감각을 측정하였다.

[결과] 발등굽힘 근력에서 오른쪽 $30^\circ/\text{sec}$ ($p=.035$), 왼쪽 $30^\circ/\text{sec}$ ($p=.009$) 그리고 오른쪽 $120^\circ/\text{sec}$ ($p=.011$), 발바닥굽힘 근력에서 왼쪽 $30^\circ/\text{sec}$ ($p<.001$), 오른쪽 $120^\circ/\text{sec}$ ($p=.007$) 그리고 왼쪽 $120^\circ/\text{sec}$ ($p=.006$), 발목 안쪽변짐에서 왼쪽 $30^\circ/\text{sec}$ ($p=.001$), 오른쪽 $120^\circ/\text{sec}$ ($p=.021$) 그리고 왼쪽 $120^\circ/\text{sec}$ ($p=.007$), 안쪽변짐-가쪽변짐 비율에서 왼쪽 $30^\circ/\text{sec}$ ($p=.014$), $120^\circ/\text{sec}$ ($p=.001$), 발목관절 가동범위에서 오른쪽($p=.003$)과 왼쪽($p=.003$), 전체 고유수용감각에서는 오른발($p<.001$), 왼발($p=.022$), 그리고 좌우 고유수용감각에서는 왼발($p<.001$)에서 정상집단과 과체중집단과의 유의한 차이가 나타났다.

[결론] 체질량지수에 따른 정상집단보다 과체중집단이 발목관절의 근력, 관절운동범위 및 동적 고유수용감각 조절 능력 기능이 낮게 나타나 차이가 있는 것으로 확인되어, 체질량지수에 따른 발목의 부상 예방 및 발목관절의 원활한 기능을 위한 발목 움직임에 관여하는 앞정강근, 가자미근, 장딴지근 등의 관절주변 근육 강화 및 동적 고유수용감각 조절을 위한 운동프로그램을 제공되어야 할 것이다.

주요어

과체중, 체질량지수, 발목, 근기능, 고유수용감각