

교대 근무와 골격근 지수의 연관성

박영숙 · 채창호^{1*} · 이해정² · 김동희³

성균관대학교 삼성창원병원 재활의학과, ¹성균관대학교 삼성창원병원 직업환경의학과,
²성균관대학교 삼성창원병원 소아청소년과, ³성균관대학교 삼성창원병원 정형외과

Association between Shiftwork and Skeletal Muscle Mass Index

Young Sook Park · Chang Ho Chae^{1*} · Hae Jeong Lee² · Dong Hee Kim³

*Department of Physical & Rehabilitation Medicine, Samsung Changwon Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Changwon, Korea*

¹*Department of Occupational & Environmental Medicine, Samsung Changwon Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Changwon, Korea*

²*Department of Pediatrics, Samsung Changwon Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Changwon, Korea*

³*Department of orthopedic, Samsung Changwon Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Changwon, Korea*

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study is to evaluate the association between shiftwork and skeletal muscle mass index in a single university health check-up.


Methods: We used data from 98,227 workers who answered in a special interview on health check-up at a local university hospital from 2014 to 2020. Pearson correlation analysis was conducted for comparing the association between skeletal muscle mass index and demographic and hematological variables in shiftwork and non-shiftwork groups. Mixed linear model analysis after controlling demographic and hematological variables was used to analyze the difference of skeletal muscle mass index between groups at every visit for seven years.


Results: In linear regression analysis, the variables most significantly correlated with skeletal muscle index in both groups were shiftwork($p=0.049$), BMI($p<0.001$), hypertension($p=0.024$), platelet($p<0.001$), total protein($p<0.001$), AST($p=0.028$), ALT($p=0.003$), ALP($p<0.001$), total cholesterol($p=0.002$), triglyceride($p=0.019$), BUN($p=0.001$), creatinine($p<0.001$), and uric acid($p=0.002$). After the adjustment for demographic and hematologic variables, the skeletal muscle mass index at every visit was decreased both in the shiftwork group and non-shiftwork group. The slope of the shiftwork group was -0.240 and non-shiftwork group -0.149 , showing a significant difference ($p<0.001$).


Conclusions: In the shiftwork group, the skeletal muscle mass index showed a tendency to decrease markedly over time compared to the non-shiftwork group. It is presumed that shift workers' skeletal muscle health was adversely affected by changes in the biological clock due to changes in wake-up and sleep patterns, and changes in food intake.


Key words: Shiftwork, skeletal muscle mass index, health check-up

*Corresponding author: Chang Ho Chae, Tel: +82-55-233-6061, E-mail: chchae@naver.com
Department of Occupational & Environmental Medicine, Samsung Changwon Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, 158 Paryong-ro, Masanhoewon-gu, Changwon-si, Gyeongsangnam-do 51353, Korea
Received: July 14, 2022, Revised: August 19, 2022, Accepted: September 2, 2022

 Young Sook Park <http://orcid.org/0000-0003-2752-7120>

 Chang Ho Chae <http://orcid.org/0000-0001-8448-6340>

 Hae Jeong Lee <http://orcid.org/0000-0003-2974-8365>

 Dong Hee Kim <http://orcid.org/0000-0003-4358-9356>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

산업 사회의 발달과 세계화로 시장 규모가 확대되면서 이윤의 극대화를 위해 기업은 생산 시설의 가동을 멈추지 않는 다양한 근무 형태를 도입하고 있다. 교대 근무란 일반적인 정규 근무 시간(오전 9시부터 오후 5시까지) 이외 시간을 포함하여 규칙적 또는 불규칙적 순환 근무를 하는 것을 말한다(Kim. et al., 2002). 형태에 따라 24시간 격일 근무, 2교대, 3교대 근무 등으로 분류되며 업무나 사업장의 특성에 따라 나뉘어진다(Schwartz et al., 2010). 근무 시간의 변경으로 일상 생활 리듬이 바뀌는 교대근무자는 수면 주기의 변화, 수면의 박탈, 빛 노출의 정도 변화, 음식 섭취 패턴의 변화 등으로 생체 리듬의 변화를 가져오고 이는 단기적으로는 각성 상태의 변화로 인한 업무상의 사고나 능력 저하와 연관될 수 있으며, 장기적으로는 근무자의 육체적, 정신적 질환 발생 및 삶의 질 저하와 연관된다(Nena et al., 2018; Lim et al., 2020). 논란의 여지가 있지만 선행 연구들의 결과를 살펴 보면 교대근무가 신체적으로는 대사성 증후군의 발생을 증가시키고(Oh & Yim, 2018), 암의 발생과 연관성을 알아본 체계적 고찰과 메타분석 연구에서 유방암, 전립선암, 대장암의 발생이 교대근무와 연관인 있는 것으로 확인되었으며(Wang et al., 2013; Rao et al., 2015; Wang et al., 2015), 심혈관 질환 발생과는 교대근무 시간에 비례해서 증가하는 경향을 보였고(Wang et al., 2018), 소화 불량, 변비, 위염, 십이지장염, 위궤양과 같은 소화기계 질환의 발생(van Mark et al., 2010)과 호르몬 변화에 의한 당뇨, 갑상선 기능저하증 발생도 교대근무와 연관성이 있었다(Moon et al., 2016; Gao et al., 2020). 또한 정신적으로는 교대 근무가 수면 장애와 함께 불안, 우울증의 발생을 증가시킨다는 연구 결과가 있었다(Kalmbach et al., 2015).

한편 산업 현장에서 우리 나라 근로자들이 가장 많이 호소하는 증상은 근골격계 통증이며, 근골격계 질환은 생산직, 사무직 모두에서 발생하고 산업 재해로 인정받는 가장 흔한 질환으로 산업 재해 보상액의 많은 부분을 지급하는 질환이다. 2006년 시행한 취업자 근로환경 전국표본 조사를 바탕으로 국내 근로자의 교대 근무와 직업성 손상과의 관계를 알아본 연구에서 단변량 로지스틱 회귀분석을 시행한 결과 교대근무 근로자가 비

교대근무 근로자에 비해 직업성 손상 가능성의 비차비(odds ratio)는 2.40배로 통계적으로 유의하게 높게 나왔다(Park. et al., 2012). 교대 근무 간호사와 비교대 근무 간호사를 대상으로 업무 관련 근골격계 질환의 발생에 대한 연구들을 메타 분석한 연구에서 교대 근무 간호사에서 요통이 유의하게 높게 발생했다는 보고도 있다(Chang & Peng, 2021). 또한 근골격계 질환의 유병율과 근골격계 통증으로 인한 결근, 조퇴율이 교대 근무자에서 높았다는 연구 결과들에서 교대근무가 근골격계 건강에 좋지 않은 영향을 미친다는 것을 알 수 있다(Carusio & Waters, 2008; Cho et al., 2020; Matre et al., 2021). 교대 근무자에서 근골격계 통증이 비교대 근무자와 비교하여 유의하게 높게 발생하는 기전에는 생물학적, 물리적, 화학적, 인간공학적, 정신과적 요인 등이 복합적으로 작용했을 것으로 생각된다. 그 기전들 중에서 생물학적으로 골격근의 상태가 근골격계 통증 발생에 많은 영향을 줄 것으로 판단되는 근거는 다음과 같다. 골격근은 신체에서 영양소를 저장하고 에너지 생산 및 대사에 중요한 역할을 하는 주요 대사 조직으로 골격근 건강을 유지하는 것은 육체적 노동을 수행하는데도 중요하지만 대사성 증후군 및 만성 질환의 발생과 관련이 있다는 연구 결과가 보고되고 있으며, 나이가 증가하면서 동반되는 근육의 양과 근력의 감소를 보이는 근감소증이 만성 근골격계 통증의 원인으로 최근 관심이 더욱 높아지고 있다(Fielding et al., 2015; Proper et al., 2016; Sit et al., 2019). 근감소증의 진단에 대해서 Jassen 등은 생체 전기 임피던스 측정법(bioelectrical impedance analysis)을 사용하여 골격근 질량과 체중의 비율을 정하여 골격근 지수(skeletal muscle mass index: SMI)를 계산하고 근감소증 진단의 지표로 사용하였는데 한국 노인을 대상으로 한 근감소증 연구에서 이 방법을 의미있는 근감소증 진단법으로 보고한 바 있다(Janssen et al., 2002; Lim et al., 2010). 골격근은 고유한 생체 시계를 가지고 있는데 교대근무로 인해 빛 노출, 기상과 수면 패턴의 변화 등으로 생체 시계에 변화를 초래하면 호르몬 분비의 이상 등으로 근육 단백질의 합성과 분해에 영향을 주고 골격근 건강에 나쁜 영향을 미쳐 교대근무자에서 근골격계 통증의 발생을 증가시킬 것으로 생각된다. 이에 본 연구에서는 교대근무자와 비교대근무자의 검진 자료를 활용하여 인구학적 그리고 혈액학적 변수와 골

격근 지수 간의 연관성을 알아보고, 시간에 따른 골격근 지수의 변화를 측정하여 비교 분석한 후 교대근무가 골격근 지수의 변화에 미치는 영향을 알아보고, 향후 교대근무자의 건강 관리 지표로서 골격근 지수의 역할을 알아보고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 지역의 일개 종합 병원에서 2014년부터 2020년까지 근로자건강검진을 받은 수진자 중 현재 작업력 문항에 용접, 취부, 사상, 도장 및 기타 작업력을 기재한 생산업무 종사 근로자만을 대상으로 98,227명의 자료를 수집하였으며 교대근무여부에 대한 정보는 특수건강진단 야간작업 문진표의 결과로 분류하였다. 연구의 시작점이 2014년인 것은 2014년부터 야간작업 특수건강진단을 시작했기 때문이다. 이들 중 수집한 자료로 골격근 지표(SMI)를 계산할 수 있었던 남성 근로자 16,915명을 1차 연구 대상으로 선정하였으며 이들 중 골격근 결과가 한 번만 있어 골격근 지표의 변화를 확인할 수 없는 5,819명을 제외한 총 11,096명을 최종 대상으로 선정하였다(Figure 1). 전체 연구 대상자 11,096명 중에서 연구기간 중 2회 방문한 대상자는 4,084명 (36.81%)이고, 3회인 경우는 2,084명 (18.78%)이었고, 대상자들의 평균 방문수는 4.12회이며

중위값은 3회였다. 이 연구는 의무기록을 이용한 후향적 단면연구로 연구 과정은 본 기관의 생명윤리심의위원회의 심의를 거쳐 시행하였다(2022-SCMC-06-013).

2. 연구 방법

대상자 11,096명 중 교대근무자 2,461명과 비교대근무자 8,635명으로 분류되었으며 각 군의 인구역학적 특징과 혈액학적 특징이 조사되었다. 나이(age), 키(height), 몸무게(weight), 체질량지수(body mass index), 당뇨(diabetes), 고혈압(hypertension), 심장 질환(heart disease) 여부를 조사하고, 혈색소(hemoglobin), 적혈구용적률(hematocrit), 혈소판(platelet), C-반응성 단백(C-reactive protein, CRP), 철(iron), 총철결합력(TIBC), 총단백량(total protein), 알부민(albumin), 아스파테이트아미노전이효소(S-GOT), 알라닌아미노전이효소(S-GPT), 알칼리인산분해효소(ALP), 총빌리루빈(total bilirubin), 직접빌리루빈(direct bilirubin), 총콜레스테롤(total cholesterol), 중성지방(triglyceride), 혈당(glucose), 혈중요소질소(BUN), 크레아틴(creatinine), 유산탈수효소(LDH), 아밀라제(amylase), 요산(uric acid), 당화혈색소(glycated hemoglobin, HbA1c), 비타민 D(vitamin D)와 같은 혈액학 검사의 결과를 조사하였다. 골격근 지수(skeletal muscle mass index, SMI)는 체성분검사(bioimpedance analysis, BIA)의 결과 중 사지골격근량(appendicular skeletal muscle mass;

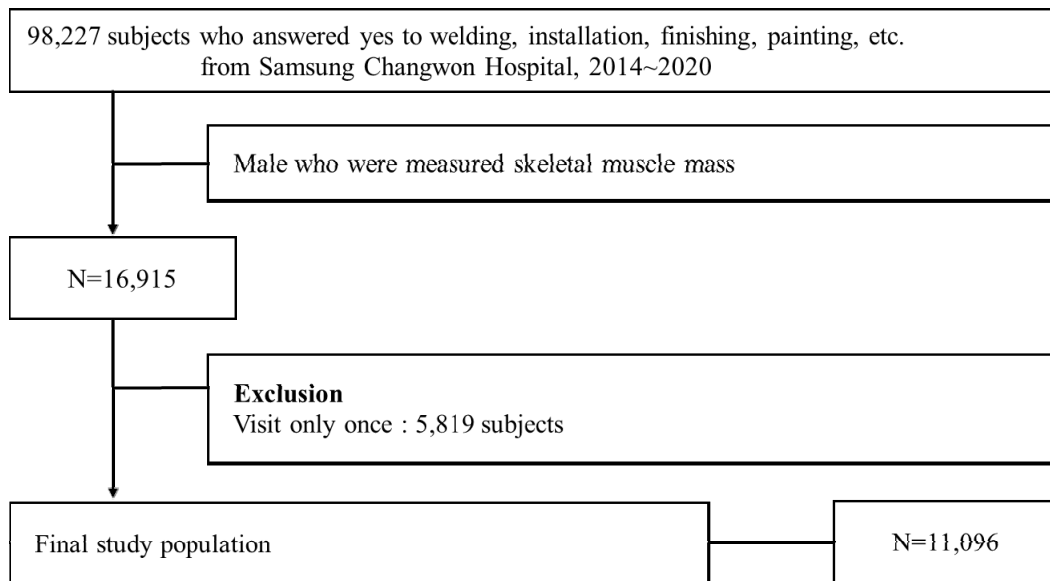


Figure 1. Flow chart of subjects

ASM)을 체중(body weight)으로 나눈 후 100을 곱한 값: $ASM/body\ weight \times 100$ 을 산출하여 사용하였다 (Janssen, Heymsfield, Ross, 2002).

3. 통계 방법

모든 자료의 통계 분석은 STATA 14.0 (Stata

Corporation, College Station, TX, USA) 사용하였고, Table 1에서 연구대상자의 첫 방문 시의 인구역학적 변수와 혈액학적 변수가 교대근무 여부에 따라 차이가 있는지를 확인하기 위하여 연속형 변수는 독립 t-검정(independent t-test)를 시행하고 범주형 변수는 Pearson's Chi-square 검정 혹은 Fisher's exact

Table 1. Baseline demographic characteristics of subjects

	Non-shift worker (n=8,635)	Shift worker (n=2,461)	P-value
Age	42.81 ± 7.60	40.82 ± 9.21	<0.001
Height	172.53 ± 5.87	172.80 ± 5.92	0.040
Weight	73.61 ± 10.48	74.44 ± 11.50	<0.001
Body mass index	24.69 ± 2.99	24.88 ± 3.29	0.006
Diabetes	267 (3.09)	85 (3.45)	0.366
Hypertension	915 (10.60)	274 (11.13)	0.447
Heart disease	49 (0.57)	14 (0.57)	0.993
Laboratory studies			
Hemoglobin	15.63 ± 1.01	15.64 ± 1.02	0.630
Hematocrit	45.78 ± 2.80	45.72 ± 2.88	0.484
Platelet	258.60 ± 54.40	260.92 ± 57.25	0.167
C-Reactive protein	1.10 ± 2.25	1.16 ± 2.72	0.450
Iron	140.67 ± 43.77	142.84 ± 46.41	0.242
TIBC	322.54 ± 40.6	323.00 ± 38.61	0.790
Total protein	7.46 ± 0.42	7.43 ± 0.41	0.032
Albumin	4.90 ± 0.30	4.89 ± 0.29	0.493
S-GOT(AST)	25.51 ± 23.23	25.00 ± 13.46	0.337
S-GPT(ALT)	28.89 ± 25.52	29.48 ± 20.98	0.326
ALP	66.82 ± 16.31	65.89 ± 15.51	0.116
Total bilirubin	0.89 ± 0.39	0.90 ± 0.38	0.589
Direct bilirubin	0.31 ± 0.12	0.31 ± 0.12	0.460
Total cholesterol	197.22 ± 33.98	193.23 ± 34.43	<0.001
Triglyceride	142.33 ± 111.99	144.91 ± 105.61	0.321
Glucose	95.74 ± 16.36	96.40 ± 18.35	0.117
BUN	13.26 ± 3.11	13.73 ± 3.28	<0.001
Creatinine	0.95 ± 0.13	0.96 ± 0.13	0.195
LDH	179.38 ± 34.63	181.80 ± 37.68	0.062
Amylase	62.65 ± 22.98	61.75 ± 20.64	0.280
Uric acid	5.97 ± 1.30	5.94 ± 1.24	0.564
HbA1c	5.56 ± 0.61	5.60 ± 0.70	0.031
Vitamin D	19.44 ± 7.38	19.68 ± 7.23	0.444
Skeletal muscle mass index	43.52 ± 3.27	43.21 ± 3.40	<0.001

N: Number of subjects, Mean±S.E.: Mean±Standard Error

test를 시행하였다. 결과는 연속형 변수의 경우 평균 \pm 표준편차로 나타내었고, 범주형 자료는 N (%)로 나타내었다. Table 2에서는 baseline에서의 교대근무 여부, 인구역학적 변수와 혈액학적 변수가 골격근 지수에 어떠한 영향을 주는지를 보고자 하였다. 분석방법은 선형회귀분석(linear regression analysis)을 실시하였고

결과는 회귀계수(β)와 표준오차로 나타내었다. Table 3에서는 교대근무 여부에 따라 연구 기간 동안의 골격근 지수 변화를 알아보기 위해 혼합선형모형(mixed linear model)분석을 이용하여 분석하였다. 유의 수준(p-value)은 0.05 미만을 통계학적으로 의미 있는 수치로 간주하였다.

Table 2. Factors affecting skeletal muscle mass index in the study group

	Crude		Adjusted	
	$\beta \pm se$	P-value	$\beta \pm se$	P-value
Shift work	-0.303 \pm 0.075	<0.001	-0.203 \pm 0.103	0.049
Age	0.001 \pm 0.004	0.807		
Height	0.061 \pm 0.005	<0.001		
Weight	-0.163 \pm 0.002	<0.001		
Body mass index	-0.729 \pm 0.008	<0.001	-0.679 \pm 0.015	<0.001
Diabetes	-1.032 \pm 0.179	<0.001	-0.328 \pm 0.253	0.196
Hypertension	-1.569 \pm 0.100	<0.001	-0.268 \pm 0.118	0.024
Heart disease	-0.922 \pm 0.417	0.027	-0.525 \pm 0.481	0.275
Laboratory studies				
Hemoglobin	-0.380 \pm 0.037	<0.001	-0.030 \pm 0.099	0.760
Hematocrit	-0.136 \pm 0.015	<0.001	-0.032 \pm 0.035	0.364
Platelet	-0.008 \pm 0.001	<0.001	-0.003 \pm 0.001	<0.001
C-Reactive protein	-0.159 \pm 0.021	<0.001	-0.017 \pm 0.017	0.299
Iron	0.004 \pm 0.001	0.002	0.001 \pm 0.001	0.510
TIBC	-0.014 \pm 0.001	<0.001	-0.001 \pm 0.001	0.439
Total protein	-1.368 \pm 0.116	<0.001	-0.678 \pm 0.119	<0.001
Albumin	-1.455 \pm 0.166	<0.001	0.036 \pm 0.173	0.836
S-GOT(AST)	-0.012 \pm 0.001	<0.001	0.008 \pm 0.004	0.028
S-GPT(ALT)	-0.034 \pm 0.001	<0.001	-0.006 \pm 0.002	0.003
ALP	-0.017 \pm 0.003	<0.001	-0.010 \pm 0.002	<0.001
Total bilirubin	0.696 \pm 0.127	<0.001	0.367 \pm 0.211	0.082
Direct bilirubin	2.002 \pm 0.419	<0.001	-0.597 \pm 0.709	0.400
Total cholesterol	-0.014 \pm 0.001	<0.001	-0.004 \pm 0.001	0.002
Triglyceride	-0.00 \pm 0.001	<0.001	-0.001 \pm 0.001	0.019
Glucose	-0.039 \pm 0.002	<0.001	-0.007 \pm 0.004	0.073
BUN	0.046 \pm 0.016	0.004	0.044 \pm 0.013	0.001
Creatinine	1.576 \pm 0.308	<0.001	3.235 \pm 0.323	<0.001
LDH	-0.009 \pm 0.001	<0.001	0.001 \pm 0.001	0.597
Amylase	0.020 \pm 0.002	<0.001	0.001 \pm 0.002	0.653
Uric acid	-0.552 \pm 0.038	<0.001	-0.101 \pm 0.032	0.002
HbA1c	-0.978 \pm 0.067	<0.001	0.080 \pm 0.103	0.437
Vitamin D	0.014 \pm 0.007	0.056		

β is standardized regression coefficient. P values are calculated by step-wise multiple regression

Table 3. Change in skeletal muscle mass index between shift & non-shift work group during the study period

	Model 1		Model 2	
	β	P-value	β	P-value
Non-shift work group	-0.130		-0.149	
Shift work group	-0.191		-0.240	
Interaction	-0.061	<0.001	-0.091	<0.001

Model 1: Crude

Model 2: Adjusted for BMI, Hypertension, PLT, Total protein, AST, ALT, ALP, Total-chole, TG, BUN, Cr, Uric acid

III. 결 과

1. 연구 결과

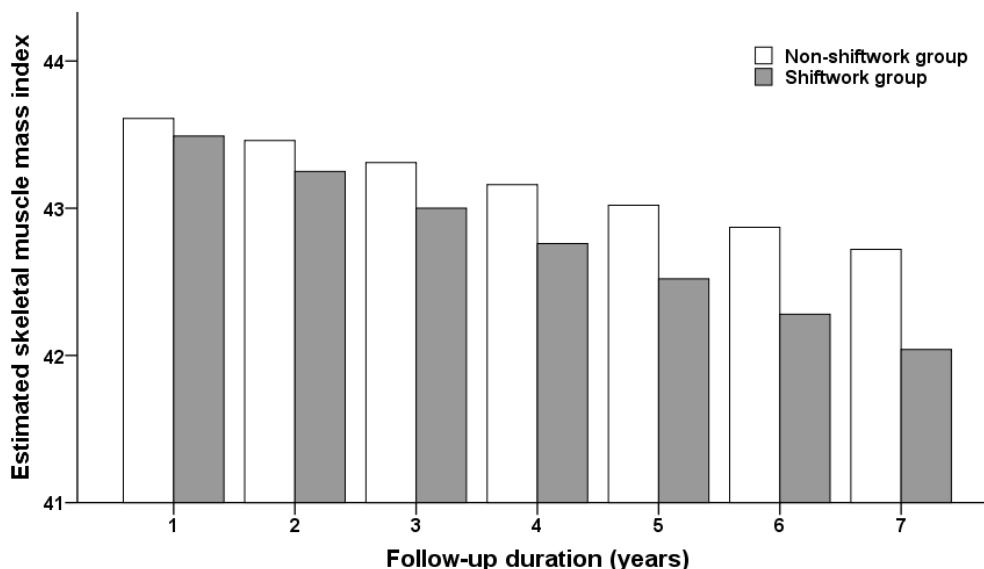
1) 교대근무군과 비교대근무군의 건진 결과 비교

인구역학적 변수들 중 나이, 키, 몸무게, 체질량지수가 두 군간에 통계적 차이를 보였는데 교대근무군 평균 나이가 비교대근무군에 비해 적었고 키, 몸무게, 체질량지수는 많았다. 혈액학적 변수들 중 총단백량(total protein), 총콜레스테롤(total cholesterol), 혈중요소질소(BUN)이 비교대근무군에서 유의하게 높게 나왔으며 당화혈색소(HbA1c) 검사치는 교대근무군에서 유의하게 높았다. 또한 골격근 지수가 Table 1에서와 같이 교대근무군에 비해 비교대근무군에서 유의하

게 높았다($p<0.001$).

2) 골격근 지수에 영향을 주는 변수

골격근 지수에 영향을 주는 변수를 선형 회귀 분석으로 분석한 결과는 Table 2와 같다. Table 2에서 보듯이 선형 회귀 분석에서 골격근 지수와 유의한 상관 관계를 보인 변수는 교대작업유무($p=0.049$), 체질량지수($p<0.001$), 고혈압($p=0.024$), 혈소판($p<0.001$), 총단백량($p<0.001$), 아스파테이트아미노전이효소($p=0.028$), 알라닌아미노전이효소($p=0.003$), 알칼리인산분해효소($p<0.001$), 총콜레스테롤($p=0.002$), 중성지방($p=0.019$), 혈중요소질소($p=0.001$), 크레아티닌($p<0.001$), 요산($p=0.002$)이 있었다.



Non-shiftwork group 기울기: -0.149

Shiftwork group 기울기: -0.240

P-value: <0.001

Covariates: BMI, Hypertension, PLT, Total protein, AST, ALT, ALP, Total-chole, TG, BUN, Cr, Uric acid

Figure 2. Comparison of skeletal muscle mass index for 7 years

3) 교대 및 비교대 두 군에서 시간에 따른 골격근 지수의 변화

교대근무 여부에 따른 골격근 지수의 변화를 알아보기 위해 연구기간 동안 최소 2회이상 방문한 대상자들의 골격근 지수에 대한 혼합 선형 모형(mixed linear model)분석을 시행한 결과는 Table 3과 같다. Model 1 즉 Crude는 보정변수를 고려하지 않았을 때의 교대 근무여부에 따른 골격근 지수의 변화 기울기를 나타내었고, Model 2 즉 Adjusted는 본 연구에서 파악된 골격근 지수에 영향을 미치는 요소를 보정하였을 때 교대 근무여부에 따른 골격근 지수의 변화 기울기를 나타내었다(Table 3). Model 1에서도 교대근무자가 비교대 근무자에 비해 골격근 지수의 변화가 더 빠르게 감소함을 확인할 수 있고 통계적으로도 유의하나(p -value < 0.001), 골격근 지수에 영향을 주는 변수들로 보정한 후의 결과에서는 교대근무자의 골격근 지수의 변화가 훨씬 더 빠르게 감소함을 확인할 수 있었다(p <0.001). Figure 2와 같이 교대근무자군에서 보정변수를 고려하였을 때 골격근 지수의 변화 기울기는 -0.240, 비교대 근무자는 -0.149로 유의한 차이를 보였다(p <0.001) 이는 교대근무자의 골격근 지수 감소가 비교대근무자와 비교하여 동일한 기간에 많다는 것을 시사한다.

IV. 고 찰

본 연구에서는 일개 종합 병원에서 근로자 건강 검진을 받은 현재 작업력 문항에 용접, 취부, 사상, 도장 및 기타 작업력을 기재한 생산 업무 종사 남성 근로자를 대상으로 교대근무자와 비교대근무자의 골격근 지수에 영향을 미치는 인구학적, 혈액학적 변수가 무엇인지 알아보았고 시간에 따른 골격근 지수의 변화가 두 군에서 차이가 있는지를 알아보았으며, 교대근무가 골격근 지수에 미치는 연관성을 평가하였다. 이번 연구대상군의 골격근 지수에 영향을 미친 변수는 교대작업유무(p =0.049), 체질량지수(p <0.001), 고혈압(p =0.024), 혈소판(p <0.001), 총단백량(p <0.001), 아스파테이트아미노전이효소(p =0.028), 알라닌아미노전이효소(p =0.003), 알칼리인산분해효소(p <0.001), 총콜레스테롤(p =0.002), 중성지방(p =0.019), 혈중요소질소(p =0.001), 크레아티닌(p <0.001), 요산(p =0.002)이 있었다. 체질량지수가 골격근지수와 음의 상관 관계를 보였는데 이는 이전 근로자 대상으로 체질량지수와 건강 상태와의 연관성을

분석한 연구들에서 체질량지수가 높을수록 대사증후군 발생의 위험이 증가한다는 보고의 결과에서 체질량 지수의 증가는 좋지 않은 건강의 지표로 고려될 수 있다고 판단되며 특히 교대근무가 체성분 중 지방의 증가와 직접적인 연관이 있었다는 결과에서 체질량지수와 골격근지수가 음의 상관 관계를 보인 이번 연구 결과와 일치한다고 하겠다(Di Lorenzo et al., 2003). 이와 같은 맥락에서 대사증후군에서 높게 관찰되는 고혈압, 혈소판, 총단백량, 아스파테이트아미노전이효소, 알라닌아미노전이효소, 알칼리인산분해효소, 총콜레스테롤, 중성지방, 요산이 골격근 지수와 음의 상관 관계를 보이는 것은 당연한 결과라 생각된다. 혈중요소질소와 크레아티닌이 골격근지수와 유의한 양의 상관 관계를 보였는데 혈중요소질소와 크레아티닌은 단백질이 체내에서 대사되고 남은 물질들로 특히 혈중 크레아티닌은 골격근에 있는 크레아틴 포스페이트(creatine phosphate)의 분해 산물로 골격근 소모의 대리 지표(surrogate marker)로 알려져 있으며, 낮은 혈중 크레아티닌 수치는 낮은 골격근 양을 의미하는 것으로 양의 상관 관계를 보이는 것은 적합한 소견으로 판단된다(Lin & Hsu, 2022). 시간에 따른 골격근 지수의 변화는 교대근무자에서 비교대근무자와 비교하여 유의하게 감소되는 것을 관찰하였는데 이는 교대근무가 골격근 감소에 직접적인 영향을 미치기 때문으로 판단되나 교대 근무와 골격근 건강 사이의 인과 관계는 아직 정확하게 확립되어 있지 않아 저자들은 다음과 같은 직접 및 간접적 원인을 제시하려고 한다. 첫번째는 교대 근무가 여러 생리학적 경로를 통해 골격근의 단백질 합성을 감소시키고 단백질 분해를 증가시킨다는 것이다. 수면-각성 주기의 변화는 골격근 섬유에 존재하는 Clock, Bmal1, Cry1/2, Per 1/2와 같은 코어 시계 유전자를 포함한 고유한 생물학적 시계의 기능에 이상을 가져와 근육 위축, 구조적 손상, 대사 변화, 재생 변화, 힘과 지구력 감소를 가져 오고(Harfmann et al., 2015), 빛 노출의 변화, 수면 및 섭식 패턴의 변화는 또 신체의 일주기(circadian) 리듬을 관장하는 시신경교차상핵(supra chiasmatic nuclei, SCN)의 항상성 유지 기능에 이상을 가져와 근육의 단백질 균형에 직접적인 영향을 줄 수 있다(Lucassen et al., 2016). 두번째는 교대 근무로 인한 수면 부족과 음식과 음료 섭취 패턴의 변화가 골격근 건강을 손상시킬 수 있다는 것이다. 단백질 섭취는 골격근에서 단백질 합성에 있어 중요한 부분이며 식이 단

백질은 근육 세포를 재형성하는데 필요한 물질을 공급하고 인슐린 감수성 개선한다. 하지만 교대근무자의 식단에는 단백질보다 지방 및 정제 탄수화물이 주간 근로자에 비해 더 많은 부분을 차지하고 이는 인슐린 저항성 증가, 근육 단백질 분해 촉진, 지방 침투 촉진과 같은 골격근 건강에 부정적인 영향을 미친다(Lowden et al., 2010). 수면 부족은 일반적으로 야채, 과일 및 고단백 식품에 비해 단 음식, 짠 음식, 녹말 음식 등 탄수화물 함량이 높은 음식에 대한 선호도를 높이고 식욕 조절 호르몬 즉 식욕 억제 호르몬인 렙틴(leptin)과 식욕 자극 호르몬인 그렐린(ghrelin)의 분비가 교대 근무자에서 낮 근무자와 다르게 분비되는 것도 음식 섭취 패턴의 변화의 원인으로 생각된다(Crispim et al., 2011; Spaeth et al., 2014). 교대 근무는 알코올 소비에도 영향을 미치는데 교대근무자에서 폭음 위험이 증가하고 알코올로 인한 근육 단백질 합성의 감소와 분해 증가로 골격근에 나쁜 영향을 준다는 연구 결과가 있다(Smiles et al., 2016; Dorrian et al., 2017). 세 번째는 교대근무로 인한 수면 장애와 호르몬의 변화가 골격근의 건강에 영향을 미친다는 것이다. 남성 호르몬(testosterone), 성장 호르몬(IGF), 코티졸(cortisol)과 같은 호르몬들이 근육 단백질 대사의 동화 작용과 이화 작용에 영향을 미치는데 그 중 남성호르몬은 근육 단백질 합성을 직접적으로 촉진하는 동시에 단백질 분해를 활성화하는 유전자를 억제하는 기능을 가지고 있어 골격근량을 조절하는 핵심적인 역할을 하는데 수면 제한이 테스토스테론 방출 수치를 감소시켰다는 연구결과들이 있다(Touitou et al., 1990). 성장 호르몬은 식후에 골격근으로 아미노산의 전달하고 근육 단백질 합성을 활성화하고 근육 단백질 분해를 억제하는 역할을 하는데 1주일 정도의 수면 제한 후 인슐린 감수성이 감소하는 것으로 나타났다(Kecklund & Axelsson, 2016). 코티졸은 시상하부-뇌하수체-부신의 활성화를 통해 방출되는 주요 호르몬으로 수치가 높을 때는 단백질 합성을 억제하고 단백질 분해를 촉진하여 근육 균형에 영향을 미치는데 교대 근무자에서 불규칙한 기상과 수면 단축이 코티졸의 분비를 증가시킨다는 연구 결과들이 있다(Wirth et al., 2011). 이와 같이 본 연구에서 두 기간에 시간에 따른 골격근 지수의 변화가 교대근무자에서 비교대근무자와 비교하여 유의하게 감소한 것은 위에서 나열한 교대 근무가 여러 생리학적 경로를 통해 골격근의 단백질 합성에 이상을 가져오고 수면 부족과

음식, 음료 섭취 패턴을 변화시키며, 수면 장애와 호르몬의 변화를 유발하여 골격근의 건강에 나쁜 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

본 연구의 제한점은 일개 병원에서 시행한 후향적 의무기록을 이용한 연구로 정확한 인과 관계를 설명하기에 제한이 있고, 비교대근무자가 교대근무자에 비해 월등히 많아 자료를 비교하고 유의성을 평가하는데 제약이 있다는 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 교대근무자에서 근골격계 통증의 발생 원인 중 근감소증을 고려하고 평가해야한다는 정보를 제공하고 향후 이를 예방하고 관리하는데 있어 중요한 자료를 제공하는 연구라고 하겠다.

V. 결 론

일개 종합 병원에서 생산직 근로자를 대상으로 골격근 지수에 영향을 미치는 변수들을 조사한 결과 교대근무의 작업 형태가 골격근 지수와 유의 상관 관계를 보였으며, 교대근무자가 비교대근무자와 비교하여 동일한 기간 동안 시간에 따른 골격근 지수의 감소가 많은 것으로 관찰되었는데 이는 교대근무자의 기상과 수면 패턴의 변화, 음식 섭취의 변화 등이 생체 시계의 변화를 초래하여 골격근 건강에 나쁜 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다. 향후 교대근무자의 근골격계 질환을 비롯한 다양한 질환 발생의 예측 인자로서 골격근 지수의 역할에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- Caruso CC, Waters TR. A review of work schedule issues and musculoskeletal disorders with an emphasis on the healthcare sector. *Ind Health* 2008;46(6): 523-534
- Chang WP, Peng YX. Differences between fixed day shift nurses and rotating and irregular shift nurses in work-related musculoskeletal disorders: A literature review and meta-analysis. *J Occup Health* 2021;63(1):e12208
- Cho SS, Lee DW, Kang MY. The association between shift work and health-related productivity loss due to either sickness absence or reduced performance at work: A cross-sectional study of Korea. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(22)
- Crispim CA, Waterhouse J, Damaso AR, Zimberg IZ,

- Padilha HG et al. Hormonal appetite control is altered by shift work: A preliminary study. *Metabolism* 2011;60(12):1726–1735
- Di Lorenzo L, De Pergola G, Zocchetti C, L'Abbate N, Basso A, et al. Effect of shift work on body mass index: Results of a study performed in 319 glucose-tolerant men working in a southern italian industry. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003;27(11):1353–1358
- Dorrian J, Heath G, Sargent C, Banks S, Coates A. Alcohol use in shiftworkers. *Accid Anal Prev* 2017;99(Pt B):395–400
- Fielding RA, Ralston SH, Rizzoli R. Emerging impact of skeletal muscle in health and disease. *Calcif Tissue Int* 2015;96(3):181–182
- Gao Y, Gan T, Jiang L, Yu L, Tang D et al. Association between shift work and risk of type 2 diabetes mellitus: A systematic review and dose-response meta-analysis of observational studies. *Chronobiol Int* 2020;37(1):29–46
- Harfmann BD, Schroder EA, Esser KA. Circadian rhythms, the molecular clock, and skeletal muscle. *J Biol Rhythms* 2015;30(2):84–94
- Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc* 2002;50(5):889–896
- Kalmbach DA, Pillai V, Cheng P, Arnedt JT, Drake CL. Shift work disorder, depression, and anxiety in the transition to rotating shifts: The role of sleep reactivity. *Sleep Med* 2015;16(12):1532–1538
- Kecklund G, Axelsson J. Health consequences of shift work and insufficient sleep. *BMJ* 2016;355:i5210
- Kim. YG, Yoon. DY, Kim. JI, Chae. CH, Hong. YS et al. Effects of health on shift-work. *Korean J Occup Environ Med* 2002;14(3):247–256
- Lim S, Kim JH, Yoon JW, Kang SM, Choi SH et al. Sarcopenic obesity: Prevalence and association with metabolic syndrome in the korean longitudinal study on health and aging (klosa). *Diabetes Care* 2010;33(7):1652–1654
- Lim YC, Hoe VCW, Darus A, Bhoo-Pathy N. Association between night-shift work, sleep quality and health-related quality of life: A cross-sectional study among manufacturing workers in a middle-income setting. *BMJ Open* 2020;10(9):e034455
- Lin YL, Hsu BG. Assessment of uremic sarcopenia in dialysis patients: An update. *Tzu Chi Med J* 2022;34(2):182–191
- Lowden A, Moreno C, Holmback U, Lennernas M, Tucker P. Eating and shift work – effects on habits, metabolism and performance. *Scand J Work Environ Health* 2010;36(2):150–162
- Lucassen EA, Coomans CP, van Putten M, de Kreijl SR, van Genugten JH et al. Environmental 24-hr cycles are essential for health. *Curr Biol* 2016;26(14):1843–1853
- Matre D, Christensen JO, Mork PJ, Ferreira P, Sand T et al. Shift work, inflammation and musculoskeletal pain—the hunt study. *Occup Med (Lond)* 2021;71(9):422–427
- Moon SH, Lee BJ, Kim SJ, Kim HC. Relationship between thyroid stimulating hormone and night shift work. *Ann Occup Environ Med* 2016;28:53
- Nena E, Katsaouni M, Steiropoulos P, Theodorou E, Constantinidis TC et al. Effect of shift work on sleep, health, and quality of life of health-care workers. *Indian J Occup Environ Med* 2018;22(1):29–34
- Oh JI, Yim HW. Association between rotating night shift work and metabolic syndrome in korean workers: Differences between 8-hour and 12-hour rotating shift work. *Ind Health* 2018;56(1):40–48
- Park TJ, Paek DM, Joh KO, Park JS, Cho Si. The relationship between shift work and work-related injuries among korean workers. *Korean J Occup Environ Med* 2012;24(1):52–60
- Proper KI, van de Langenberg D, Rodenburg W, Vermeulen RCH, van der Beek AJ et al. The relationship between shift work and metabolic risk factors: A systematic review of longitudinal studies. *Am J Prev Med* 2016;50(5):e147–e157
- Rao D, Yu H, Bai Y, Zheng X, Xie L. Does night-shift work increase the risk of prostate cancer? A systematic review and meta-analysis. *Onco Targets Ther* 2015;8:2817–2826
- Schwartz JR, Khan A, McCall WV, Weintraub J, Tiller J. Tolerability and efficacy of armodafinil in naive patients with excessive sleepiness associated with obstructive sleep apnea, shift work disorder, or narcolepsy: A 12-month, open-label, flexible-dose study with an extension period. *J Clin Sleep Med* 2010;6(5):450–457
- Sit RWS, Zhang D, Wang B, Wong C, Yip BHK et al. Sarcopenia and chronic musculoskeletal pain in 729 community-dwelling chinese older adults with multimorbidity. *J Am Med Dir Assoc* 2019;20(10):1349–1350
- Smiles WJ, Parr EB, Coffey VG, Lacham-Kaplan O,

- Hawley JA et al. Protein coingestion with alcohol following strenuous exercise attenuates alcohol-induced intramyocellular apoptosis and inhibition of autophagy. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2016;311(5):E836-E849
- Spaeth AM, Dinges DF, Goel N. Sex and race differences in caloric intake during sleep restriction in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 2014;100(2):559-566
- Touitou Y, Motohashi Y, Reinberg A, Touitou C, Bourdeleau P et al. Effect of shift work on the night-time secretory patterns of melatonin, prolactin, cortisol and testosterone. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;60(4):288-292
- van Mark A, Spallek M, Groneberg DA, Kessel R, Weiler SW. Correlates shift work with increased risk of gastrointestinal complaints or frequency of gastritis or peptic ulcer in h. Pylori-infected shift workers? *Int Arch Occup Environ Health* 2010;83(4):423-431
- Wang D, Ruan W, Chen Z, Peng Y, Li W. Shift work and risk of cardiovascular disease morbidity and mortality: A dose-response meta-analysis of cohort studies. *Eur J Prev Cardiol* 2018;25(12):1293-1302
- Wang F, Yeung KL, Chan WC, Kwok CC, Leung SL et al. A meta-analysis on dose-response relationship between night shift work and the risk of breast cancer. *Ann Oncol* 2013;24(11):2724-2732
- Wang X, Ji A, Zhu Y, Liang Z, Wu J et al. A meta-analysis including dose-response relationship between night shift work and the risk of colorectal cancer. *Oncotarget* 2015;6(28):25046-25060
- Wirth M, Burch J, Violanti J, Burchfiel C, Fekedulegn D et al. Shiftwork duration and the awakening cortisol response among police officers. *Chronobiol Int* 2011;28(5):446-457

<저자정보>

박영숙(부교수), 채창호(부교수), 김해정(부교수), 김동희(부교수)