

# 지연성근육통 유발 후 수동적 스트레칭이 혈중피로물질 및 VAS에 미치는 융합연구

김종혁<sup>1</sup>, 김도진<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>중원대학교 뷰티헬스학과 교수, <sup>2</sup>부천대학교 재활스포츠과 교수

## Convergence Study on Effects of Passive Stretching on Blood Fatigue and VAS after Delayed Onset Muscle Soreness

Jong-Hyuck Kim<sup>1</sup>, Do-Jin Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Professor, Dept. of Beauty & Health, Jungwon University

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Rehabilitation Sports, Bucheon University

요 약 본 연구는 대학생을 대상으로 지연성근육통 유발 후 수동적 스트레칭의 효과를 확인하고 부상 시 효과적인 통증 완화 및 예방을 위한 재활 운동프로그램을 제안하고자 한다. 연구대상자는 20대 남자 대학생을 대상으로 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹으로 구분하였다. 수동적 스트레칭 그룹은 지연성근육통 유발 후 수동적 스트레칭을 실시하였으며 통제 그룹은 지연성근육통 유발 후 어떠한 처치도 실시하지 않았다. 지연성근육통 유발 방법은 벤치 스텝 운동을 통하여 유발하였으며, 스텝박스의 높이는 50cm이며, 착지 시 왼쪽 하지 쪽으로 착지하도록 하였다. 측정변인은 혈중피로물질과 주관적 통증 척도를 알아보았으며 자료처리는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹의 비교를 위하여 2-way RGRM ANOVA를 실시하였다. 결론적으로 지연성근육통 유발 후 수동적 스트레칭이 혈중피로물질(CRP, LDH)과 주관적 통증척도(VAS)에 긍정적 효과가 있는 것으로 나타났다.

주제어 : 융합, 지연성근육통, 수동적 스트레칭, 혈중피로물질, 주관적 통증척도

**Abstract** The purpose of this study was to prove the effect of passive stretching after delayed muscular pain induction in university students and to propose a rehabilitation exercise program for effective pain relief and prevention in case of injury. Subjects were divided into passive stretching group and control group. Passive stretching group was performed passive stretching after delayed muscular pain induction and control group did not perform any treatment after delayed muscular pain induction. The delayed muscular pain induction method was induced by bench step motion. The height of the step box was 50cm. The data were analyzed by two-way RGRM ANOVA for comparison of passive stretching group and control group. In conclusion, passive stretching after delayed myalgia has a positive effect on blood fatigue (CRP, LDH) and subjective pain scale(VAS).

**Key Words** : Convergence, Delayed onset muscle soreness, Passive stretching, Blood fatigue, VAS

### 1. 서론

운동은 종종 근골격계, 신경계 및 대사계에서 다양한 정도의 피로를 유발할 수 있다. 운동의 빈도, 강도, 지속

시간 및 유형에 따라 다양한 양의 불편이나 통증 및 염증이 운동과 관련 될 수 있다. 강렬한 운동 후, 이러한 불편함과 통증은 일반적으로 근육 내 기능의 손상과 지연성 근육통(Delayed-onset muscle soreness; DOMS)의 지연

\*Corresponding Author : Do-Jin Kim(taehab@hanmail.net)

Received October 15, 2018

Accepted December 20, 2018

Revised November 6, 2018

Published December 31, 2018

으로 이어지는 세포 내 근육 구조, 근세포막 및 세포 외 기질의 파괴와 관련이 있다[1].

규칙적인 신체 활동은 근골격계를 포함한 전체 유기체에 이익을 주지만, 지연성근육통(DOMS)을 지연시킬 수 있다. DOMS는 개인이 익숙하지 않은 운동을 수행할 때 발생하는 민감도, 통증 및 근육 강도에 해당하며 강도가 높거나 편심수축이 있을 때 발생한다[2,3]. DOMS는 보통 운동이 끝난 후 24시간 동안 나타나며, 운동이 끝난 후 48시간에서 72시간 사이에 통증이 가장 높다[4]. 통증 기간 동안 개인은 최대 근육강도의 범위와 결핍의 제한을 받을 수 있다[5].

또한, 운동 수행 면에서 DOMS는 부정적인 결과를 초래할 수 있으며 근육 통증과 근육 및 결합 조직에 대한 구조적 손상은 근육 기능 및 관절 역학을 변화시킬 수 있다[6]. 많은 운동가들에게 격렬한 운동의 피로는 생산적인 시간의 만족스러운 신호이다. 그러나 지연성근육통(DOMS)과 관련된 그에 따른 통증과 결핍은 환영받지 못하거나 긍정적으로 강화되지 않는다[7].

부상 위험 증가, 강도 감소 및 DOMS와 관련된 통증으로 인해 사람들이 정기적으로 운동하지 못하게 될 수 있다[8]. DOMS의 정확한 원인은 알려지지 않았지만 일부 이론은 주동근 골격근의 근원섬유 교란과 미세한 손상이 염증 반응을 유발하여 근육 통증을 유발한다고 제안하고 있다[7,9].

DOMS는 관절가동범위(ROM) 및 근력을 감소시킴으로써 신체활동을 손상시키고 일상생활의 활동을 복잡하게 할 수 있으며, 극저온 치료, 스트레칭, 마사지 및 항염증 약물과 같은 DOMS 완화를 위한 많은 다른 치료 전략이 사용되었다[10-13].

유연성 훈련은 부상 위험감소, 운동수행능력 향상, 웰빙 감각, 그리고 경우에 따라 DOMS로부터의 일시적인 완화를 제공할 수 있는 잠재력을 보여주고 있다. 운동가는 최대 수준에서 수행 할 근육을 준비 할 목적으로 준비 운동의 일환으로 스트레칭을 연습 할 수 있다[14,15].

스트레칭이 부상 예방에 유익한 효과를 가지며 근육의 유연성을 향상시키고 신체 성능을 향상시킬 수 있다고 제안했다[16].

유연성은 관절이나 관절 그룹에서 부상 없이 달성할 수 있는 운동 범위를 결정하는 신체 조직의 고유한 특성이다. 수동적, 정적, 동적성, 탄성 및 고유 감각 신경근 촉진(PNF)과 같은 유연성 향상을 목적으로 하는 여러 가지

스트레칭 방법이 있다[17].

15-30초의 수동 스트레칭은 짧은 지속 시간보다 더 효과적이며 더 긴 지속 시간만큼 효과적이며, 수동적 스트레칭은 동적 스트레칭보다 더 효과적이다[18-20].

유연성은 스포츠 부상 위험과 밀접한 관련이 있을 뿐만 아니라 일상생활과 신체활동에 있어 근본적인 요소로 여겨지고 있다[21]. 스트레칭은 건강과 관련된 치료와 재활운동 트레이너 사이에서 인기가 있다[22]. 재활치료에 사용되는 일반적인 스트레칭 기법은 치료사 또는 치료 제공자에 의해 관리되는 수동적 스트레칭이라고 볼 수 있다[23]. 따라서, 본 연구는 대학생을 대상으로 지연성근육통 유발 후 수동적 스트레칭의 효과를 확인하고 부상 예방 및 효과적인 재활 운동프로그램을 제안하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

본 연구대상은 20대 남자대학생 20명을 대상으로 수동적 스트레칭 그룹(n=10)과 통제그룹(n=10)으로 구분하였다. 수동적 스트레칭 그룹은 지연성근육통 유발 후 수동적 스트레칭을 실시하였으며 통제그룹은 지연성근육통 유발 후 어떠한 처치도 실시하지 않았다. 연구대상자는 실험 프로그램 외에 통증을 완화하기 위한 신체활동 및 처치를 실시하지 못하도록 제한하였다. 연구대상의 구체적 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Division	M±SD	
	PG	CG
Number(n)	10	10
Height(cm)	176.44±3.03	177.02±3.95
Weight(kg)	69.24±4.25	68.56±4.10
Age(year)	22.14±1.15	22.52±1.35

PG: Passive Stretching Group, CG: Control Group

### 2.2 처치프로그램

본 연구대상의 지연성근육통 유발 방법은 벤치 스텝 운동을 통하여 유발하였으며, 스텝박스의 높이는 50cm이며, 착지 시 왼쪽 하지 쪽으로 착지하도록 하였다. 처치 종료는 연구대상자가 더 이상 운동을 계속하지 못할 때까지 실시하였다. 수동적 스트레칭 그룹은 운동직후 20분간의 하지를 중심으로 한 수동적 스트레칭을 실시하였

다. 반면 통제그룹은 지연성 근육통 유발 후 아무처치를 실시하지 않았다. 구체적인 처치 및 스트레칭 프로그램은 Table 2와 같다.

Table 2. Treatment program

Group	Treatment program
PG	Passive Stretching(20min): piriformis/hamstring/adductor hamstring/TFL/IT band/hip joint mobilization/Quadriceps/hip internal(external) rotation/Quadratus lumborum/Erector spinae/plantar fascia/calcaneus mobilization/calf fascia
CG	no treatment

2.3 측정방법

연구대상의 혈중피로물질 측정은 12-15시간의 공복 후 연구대상의 전완정맥에서 혈액을 채취하였으며, 주관적 통증척도는 시각척도(VAS: visual analogue scale)의 통증 강도로 측정하였다. 피로물질 및 통증척도는 처치 프로그램 시행 직후, 처치프로그램 후 24시간 후 측정하였다.

2.4 자료처리

본 연구의 자료처리는 각 측정 시기별 평균과 표준편차를 제시하였으며, 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹의 비교를 위하여 2-way RGRM ANOVA를 실시하였다. 유의수준은  $\alpha=0.05$  이다.

3. 결과

3.1 C-reactive protein(CRP)의 변화

CRP는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹에 있어 지연성근육통 유발 후 처치프로그램 직후, 24시간 후의 기술통계 분석결과 Table 3 과 같다. Table 3에 의하면 처치직후에는 평균에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나 24시간 후에는 평균에서 차이가 있는 것으로 나타났다. Table 4의 변량분석 결과를 보면 두 집단 간에 유의한 상호작용( $F=6.662, p=.019$ )효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹의 처치프로그램의 차이에서 기인한 것으로 생각된다.

Table 3. CRP descriptive statistics

	group	after	after-24h
CRP (mg/L)	PG	7.25±2.17	6.28±2.54
	CG	8.05±3.30	8.02±3.14

Table 4. CRP 2-way RGRM ANOVA

variable	Factor	SS	df	MS	F	p
CRP	group	16.059	1	16.059	1.027	.324
	error	281.453	18	15.636		
	period	2.464	1	2.464	7.517	.013*
	period ×group	2.183	1	2.183	6.662	.019*
	error	5.899	18	.328		

\* : $p<0.05$

3.2 Lactic dehydrogenase(LDH)의 변화

LDH는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹에 있어 지연성근육통 유발 후 처치프로그램 직후, 24시간 후의 기술통계 분석결과 Table 5 와 같다. Table 5에 의하면 처치직후의 평균에서 차이를 나타내고 있으면 24시간 후에는 두 집단의 감소폭이 수동적 스트레칭 그룹에서 크게 나타나고 있다. Table 6의 변량분석 결과를 보면 두 집단 간에 유의한 상호작용( $F=1.402, p=.252$ )효과가 없는 것으로 나타났다. 하지만 시간에 따른 주효과( $F=21.145, p=.001$ )에서는 유의한 것으로 나타났다. 이는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹의 처치프로그램에 대한 통계적 상호작용의 차이에서는 효과가 미약한 것으로 나타났으나 연구적 의미에서 자료 변화 등을 고려해 볼 때 수동적 스트레칭 효과로 판단된다.

Table 5. LDH descriptive statistics

	group	after	after-24h
LDH (IU/L)	PG	305.36±34.20	284.24±32.07
	CG	328.36±39.49	315.89±48.55

Table 6. LDH 2-way RGRM ANOVA

variable	Factor	SS	df	MS	F	p
LDH	group	7467.135	1	7467.135	2.554	.127
	error	52635.908	18	2924.217		
	period	2819.980	1	2819.980	21.145	.001**
	period ×group	186.912	1	186.912	1.402	.252
	error	2400.499	18	133.361		

\*\* : $p<0.01$

### 3.3 Visual analogue scale(VAS)의 변화

VAS는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹에 있어 지연성근육통 유발 후 처치프로그램 직후, 24시간 후의 기술통계 분석결과 Table 7 과 같다. Table 7에 의하면 처치직후에는 평균에 차이를 나타내고 있으며, 24시간 후에는 평균에서 더욱 큰 차이를 나타냈다.

Table 8의 변량분석 결과를 보면 두 집단 간에 유의한 상호작용(F=23.840, p=.001)효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 처치프로그램이 두 집단에 영향을 준 것으로 생각된다.

Table 7. VAS descriptive statistics

	group	after	after-24h
VAS(mm)	PG	55.28±10.29	37.76±8.52
	CG	76.22±11.42	78.15±15.84

Table 8. VAS 2-way RGRM ANOVA

variable	Factor	SS	df	MS	F	p
VAS	group	9402.555	1	9402.555	39.128	.001**
	error	4325.391	18	240.299		
	period	606.841	1	606.841	15.301	.001**
	period × group	945.481	1	945.481	23.840	.001**
	error	713.860	18	39.659		

\*\* :p<.01

## 4. 논의

본 연구는 남자 대학생을 대상으로 지연성근육통 유발 후 수동적 스트레칭을 적용하여 혈중피로물질 및 주관적 통증척도에 미치는 영향을 규명하기 위하여 연구결과를 토대로 선행연구와 비교 분석한 논의는 다음과 같다.

지연성근육통은 근육 섬유에 손상을 입히며 해당 근육에 익숙하지 않거나 너무 격렬한 편심력(즉, 근육-신장력)에 의해 유발되는 것으로 생각 된다[24,25].

근통증 유발 후 처치방법에 따른 혈중피로물질의 변화에 관한 선행연구를 살펴보면, Lim[26]의 연구에서는 남자 대학생을 대상으로 반동점프를 이용한 지연성근통증 유발 후 폼롤러 처치를 실시한 결과 LDH 농도 변화에 효과가 미치지 않았다고 보고하였으며, Kim[27]의 연구에서는 남자 대학생을 대상으로 대퇴사두근에 지연성 근

통증 유발 후 정적, 동적 및 PNF 스트레칭을 실시한 결과 LDH 변화가 나타나지 않았다고 보고하였으며, Imtiyaz, Veqar & Shareef[28]의 연구에서는 건강한 비운동 여성을 대상으로 지연성 근통증 유발 후 진동요법과 마사지 요법을 실시한 결과 진동요법에서 LDH 수준을 감소시키는데 효과적이라고 보고하였다.

운동 후 관찰되고 DOMS의 발생과 관련된 크레아틴 키나아제(CK), C 반응성 단백질(CRP), 및 인터루킨-6(IL-6)의 혈중 농도 변화는 골격근 회복을 달성하는데 사용될 수 있다[29]. 이 중 C 반응성 단백질(CRP)은 면역 체계 자극으로 인한 전신 염증에 대한 상대적으로 민감한 객관적인 혈청 바이오 마커이다[30]. 또한, DOMS가 근육 세포막 인 근섬유막에 손상을 일으키며 이 손상으로 인해 근육 손상의 생화학적 마커(크레아틴 키나아제(CK), 젖산 탈수소 효소 (LDH) 및 미오글로빈(Mb))가 방출 된다[31]. 젖산 탈수소 효소(LDH)는 해당과정에서 피루브산을 젖산으로 전환시키는 효소이며, 조직 손상, 염증, 용혈, 심근경색에 대한 마커로 알려져 있다[32,33].

본 연구에서는 남자대학생을 대상으로 지연성근육통(DOMS) 유발 후 수동적 스트레칭을 실시한 결과 CRP 및 LDH의 변화에서 처치 직후 및 24시간 후에 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선행연구[28]와 일치하는 것으로 나타났으며 본 연구에서 실시한 수동적 스트레칭이 CRP 및 LDH변화에 긍정적인 효과가 나타났음을 확인 할 수 있었다. 이러한 원인은 본 연구에서 실시한 수동적 스트레칭이 젖산을 피루브산으로 환원 시켜 근육에서 pH농도 적정유지 및 에너지 대사 작용을 원활하게 해주고 산화 스트레스와 활성 산소가 감소되었기 때문이라고 생각된다.

근통증 유발 후 처치방법에 따른 주관적 통증척도의 변화에 관한 선행연구를 살펴보면, Kang & Park[34]의 연구에서는 남자대학생을 대상으로 인위적 지연성 근통증 유발 후 30분간 스트레칭을 실시한 결과 시각적 통증척도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고하였으며, Kim[27]의 연구에서는 남자 대학생을 대상으로 대퇴사두근에 지연성 근통증 유발 후 정적, 동적 및 PNF 스트레칭을 실시한 결과 동적 스트레칭에서 근육통 감소에 효과가 나타났다고 보고하였으며, Lim[26]의 연구에서는 남자 대학생을 대상으로 반동점프를 이용한 지연성 근통증 유발 후 폼롤러 처치를 실시한 결과 주관적 통증지수에 긍정적인 효과를 보였다고 보고하였으며, Zainuddin

등[35]의 연구에서는 상지 손상이 없고 운동경험이 없는 건강한 20대 남, 여를 대상으로 지연성 근통증 유발 후 국소적 마사지를 실시한 결과 근통증을 감소시켰다고 보고하였으며, Vaile, Gill & Blazeovich[36]의 연구에서는 20대 남, 여 레크리에이션 운동선수를 대상으로 지연성 근통증 유발 후 냉·온욕을 실시한 결과 근통증을 감소시켰다고 보고하였으며, Imtiyaz, Veqar & Shareef[37]의 연구에서는 건강한 비운동 여성을 대상으로 지연성 근통증 유발 후 진동요법과 마사지 요법을 실시한 결과 두 처치요법 모두 효과가 있는 것으로 나타났으나 진동요법이 마사지 요법보다 통증완화에 효과적이라고 보고하였다. 또한, Macdonald 등[38]의 연구에서도 20대 남성을 대상으로 최대 스쿼트 동작 후 폼롤러 처치를 실시한 결과 근통증에 감소가 있다고 보고하였다.

근육 통증의 정도를 정량화하는 것은 통증의 주관적 특성 때문에 어려운 문제이다. 여러 가지 척도가 DOMS를 평가하기 위해 사용되었으나 주관적 통증 척도(VAS)가 DOMS 평가에 가장 많이 사용 된다[35,39,40]. 본 연구에서는 남자대학생을 대상으로 지연성근육통(DOMS) 유발 후 수동적 스트레칭을 실시한 결과 VAS의 변화에서 처치 직후 및 24시간 후에 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선행연구[26,27,34-38]와 일치하는 것으로 나타났으며 본 연구에서 실시한 수동적 스트레칭이 VAS의 변화에 긍정적인 효과가 나타났음을 확인할 수 있었다. 이러한 원인은 본 연구에서 실시한 수동적 스트레칭이 근육과 모세혈관을 확장시켜 근육세포의 혈액공급이 증가되어 대사산물이 제거되고 충분한 산소공급이 이루어져 통증이 감소[41]되었기 때문이라고 생각된다.

## 5. 결론

본 연구는 수동적 스트레칭의 효과를 살펴보고 이를 바탕으로 재활운동프로그램의 기초자료를 제공하고자 하였다. 이를 위해 남자대학생 20명을 대상으로 지연성근육통(DOMS) 유발 후 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹으로 구분하여 수동적 스트레칭의 효과를 비교하였다. 지연성근육통 유발 후 바로 처치프로그램 실시한 후, 24시간 후에 CRP, LDH, VAS를 비교하였다. 이와 같은 절차를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, CRP는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹에서 유의한 상호작용효과를 나타냈다.

둘째, LDH는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹에서 유의한 상호작용효과를 나타내지 않았으나 시간에 따른 주 효과에서는 유의한 것으로 나타났다. 이는 연구적인 측면에서 처치프로그램의 효과라고 생각된다.

셋째, VAS는 수동적 스트레칭 그룹과 통제그룹에서 유의한 상호작용효과를 나타냈다.

본 연구에서 적용한 수동적 스트레칭은 혈중피로물질과 통증강도에 유의한 효과를 나타낸 것으로 생각된다. 이에 수동적 스트레칭을 이용한 재활운동에 대한 관심과 관련 연구들의 진행이 요구된다. 특히 만성통증질환에 대한 연령대별 임상적용 연구가 필요하며 관절 주변의 조직에 대한 연구 역시 필요하다고 생각된다.

## REFERENCES

- [1] C. Byrne, C. Twist & R. Eston. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. *Sports medicine*, 34(1), 49 - 69.
- [2] K. Cheung, P. A Hume & L. Maxwell. (2003). Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports medicine*, 33(2), 145-64.
- [3] J. T. Costello, P. R. Baker, G. M. Minett, F. Bieuzen, I. B. Stewart & C. Bleakley. (2016). Cochrane review: Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. *Journal of evidence-based medicine*, 9(1), 43-44.
- [4] P. B. Lewis, D. Ruby & C. A. Bush-Joseph. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clinics in sports medicine*, 31(2), 255-262.
- [5] O. Prasartwuth, T. J. Allen, J. E. Butler, S. C. Gandevia & J. L. Taylor. (2006). Length-dependent changes in voluntary activation, maximum voluntary torque and twitch responses after eccentric damage in humans. *The Journal of physiology*, 571(Pt 1), 243-252.
- [6] A. V. Rowlands, R. G. Eston & C. Tilzey. (2001). Effect of stride length manipulation on symptoms of exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect. *Journal of sports sciences*, 19(5), 333 - 340.

- [7] K. Cheung, P. Hume & L. Maxwell. (2003). Delayed onset muscle soreness treatment strategies and performance factors. *Sports medicine*, 33(2), 145-164.
- [8] D. MacIntyre, W Reid & D. McKenzie. (1995). Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports medicine*, 20(1), 24-40.
- [9] D. Szymanski. (2001). Recommendations for the avoidance of delayed onset muscle soreness. *Strength and Conditioning Journal*, 23(4), 7-13.
- [10] Z. Zainuddin, M. Newton, P. Sacco & K. Nosaka. (2005). Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *Journal of Athletic Training*, 40(3), 174-180.
- [11] A. Ascensao, M. Leite, A. N. Rebelo, S. Magalhaes & J. Magalhaes. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 217-225.
- [12] D. A. Connolly, S. E. Sayers & M. P. McHugh. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 197-208.
- [13] R. P. McGrath, J. R. Whitehead & D. J. Caine. (2014). The Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Post-Exercise Delayed Onset Muscle Soreness in Young Adults. *International Journal of Exercise Science*, 7(1), 14-21.
- [14] S. Reisman, L. Walsh & U. Proske. (2005). Warm-up stretches reduce sensations of stiffness and soreness after eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(6), 929-936.
- [15] E. Witvrouw, N. Mahieu, L. Danneels & P. McNair. (2004). Stretching and injury prevention. *Sports medicine*, 34(7), 443-449.
- [16] D. J. McMillian, J. H. Moore, B. S. Hatler & D. C. Taylor. (2006). Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 492-499.
- [17] American College of Sports Medicine. (1998). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(6), 975-991.
- [18] J. M. Roberts & K. Wilson. (1999). Effect of stretching duration on the active and passive range of motion in the lower extremity. *British journal of sports medicine*, 33(4), 259 - 263.
- [19] S. W. Madding, J. G. Wong, A. Hallorn & J. M. Madeiros. (1987). Effect of duration of passive stretch on hip adduction range of motion. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 8(8), 409 - 416.
- [20] M. Moller, J. Ekstrand, B. Oberg & J. Gillquist. (1985). Duration of stretching effect on range motion in lower extremities. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 66(3), 171 - 173.
- [21] E. Witvrouw, L. F. Danneels, P. Asselman, T. D'Have & D. Cambier. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *The American journal of sports medicine*, 31(1), 41-46.
- [22] L. C. Decoster, J. Cleland, C. Altieri & P. Russell. (2005). The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 35(6), 377 - 387.
- [23] J. P. Halbertsma, I. Mulder, L. N. Goeken & W. H. Eisma. (1999). Repeated passive stretching: acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(4), 407-414.
- [24] N. Singla, P. J. Desjardins, E. B. Cosca, C. Parulan, A. Arriaga, K. C. Poole, D. M. Batz & P. D. Chang. (2015). Delayed-onset muscle soreness: a pilot study to assess analgesic study design features. *Pain*, 156(6), 1036 - 1045.
- [25] W. C. Byrnes & P. M. Clarkson. (2003). Delayed onset muscle soreness and training. *Clinics in Sports Medicine*, 5(3), 605 - 614.
- [26] H. B. Lim. (2017). *The effects of muscle damage factors and isokinetic muscular strength using a foam roller after delayed onset muscle soreness*. Master's thesis. The graduate school of Dankook University.
- [27] S. H. Kim. (2009). Effects of different stretching methods after exercise on delayed onset muscle soreness and exercise performance. *Exercise Science*, 18(4), 527-538.
- [28] S. Intiyaz, Z. Veqar & M. Y. Shareef. (2014). To Compare the Effect of Vibration Therapy and Massage in Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness(DOMS). *Journal of clinical and diagnostic research*, 8(3), 133-136.
- [29] E. C. Leal Junior, V. de Godoi, J. L. Mancalossi, R. P. Rossi, T. De. Marchi, M. Parente, D. Grosselli, R. A. Generosi, M. Basso, L. Frigo, S. S. Tomazoni, J. M.

- Bjordal & R. A. Lopes-Martins. (2011). Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes - preliminary results. *Lasers in medical science*, 26(4), 493 - 501.
- [30] M. B. Pepys. (1995). *The acute phase response and C-reactive protein*. University of Oxford Press. second edition, 1527 - 1533.
- [31] W. McArdle, F. Katch & V. Katch. (2007). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance (6th ed)*. Williams & Wilkins: Baltimore.
- [32] F. Hirschhaeuser, U. G. Sattler & W. Mueller-Klieser. (2011). Lactate: a metabolic key player in cancer. *Cancer research*, 71(22), 6921 - 6925.
- [33] G. J. Kato, V. McGowan, R. F. Machado, J. A. Little, V. I. J. Taylor, C. R. Morris, J. S. Nichols, X. Wang, M. Poljakovic, S. M. Morris & M. T. Gladwin. (2006). Lactate dehydrogenase as a biomarker of hemolysis-associated nitric oxide resistance, priapism, leg ulceration, pulmonary hypertension, and death in patients with sickle cell disease. *Blood*, 107(6), 2279 - 2285.
- [34] T. W. Kang & J. B. Park. (2017). The Effect of Stretching and Stretching in Cold Bath after Artificial DOMS on Muscle Pain and Muscular Function. *The Korean Entertainment Industry Association Conference Proceedings*, 115-118.
- [35] Z. Zainuddin, M. Newton, P. Sacco & K. Nosaka. (2005). Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *Journal of athletic training*, 30(3), 174-180.
- [36] J. M. Vaile, N. D. Gill & A. J. Blazevich. (2007). The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness. *Journal of strength and conditioning research*, 21(3), 697-702.
- [37] S. Intiyaz, Z. Veqar & M. Y. Shareef. (2014). To Compare the Effect of Vibration Therapy and Massage in Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS). *Journal of clinical and diagnostic research*, 8(1), 133-136.
- [38] G. Z. Macdonald, D. C. Button, E. J. Drinkwater & D. G. Behm. (2014). Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. *Medicine Science of Sports Exercise*, 46(1), 131-142.
- [39] P. J. O'Connor & D. B. Cook. (1999). Exercise and pain: The neurobiology, measurement, and laboratory study of pain in relation to exercise in humans. *Exercise and sport sciences reviews*, 27(1), 119-166.
- [40] P. Bajaj, T. Graven-Nielsen & L. Arendt-Nielsen. (2001). Post-exercise muscle soreness after eccentric exercise: psychophysical effects and implications on mean arterial pressure. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 11(5), 266-273, 2001.
- [41] M. H. Lee. (2007). *Effects of the low back exercise program including a hamstring stretching on lumbar muscle strength and subjective pain in chronic low back pain patients*. Unpublished master's thesis, Korea National Sport University.

김 종 혁(Kim, Jong Hyuck)

[정회원]



- 1999년 2월 : 한양대학교 경기지도과(체육학사)
- 2001년 8월 : 한양대학교 생활스포츠학과(체육학석사)
- 2006년 8월 : 한양대학교 생활스포츠학과(체육학박사)

- 2015년 4월 ~ 현재 : 중원대학교 뷰티헬스학과 교수
- 관심분야 : 운동생리학, 건강관리, 피부미용, 운동재활, 육상
- E-Mail : jhkim4170@naver.com

김 도 진(Kim, Do Jin)

[정회원]



- 2017년 3월 ~ 현재 : 부천대학교 재활스포츠과 교수
- 관심분야 : 운동재활, 생리측정, 통계
- E-Mail : taehab@hanmail.net