

Original Article

지연성근육통에 적용한 HR-AC기법과 키네시오 테이핑이 통증 변화에 미치는 영향

배세현, 김경윤

동신대학교 물리치료학과 교수

Effects of HR-AC Techniques and Kinesio Taping on Pain Changes in Delayed Onset Muscle Soreness

Sea-hyun Bae, Kyung-yoon Kim

Dept. of Physical Therapy, Dongshin University

ABSTRACT

Background: This study aimed to investigate the effect of hold-relax and antagonist contraction (HR-AC) technique and Kinesio taping on pain changes in delayed-onset muscle soreness (DOMS) of 20's adults.

Methods: Based on voluntary participation, 14 participants with induced-DOMS were randomly divided into control (non-treatment, n=7) and experiment group (HR-AC technique and kinesio taping, n=7). Measurement were used visual analogue scale (VAS), heart rate variability (HRV), and brain wave (alpha). There were 5 sets of the HR-AC technique application on the 5th day from the day of DOMS induction (rest for 30s between sets). Kinesio taping was applied to the same area after HR-AC.

Results: The VAS showed significant changes according to the period and in the interaction between the period and the group ($p<.01$). HRV and alpha wave (Fp1) showed significant changes according to the period ($p<.001$). The analgesic effect was more rapid and continuous in the experimental group than in the control group.

Conclusion: This study showed that the HR-AC technique and Kinesio taping are effective interventions for the management of pain and stress caused by DOMS.

Key Words:

DOMS, HR-AC technique, Kinesio taping, HRV, Brain wave (alpha)

I. 서론

국제통증학회(international association for the study of pain; IASP)는 "근골격계 통증"을 반복적인 긴장, 과사용 그리고 업무와 관련하여 근육, 뼈, 관절, 주변 구조물에서 나타내는 증상이라고 정의하였다(IASP, 2009). 일반적으로 지연성근육통증(delayed onset muscle soreness; DOMS)은 손상된 근육의 염증으로 인해 발생하는 근골격계 증상 중 하나로서 직접적인 타격이나 좌상 등과 같은 손상 및 운동에 의해 미세손상이 발생한다(Roig Pull과 Ranson, 2007).

DOMS는 격렬한 신체활동이나 익숙하지 않은 활동 또는 갑작스러운 운동강도의 증가로 24시간 이내에 발생하는 통증을 말하고, 24시간에서 72시간 사이에 절정에 도달한다(Howatson과 van Someren, 2008; Kisner 등, 2002). 이러한 통증으로 인해 비정상적 근육의 과부하, 편심성 근수축, 과사용 등으로 인한 근육의 미세구조 손상으로 근력감소, 통증을 동반하는 움직임 제한, 근육 경직, 부종, 인접 관절의 역학 변화 등 다양한 임상적 징후를 나타낸다(Heiss 등, 2019).

DOMS의 정확한 메커니즘은 아직 명확하지 않지만, 가장 널리 받아들여지고 있는 이론은 현미경적 분석을 통해 분석된 결과로서 1차적인 기계적 손상과 근섬유 파괴로 인한 염증이 뒤따르며(Guo 등, 2017), 크레아틴 키나아제와 같은 세포 내 효소 및 혈액 내 염증성 마커가 증가됨이 관찰된다(Chatzinikolaou 등, 2010; Peake 등, 2005).

일반적으로 DOMS 치료로 비스테로이드성 항염증제(non-steroid anti-inflammatory drug; NSAIDs) 약물을 사용하는데, 일부 염증의 감소에는 효과적일 수 있으나 NSAIDs로 인한 심각한 염증의 둔화는 치유 초기 단계를 차단하거나 손상시키며(McFarlin 등, 2016), NSAIDs를 정기적으로 사용한 일부 환자에서는 중추신경계에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Auriel 등, 2014).

물리치료 분야에서는 DOMS의 예방 및 치료를 위해 마사지, 스트레칭, 운동치료, 초음파, 전기치료 등이 통증 감소를 위해 일반적으로 사용되고 있으나(Cheung 등, 2003) 그 효과를 규명하기에는 미약한 점들이 있다.

DOMS 예방 및 발생 시 치료의 목적으로 스트레칭 중 정적 스트레칭을 가장 많이 적용하는데, 치료 시 정적 스트레칭은 오히려 통증 증가를 일으켜 증상 완화 측면에서 비효율적인(Witvrouw 등, 2004) 반면, 고유수용성

신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation; PNF)을 이용한 근 통증을 유발시키지 않는 범위 내에서 저항을 감소시킬 수 있어 근골격계 환자들의 재활에 많이 사용된다(Sullivan과 Markos, 1995).

PNF 기법 중 유지-이완 주동근 수축(hold-relax with agonist contraction; HR-AC)기법은 등척성 수축을 통한 Ib 들신경 섬유 조절로 사이신경세포에서의 수축 근육과 협동근의 α -운동신경원을 억제시키고, 대항근을 활성화시키는 자가억제(autogenic inhibition) 기전과 동심성 수축을 통해 수축 근육과 협동근의 α -운동신경원을 활성화시키고, 대항근을 억제시키는 상호억제(reciprocal inhibition) 기전을 병행하여 적용하는 방법(Lundy-Ekman, 2002)으로 스트레칭 방법 중 통증 조절에 가장 효과적일 수 있는 방법이라고는 하지만, 그에 대한 비교 및 분석된 연구는 거의 전무하다.

키네시오 테이핑은 약물처리가 되지 않은 특별한 용도의 테이프를 피부에 부착시켜 근육의 긴장도를 억제 혹은 촉진시키는 역학적 자극으로 생리적 반응을 조절하여 국소 통증완화에 사용되는 방법으로서(Lee 등, 1999), 근방추계의 활동과 같은 감각운동계의 조절과 상위중추로 가는 동심성 정보의 입력을 올바르게 교정하여 근육의 수축이나 긴장을 정상화시키는 치료방법으로 알려져 있으나(Chang 등, 2010; Kase 등, 2013) 교정된 통증성 동심성 정보를 받아들인 상위중추의 변화에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

통증은 교감신경계를 자극하여 심박수를 증가시키고 말초혈관수축을 유발하기 때문에(Awad 등, 2001), 심박변이(Heart rate variability, HRV)는 자율신경의 균형 상태를 평가하여 스트레스 및 통증 여부를 알 수 있는 신뢰성 높은 비침습적 평가방법이다(Rajendra 등, 2006; Kim 등, 2010; Griffis 등, 2013). 또한, 통증 관련 스트레스는 호르몬 분비에 영향을 주어 뇌 기능에 차이를 만든다(Hannibal과 Bishop, 2014), 뇌파는 뇌 상태를 가장 효과적으로 측정하는 수단이다(Ahn, 2010).

DOMS로 인한 통증에 대한 다각도의 연구가 진행되고는 있으나 대부분 통증 조절 후 말초에서 표현되는 수치나 기능적 변화를 중심으로만 보고되고 있으며, 통증 변화에 따른 자율신경계와 통증 인지를 반영하는 뇌의 변화에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 20대 성인의 DOMS에 HR-AC기법과 키네시오 테이핑 적용이 심박변이 및 뇌파 변화에 어떠한 영향을 주는 지 확인하여 정형도수물리치료 분야에 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 DOMS가 유발된 20대 성인 14(남자 6명, 여자 8명)을 대상으로 실험을 하기 전에 자료수집과 연구윤리는 헬싱키선언에 근거하여 연구 목적과 방법에 대해 충분한 설명 및 자발적 동의를 구하였다. 연구대상자 선정은 최근 6개월 간 정형외과적 문제가 없는 자, 심혈관계 질환이 없는 자, 실험에 영향을 주는 약물을 복용하지 않은 자, 관절의 움직임에 제한이 없는 자, 위팔두갈래근의 우세측이 우측인 자를 대상으로 하였다.

2. 연구방법

본 연구는 HR-AC기법과 키네시오 테이핑 적용이 DOMS로 인한 통증에 미치는 영향을 알아보기 위하여 인위적으로 DOMS를 유발한 14명의 대상자를 아무런 처치를 하지 않은 대조군(n=7명)과 HR-AC기법과 키네시오 테이핑을 적용한 실험군(n=7명)으로 나누어 중재를 적용하고 분석하였다. 모든 중재는 DOMS가 유발된 다음 날부터 시작하여 5일 간 시행하였고, 측정은 DOMS 유발 전, 유발 1일 후, 치료 5일 후, 치료 중단 3일 후, 총 4번의 결과를 측정하여 비교하였다.

1) 지연성근육통(DOMS) 유발

DOMS 유발은 아령을 사용하여 비우세측 팔꿈관절 굽힘근에 유발하였다. 대상자가 팔꿈관절 0 ~ 135도의 범위에서 단 한번 최대 들어올릴 수 있는 무게를 1RM으로 하고, DOMS를 유발하기 위해 몸통과 어깨가 고정된 상태로 8초 메트로놈에 맞춰 팔꿈관절 0 ~ 135도의 범위에서 무게를 천천히 내리게 하였다. 1RM의 60%에 해당하는 무게인 15RM으로 15회 반복한 것을 1세트로 하고, 총5세트를 실시하고, 세트 간 휴식시간을 1분으로 하였다(Jeong 등, 2010). 팔꿈치가 완전히 펴진 후 수동적으로 원위치시켰다. 대상자가 운동 중 8초 동안 팔꿈치 펴는 것을 유지하지 못할 경우는 운동을 종료하였다.

2) HR-AC 기법

HR-AC기법은 앉은 자세에서 어깨관절을 고정하고 비우세 팔을 뒤침 자세에서 실시하였다. 대상자의 팔꿈관절은 수동적으로 통증이 느껴지는 지점까지 펴는 후 보호성 근 긴장으로 인한 통증을 피하기 위해 통증 역치 아래까지 7초 동안 저항을 줌으로써 등척성 수축을 유도하였고(Sullivan과 Markos, 1995), 수축 후 근육의 이

완 촉진을 위해 대상자에게 2~3정도 숨을 깊게 들이 마시고 내뱉게 하였다. 그 후 위팔세갈래근을 동심성으로 수축시킬 때 통증이 없는 매우 약한 저항을 주면서 통증이 없는 범위까지 팔꿈관절을 능동적으로 펴는 하게 하였다. 이와 같은 치료과정을 1세트로 정하였고, 각 세트 간 휴식시간을 30초로 하였다. 전체 5세트를 실시하였고 다음 세트로 진행을 할 때는 새로운 팔꿈관절 범위에서 시작하였다(Adler 등, 2000)(Figure 1).



Figure 1. Application of HR-AC technique

3) 키네시오 테이핑 중재

테이프는 5 X 5cm 규격의 Kinsio tape(Kinesio TAPING Co. Ltd. JAPAN)를 사용하여 손바닥을 앞으로 하고, 팔꿈관절을 편 상태에서 Y자 테이프의 기부를 팔꿈치 앞쪽 및 안쪽 5 cm 아래에 부착하고, 테이프의 한 쪽은 팔을 최대한 편 상태에서 손목을 뒤로 젖히고 안쪽 근육 결을 따라 어깨의 중앙에 부착하였다. 나머지 한 쪽도 근육 선을 따라 어깨 중앙부 위쪽에 부착하였다(Kim 등, 2003)(Figure 2). 테이핑은 하루에 한 번씩 주기적으로 교체하였다.



Figure 2. Application of kinesio taping

3. 평가도구 및 측정방법

1) 통증 측정

시각적 유사척도(visual analogue scale; VAS)는 주관적인 통증을 시각적으로 표시하여 통증 변화를 쉽게 반영한 평가도구로써 10점 척도로 구성된다. '0'은 '통증 없음(no pain)', '5'는 '아픔(hard pain)', '10'은 '최대 아픔(very very pain)'으로 되어 있어 주관적으로 느끼는 통증을 숫자로 표현하는 척도이다. 점수가 높을수록 통증이 심한 것이고, 점수가 낮을수록 통증이 적은 것이다(Lim 등, 2018).

2) 심박변이(Heart rate variability) 측정

심전도 검사를 위해 약 22 ~ 24°C로 실내온도를 유지해 정서적으로 안정감을 줄 수 있게 하였고, 편안한 의자에 앉아 눈을 감은 상태에서 움직임을 제한한 상태에서 측정하였으며, 전극 부착은 양쪽 손목에 부착하여 양극표준 팔다리 유도 I 을 사용하였다. 심전도 데이터 수집은 중재 전과 후에 각각 300초 동안 측정하였다. 샘플링 주파수 256Hz로 실시간 데이터를 수집한 후 주파수 영역 분석의 측정 지표 중 저주파(.04~.15Hz) / 고주파(.15~.4Hz) 비(ratio)의 변화를 프로그램을 이용하여 분석하였다(Yilmaz 등, 2018).

3) 뇌파(brain wave) 측정

뇌파 검사를 위해 약 22 ~ 24°C로 실내온도를 유지해 정서적으로 안정감을 줄 수 있게 하였고, 편안한 의자에 앉아 눈을 감은 상태에서 움직임을 제한한 상태에서 측정하였다. 뇌파 전극의 부착은 국제 10-20 시스템에 따라 Fp1, Fp2에 측정 전극을 부착하고 기준전극은 A1, A2, 접지는 목 C7 위치에 부착하였다. 데이터 수집은 중재 전과 후에 각각 300초 동안 측정하였으며, 샘플링 주파수 256 Hz로 실시간 데이터를 수집한 후 데이터의 중간값을 사용하기 위해 120 ~ 240초 부분을 선택하여 고속푸리에 변환(fast fourier transform: FFT)과 4~50 Hz Band pass filter를 적용한 후, 8~13 Hz 상대파워 α -wave 값을 프로그램을 이용하여 분석하였다(Sokhadze 등, 2008).

4. 분석방법

통계분석은 SPSS Statistics 18.0 통계 프로그램을 사용하였다. 시기 변화와 중재법의 변화 비교는 이원 반복측정 분산분석을 실시하였고, 사후분석은 Bonferroni로 비교 분석하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 특성은 표 1과 같다.

Table 1.
Characteristics of study participants

Parameters	Control (n=7)	Experimental (n=7)
Age(yrs)	21.9±1.46 ^a	20.1±0.38
Sex (male/female)	3/4	3/4
Height(cm)	166.0±7.09	166.0±8.89
Weight(kg)	61.1±9.42	66.6±17.2

^aMean±SD, Control: Non-treatment, Experimental: Application of HR-AC and kinesio taping

2. 통증 변화

시기별, 시기와 그룹 간 상호작용에서 유의한 변화가 나타났다($p<.01$). 대조군과 실험군 모두 DOMS 유발 1일 후와 치료 5일 후, 그리고 치료 중단 3일 후에서 차이를 나타냈다($p<.001$). 두 군간 차이는 치료 5일 후의 시기에서 나타났다($p<.05$).

3. 심박 변이 변화

시기별에서 유의한 변화가 나타났으나($p<.001$), 시기와 그룹 간 상호작용에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 대조군과 실험군 모두 DOMS 유발 1일 후와 치료 5일 후, 그리고 치료 중단 3일 후에서 차이를 나타냈다($p<.05$).

4. 뇌파 변화

Fp1 부위는 시기별에서 유의한 변화가 나타났으나($p<.05$), 시기와 그룹 간 상호작용에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 대조군은 DOMS 유발 1일 후와 치료 5일 후에서 유의한 차이를 나타냈으며($p<.05$), 실험군은 DOMS 유발 1일 후와 치료 5일 후, 그리고 치료 중단 3일 후에서 차이를 나타냈다($p<.05$). Fp2 부위는 시기별, 시기와 그룹 간 상호작용이 나타나지 않았다.

IV. 고찰

DOMS는 갑작스러운 고강도 편심성 운동으로 인해 속근섬유가 선택적으로 미세하게 손상되었을 때 유발되며, 촉진, 수축, 스트레칭 시 느껴지는 불쾌하고 둔한 통증이

Table 2.
Comparison of the pain level

Parameters	Groups	pre	1 st day after DOMS induction ^b	5 th days after treatment ^c	3 rd days after treatment interruption ^d	Post-hoc	F 1/2(p)
VAS	Control(n=7)	.00±.00	6.57±1.27 ^a	4.43±1.90	1.43±1.62	b-c*** b-d*** c-d***	104.97(.001) / 4.80(.006)
	Experimental(n=7)	.00±.00	6.00±1.00	2.14±.90	1.71±1.11	b-c*** b-d***	
t			.916	3.663	-.458		
p			(1.000)	(.021)	(1.000)		

^aMean(score)±SD, VAS: Visual analogue scale, Control: Non-treatment, Experimental: Application of HR-AC and kinesio taping, 1: Main effect of pain change, 2: Interaction between pain change and groups

Table 3.
Comparison of the HRV variables

Parameters	Groups	pre	1 st day after DOMS induction ^b	5 th days after treatment ^c	3 rd days after treatment interruption ^d	Post-hoc	F 1/2(p)
LF/HF	Control(n=7)	2.19±1.53 ^a	3.96±1.66	2.49±1.45	2.23±1.70	b-c* b-d*	8.49(.001) / .58(.527)
	Experimental(n=7)	1.92±1.19	3.99±1.96	1.30±.97	1.77±1.08	b-c*** b-d**	
t		-.335	.036	-1.510	-.579		
p		(1.000)	(1.000)	(1.000)	(1.000)		

^aMean(ratio)±SD, Control: Non-treatment, Experimental: Application of HR-AC and kinesio taping, LF: Low frequency, HF: High frequency, 1: Main effect of LF/HF change, 2: Interaction between LF/HF change and groups

Table 4.
Comparison of the brain (alpha) wave

Parameters	Groups	pre	1 st day after DOMS induction ^b	5 th days after treatment ^c	3 rd days after treatment interruption ^d	Post-hoc	F 1/2(p)
Fp1	Control(n=7)	.34±.13 ^a	.28±.14	.36±.07	.31±.11	b-c*	3.48(.026) / .70(.556)
	Experimental(n=7)	.35±.04	.26±.08	.40±.11	.37±.05	b-c* b-d*	
t		-.105	.521	.736	-1.03		
p		(1.000)	(1.000)	(1.000)	(1.000)		
Fp2	Control(n=7)	.36±.11	.29±.14	.39±.09	.29±.12		2.70(.060) / .87(.467)
	Experimental(n=7)	.33±.05	.25±.09	.37±.11	.36±.07		
t		.588	.758	.494	-1.284		
p		(1.000)	(1.000)	(1.000)	(1.000)		

^aMean(ratio)±SD, Control: Non-treatment, Experimental: Application of HR-AC and kinesio taping, Fp1: Frontal polar 1, Fp2: Frontal polar 2, 1: Main effect of alpha wave change, 2: Interaction between alpha wave change and groups

다(Hody 등, 2019; Cheung 등, 2003), 이러한 근육통은 익숙하지 않은 편심성 운동 후 12~24시간에서 나타나며, 24~72시간에 최고조에 달하다가 점진적으로 가라앉고, 운동 후 5~7일 후에 사라진다(Hody 등, 2019).

DOMS로 인해 정상 움직임의 제한, 근력손실, 부종, 염증반응, 젖산과 통증 유발 물질의 축적, 근육 내 단백질 삼출액 유입 및 증가 등이 나타나며, 일상생활에서 주로 하는 팔과 다리를 올리고 내리기, 계단 오르기, 장시간 앉기, 가벼운 물건 들기 등에 많은 문제를 일으키

게 된다(Law와 Herbert, 2007; Cheung 등, 2003).

DOMS의 치료 전략을 위해 많은 연구가 시도되고 있으며, 초기 근 손상 감소를 위한 방법으로 크게 비스테로이드계 항염증성 약물치료, 물리치료, 영양 보충물 치료 등이 제시(Connolly 등, 2003)되고 있지만, 효과 규명을 위해 아직까지 연구 중에 있는 실정이다.

DOMS 치료 후 증상의 변화양상을 평가하기 위해 대부분의 연구에서 주로 VAS를 사용하고 있으나(Vaile 등, 2008) 이는 객관적인 평가방법이 아닌 주관적인 평가방

법으로써 결과 해석에 대한 모호한 점 때문에(Lee 등, 2012), 신뢰성에 대한 문제가 제기될 수 있다(Petrofsky 등, 2012).

최근, Lee (2016)는 만성요통 환자를 대상으로 반복경 두개자극 후 심박변이와 뇌파를 통해 효과규명을 하였고, Kim (2017)은 과민성 장 증후군을 가진 대상자에게 장기마사지 후 뇌파와 심박변이 효과를 규명하였다.

심박변이는 생리적 심박수 변동으로, 자율신경의 기능을 정량화하여 스트레스 및 다양한 질환의 진단, 치료 및 예후 판정에 사용되며(Woo, 2004), 뇌파는 침습적 및 비침습적 전극을 이용하여 뇌의 전기적 신호를 정량적으로 분석이 가능하다(Heo와 Chung, 2019).

본 연구에서는 20대 성인의 DOMS에 적용한 HR-AC 기법과 키네시오 테이핑이 자율신경계의 심박변이와 통증 인지 변화의 뇌파에 어떠한 영향을 주는지를 정량화 및 객관화하고자 하였다.

먼저, 각 군의 VAS 수치 변화를 보면, 대조군과 실험군 모두 DOMS 유발 1일 후는 DOMS 유발 전보다 통증의 수치가 높아졌으나 치료 5일 후에는 통증 수치가 유의하게 낮아지고 치료 중단 3일 후까지도 지속되는 것을 나타냈다. 특히, 치료 5일 후에서 두 군간의 차이가 유의하게 나타났는데, 대조군에 비해 HR-AC기법과 키네시오 테이핑을 적용한 실험군이 더 빠르게 진통효과를 발휘하였음을 확인할 수 있었다.

또한, DOMS 유발 후 치료에 따른 자율신경계의 변화를 알아보기 위하여 LF/HF ratio를 통한 심박변이를 알아본 결과, DOMS 유발 전에 비해 유발 후에서 LF/HF ratio의 수치가 높아졌으나 치료 5일 후와 치료 중단 3일 후에서 두 군 모두 낮아짐을 나타내어 두 군 간의 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한, 치료 후 대조군과 실험군의 시기별 차이에서는 유의한 차이를 나타냈으나, 시기 및 그룹 간 상호작용에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

VAS 통증 수치와 비교 시 통증이 높아지면 LF/HF ratio 수치가 높아지고, 통증이 낮아지면 LF/HF ratio 수치가 낮아지는 비례관계를 보이는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 자율신경계의 상대적 균형 상태를 나타내는 LF/HF ratio가 증가 시 교감신경의 활성화 또는 부교감신경이 억제됨을 의미한다(Yilmaz 등, 2018). 즉, DOMS로 인한 급성통증은 교감신경의 활성화에 영향을 미치고(Sesay 등, 2015), 이로 인한 급성 스트레스가 연구대상자들의 교감신경 활성화도에 변화를 미친 것이다(Griffis 등, 2013). 본 연구 결과, HR-AC기법과 키네시오 테이핑을 적용한 실험군은 대조군에 비해서 더 빠른

균형상태로 회복되고 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

한편, DOMS 유발 후 치료에 따른 뇌파 변화를 알아본 결과, DOMS 유발 전에 비해 유발 후에서 alpha파가 낮아지는 수치를 나타내어 통증으로 인해 스트레스 상태를 확인할 수 있었고(Harmony 등, 1996), Ploner 등 (2006)은 급성 통증 발생 시 alpha파가 낮아짐을 보고하였다. 과도하거나 무리한 운동으로 인해 DOMS가 발생하면 해당 부위에는 여러 생리활성 물질들이 유리(release)되고 삼투압이 증가하며, 이로 인해 유형 III과 유형 IV의 동심성 신경섬유가 활성화되어 중추신경계로 통증이 전달되는데(Clarkson과 Hubal, 2002), 이것이 일종의 부정적 스트레스로 작동하여 alpha파가 낮게 나타난 것으로 보인다.

Fp1 부위에서 대조군과 실험군 모두 시기별 유의한 변화를 나타냈고, 특히, 치료를 적용한 실험군은 치료 중단 3일 후까지도 alpha파의 높은 수치가 유지되는 것으로 보아 스트레스가 꾸준히 관리되고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 HR-AC기법이 신체 내 엔돌핀 시스템에 영향을 주어 높아진 엔돌핀 방출(Rizqi과 Ambardini, 2019)로 인한 통증억제와 alpha파의 증가에 영향을 준 것으로 보이며, Saithong 등(2012)은 급성 통증 감소와 alpha파 증가 사이의 유의한 상관관계가 있음을 보고하여 본 연구의 진통 효과 해석이 가능하다.

본 연구에 사용된 HR-AC기법은 자가억제(auto-genic inhibition)와 상호억제(reciprocal inhibition) 기전을 통해(Lundy-Ekman, 2002), 골지건기관과 억제성 신경원들을 자극하여 이완을 촉진시키는 기법(Olive와 Magee, 2006)으로써 근육 내 탄성 구성요소의 최대 강성을 감소시키고, 비정상적 근긴장도를 정상화시켜 연부 조직의 신장과 함께 통증을 줄이는 역할(Wilk 등, 2018; Wilson 등, 1992)을 한 것으로 생각된다.

또한, 키네시오 테이핑은 피부반사 운동을 유발하여 피부와 결합조직 사이의 혈액과 림프 순환을 증가시켜 염증 정도를 최소화시키고(Ghozy 등, 2019; Chang 등, 2010), 기계적 자극에 의한 피부감각 변화로 통증 역치의 증가(Kim 등, 2019)와 관문조절설에 의한 통증 최소화(Chen 등, 2008)에 유의한 영향을 준 것으로 생각된다.

본 연구는 특정 연령대의 소수 대상자로 실험시간 이외의 일상생활에 대한 통제를 하지 못했고, HR-AC기법과 테이핑 적용 시 대상자마다 강도와 장력의 차이가 발생했을 가능성, 대조군의 플라시보 가능성 배제 그리고 남, 여의 신체적 및 생리적 특성의 미반영 등의 제한점으로 인해 본 연구결과를 일반화하기에는 무리가 있다.

그러나, HR-AC기법과 키네시오 테이핑 적용이 DOMS에 긍정적인 효과가 있음을 정량화 및 객관화하여 규명하였다는 것에 의미가 있고, 아직 국내 논문 중 DOMS의 통증 추이를 전기생리학적 방법인 자율신경계의 변화와 뇌파를 통해 규명한 연구가 없다는 점에서 의미 있다 할 수 있다. 향후 연구에서는 다양한 연령층과 충분한 인원을 대상으로 다각적인 새로운 치료와 함께 생체 내 변화와 생화학적 및 형태학적 변화와 같은 객관적 평가가 필요하다고 생각된다.

V. 결론

본 연구는 20대 성인 14명(남자 6명, 여자 8명)를 대상으로 편심성 운동을 통한 DOMS 유발 후 HR-AC기법과 키네시오 테이핑 적용 시 통증변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 VAS, 심박변이, 그리고 뇌파를 DOMS 유발 전, 유발 1일 후, 치료 5일 후, 치료 중단 3일 후에 측정 및 비교하였다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

1. VAS를 통한 통증 변화는 시기별, 시기와 그룹 간 상호작용에서 유의한 변화가 나타났고($p < .01$), 대조군과 실험군 모두 DOMS 유발 1일 후와 치료 5일 후, 그리고 치료 중단 3일 후에서 차이를 나타냈다($p < .001$). 두 군간 차이는 치료 5일 후 시점에서 나타났다($p < .05$).
2. 심박변이와 뇌파를 통한 통증 변화는 시기별에서 유의한 변화가 각각 있었으나($p < .001$, $p < .05$), 시기와 그룹 간 상호작용에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 심박변이에서는 대조군과 실험군 모두 DOMS 유발 1일 후와 치료 5일 후, 그리고 치료 중단 후 3일 후에서 차이를 나타냈고($p < .05$), 뇌파에서는 대조군은 DOMS 유발 1일 후와 치료 5일 후에서 유의한 차이를 나타냈으며($p < .05$), 실험군은 DOMS 유발 1일 후와 치료 5일 후, 그리고 치료 중단 3일 후에서 차이를 나타냈다($p < .05$).

따라서, 대조군에 비해 HR-AC기법과 키네시오 테이핑을 적용한 실험군이 더 빠르게 그리고 지속적으로 진통효과가 발휘됨을 확인할 수 있었다. DOMS는 평소 누구나 쉽게 나타날 수 있는 근골격계 통증이며 일상생활 뿐 아니라 물리치료 분야에서도 방해가 되는 중요한 관리항목에 속한다. 이에 DOMS로 인한 통증 및 스트레스 관리에 HR-AC기법과 키네시오 테이핑이 효과적인 중재 방법임을 정량화 및 객관화하여 규명한 데 의의가 있다.

참고문헌

- Adler SS, Becker D, Buck M. PNF in Practice. 2nd ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 2000.
- Ahn MH. Analysis on the reflection degree of worker's stress by brain-waves based anti-stress quotient. J Korea Acad Industr Coop Soc. 2010;11(10):3833-388. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.10.3833>.
- Auriel E, Regev K, Korczyn AD. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs exposure and the central nervous system. Handb Clin Neurol. 2014;119:577-584. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4086-3.00038-2>.
- Awad AA, Ghobashy MA, Ouda W, et al. Different responses of ear and finger pulse oximeter waveform to cold pressor test. Anesth Analg. 2001;92(6):1483-1486. <https://doi.org/10.1097/00000539-200106000-00026>.
- Chang HY, Chou KY, Lin JJ, et al. Immediate effect of forearm Kinesio taping on maximal grip strength and force sense in healthy collegiate athletes. Phys Ther Sport. 2010;11(4):122-127. <https://doi.org/10.1010/j.ptsp.2010.06.007>.
- Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Gourgoulis V, et al. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. J Strength Cond Res. 2010;24(5):1389-1398. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d1d318>.
- Chen PL, Hong WH, Lin CH, et al. Biomechanics effects of Kinesio taping for persons with patellofemoral pain syndrome during stair climbing. IFMBE Proceedings. 2008;21(1):395-397. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69139-6>
- Cheung K, Hume P, Maxwell. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. Sports Med. 2003;33(2):145-164. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333020-00005>.

- Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise induced muscle damage in human. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(11):S52-69. <https://doi.org/10.1097/01.PHM.0000029772.45258.43>.
- Connolly DAJ, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.* 2003;17(1):197-208. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0197:tapodo>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0197:tapodo>2.0.co;2).
- Ghozy S, Dung NM, Morra ME, et al. Efficacy of kinesio taping in treatment of shoulder pain and disability: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Physiotherapy.* 2020;107:176-188. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2019.12.001>.
- Griffis CA, Crabb Breen E, Compton P, et al. Acute painful stress and inflammatory mediator production. *Neuroimmunomodulation.* 2013;20(3):127-133. <https://doi.org/10.1159/000346199>.
- Guo J, Li L, Gong Y, et al. Massage alleviates delayed onset muscle soreness after strenuous exercise: A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol.* 2017;27(8):747-759. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00747>.
- Hannibal KE, Bishop MD. Chronic stress, cortisol dysfunction, and pain: a psychoneuroendocrine rationale for stress management in pain rehabilitation. *Phys Ther.* 2014;94(12):1816-1825. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130597>.
- Harmony T, Fernández T, Silva J, et al. EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks. *Int J Psychophysiol.* 1996;24(1-2):161-171. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(96\)00053-0](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(96)00053-0).
- Heiss R, Lutter C, Freiwald J, et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS)-Part II: Treatment and Prevention. *Sportverletz Sportschaden.* 2019;33(1):21-29. <https://doi.org/10.1055/a-0810-3516>.
- Heo JS, Chung KM. EEG recording method for quantitative analysis. *Korean J Clin Lab Sci.* 2019;51(4):397-405. <https://doi.org/10.15324/kjcls.2019.51.4.397>.
- Hody S, Croisier JL, Bury T, et al. Eccentric muscle contraction: Risks and benefit. *Front Physiol.* 2019;10:536-554. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00536>.
- Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med.* 2008;38(6):483-503. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838060-00004>.
- IASP. Global year against musculoskeletal pain: epidemiology of musculoskeletal pain. 2009. <https://www.iasp-pain.org/GlobalYear/MusculoskeletalPain>.
- Jeong JG, Ryu SS, Kim YN, et al. The effect of stretching and pre-eccentric exercise on delayed onset muscle soreness. *J Kor Acad Clin Elec.* 2010;8(1):15-22. <https://doi.org/10.5627/KACE.2010.8.1.015>.
- Kase K, Wallis J, Kase T. *Clinical Therapeutic Application of the Kinesio Taping Method.* 3rd ed, Kinesio. 2013.
- Kim ES. Effects of internal organ massage on EEG, HRV and Psychology in women with irritable bowel syndrome. Daejeon University. Doctoral Dissertation. 2017.
- Kim HC, Kim MI, Sung GS, et al. *Sport & Kinesio Taping.* Seoul: Daekyung Books. 2003.
- Kim DH, Lee SH, Lee BH. Effect of mechanical intervention on cutaneous sensory change and pressure pain threshold in the same spinal segment of myofascial pain. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2019;8(1):15-21. <https://doi.org/10.14474/ptrs.2019.8.1.15>.
- Kim SW. Effect of acupuncture at Shinmun(HT7) on EEG and HRV in different stress response levels. Kyung Hee University. Master Thesis. 2010.

- Kisner C, Colby LA, Borstad J. *Therapeutic Exercise*. 4th ed, Philadelphia, USA: FA Davis, 2002.
- Law RY, Herbert RD. Warm-up reduces delayed onset muscle soreness but cool-down does not: a randomised controlled trial. *Aust J Physiother*. 2007;53(2):91-95. [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(07\)70041-7](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(07)70041-7).
- Lee JB, Lee YS, Kim HT. *Taping Therapy for the Health of Modern People*. International Balance Taping Academy. Seoul. 1999.
- Lee YS. The effects of repetitive transcranial magnetic stimulation(rTMS) on the pain sensitization and psychogenic pain control in low back pain. Dongshin University. Doctoral Dissertation. 2016.
- Lee WH, Cho KH, Lee KS, et al. Medial gastrocnemius ultrasound imaging of delayed onset muscle soreness over time. *J Korea Acad Industr Coop Soc*. 2012;13(6):2362-2640. <http://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.6.2632>.
- Lim BO, Kang SS, Cho JH, et al. The effect of combined aquatic exercise on body composition, muscular function, static balance and visual analogue scale in female elderly with knee osteoarthritis. *Asian J Kinesiol*. 2018;20(2):1-13. <https://doi.org/10.15758/AJK.2018.20.2.1>.
- Lundy-Ekman L. *Neuroscience*. 2nd ed. Philadelphia: W.V. Saunders. 2002.
- McFarlin BK, Venable AS, Henning AL, et al. Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral supplementation with bioavailable curcumin. *BBA Clin*. 2016;18(5):72-78. <https://doi.org/10.1016/j.bbacli.2016.02.003>.
- Olive SA, Magee DJ. Electromyographic assessment of the activity of the masticatory using the agonist contract-antagonist relax technique(AC) and contract-relax technique(CR). *Man Ther*. 2006;11(2):136-145. <https://doi.org/10.1016/j.math.2005.06.015>.
- Peake JM, Suzuki K, Hordern M, et al. Plasma cytokine changes in relation to exercise intensity and muscle damage. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(5-6):514-521. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0035-2>.
- Petrofsky J, Batt J, Bollinger JN, et al. Comparison of different heat modalities for treating delayed-onset muscle soreness in people with diabetes. *Diabetes Technol Ther*. 2011;13(6):645-655. <https://doi.org/10.1089/dia.2011.0002>.
- Ploner M, Gross J, Timmermann L, et al. Pain suppress spontaneous brain rhythms. *Cereb Cortex*. 2006;16(4):537-540. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhj001>.
- Rajendra AU, Paul JK, Kannathal N, et al. Heart rate variability: A review. *Med Biol Eng Comput*. 2006;44(12):1031-1051. <https://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0>.
- Rizqi F, Ambardinin FR. The effectiveness of combination PNF stretching and cryotherapy in the prevention DOMS at the lower extremity. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*. 2019;330:430-433. <https://doi.org/10.2991/iceri-18.2019.90>.
- Roig Pull M, Ranson C. Eccentric muscle action: Implications for injury prevention and rehabilitation. *Phys Ther Sport*. 2007;8(2):88-97. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2006.11.005>.
- Saithong N, Poolpoem W, Panavaranan P, et al. EEG-Based Acute Pain Control System. In: *Computer Aided Surgery*. Tokyo: Springer. 2012. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54094-6_12
- Sesay M, Robin G, Tauzin-Fin P, et al. Responses of heart rate variability to acute pain after minor spinal surgery: Optimal thresholds and correlation with the numeric rating

- scale. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2015;27(2):148-154. <https://doi.org/10.1097/ANA.000000000000102>
- Sokhadze TM, Cannon RL, Trudeau DL. EEG biofeedback as a treatment for substance use disorders: review, rating of efficacy, and recommendations for further research. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2008;33(1):1-28. <https://10.1007/s10484-007-9047-5>.
- Sullivan PE, Markos PD. *Clinical Decision Making Therapeutic Exercise.* Norwalk: Appleton and Lange, 1995.
- Vaile J, Halson S, Gill N, et al. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(4):447-455. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0605-6>.
- Wilk I, Matuszewski T, Tarlowska M, et al. Impact of classic massage on the pressure pain threshold-a preliminary study. *Med Sci Pulse.* 2018;12(4):28-38. <https://doi.org/10.5604/01.301.0012.7976>.
- Wilson GJ, Elliott BC, Wood GA. Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(1):116-123. <https://doi.org/10.1249/00005768-199201000-00019>.
- Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, et al. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med.* 2004;34(7):443-449. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00003>.
- Woo JM. The concept and clinical application for the measurement of heart rate variability. *Korean J Psychosom Med.* 2004;12(1):3-14.
- Yilmaz M, Kayancicek H, Cekici Y. Heart rate variability: Highlights from hidden signals. *J Integr Cardiol.* 2018;4(5):1-8. <https://doi.org/10.15761/JIC.1000258>.
- 논문접수일(Date received) : 2020년 11월 24일
논문수정일(Date Revised) : 2020년 11월 25일
논문게재확정일(Date Accepted) : 2020년 12월 02일