

## 운동 강도가 수면장애 모델 쥐의 혈 중 멜라토닌 농도에 미치는 영향

김희정 · 김동현<sup>†</sup>

가야대학교 작업치료학과, <sup>1</sup>서라벌대학교 작업치료과

### Effect of Different Exercise Intensity on Blood Melatonin Density in Sleep Disordered Rats

Hee-Jung Kim, OT, PT, PhD, Dong-Hyun Kim, PT, PhD<sup>††</sup>

Department of Occupational Therapy, Kaya University

<sup>1</sup>Department of Occupational Therapy, Sorabol College

Received: November 26, 2013 / Revised: December 15, 2013 / Accepted: January 3, 2014

© 2014 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** In this study, we tried to find out what kind of exercise was more effective in sleep disorder by comparing melatonin in blood after applying low intensity with high intensity exercise to sleep disordered rats induced by experiment.

**METHODS:** We used male Sprague-Dawley rats which were 8weeks old and weighted 300g. They were supplied with water and food without any restriction. We kept the room temperature at 25 °C and controd the length of day and night in 12 hours blocks, respectively. We divided the rats 60 into 2 groups. To one group we applied low intensity exercise, and to the other we applied high intensity exercise for 15minutes per day over a period of 4 weeks.

We extracted the blood from abdominal aorta before, after exercise, moved into EDTA tube, performed centrifugation. We decanted the serum 200µl from the blood into microcentrifuge tube by samples and moved into polypropylene culture tubes with micro pipette. We split enzyme solution 50µl into the tubes with melatonin direct kits

and make them react at 37°C for 2 hours. We split assay buffer 50µl into each tube and mixed melatonin tracer 50µl and melatonin antiserum 50µl, respectively. After we made them react in room temperature, we decanted the superficial layer with a centrifuge and measured the activity for 1 minute by competitive method with γ-counter equipment. We draw a standard curve through logit-log graph with CPM(counts per minute) and counted the melatonin by B/B0.

We conducted independent t-test to examine the homogeneous of melatonin value of before low-intensity and high-intensity exercise. We performed paired t-test to compare before and after low-intensity and high-intensity exercise, respectively. We carried out independent t-test to compare melatonin value after low-intensity and high-intensity exercise. Significance level was .05.

**RESULTS:** The results were as follows; firstly melatonin was more increased in the group who was exposed to high intensity exercise when we compared before to after high and low intensity exercise, respectively. Secondly, high intensity exercise was more effective than low intensity exercise when we compared the two.

**CONCLUSION:** In conclusion, secretion of melatonin which is the material of sleep improvement could be promoted

<sup>†</sup>Corresponding Author : dreamk2@hanmail.net

by high intensity exercise. Low intensity exercise acted as a stress rather than improving sleep and had a negative effect on the secretion of melatonin because the melatonin was affected by stress.

**Key Words:** Sleep disorder, High-intensity exercise, low-intensity exercise, Melatonin

## I. 서론

일반적으로 성인의 약 30%가 어느 정도 수면장애를 가지고 있으며 10%는 만성 불면증 증상을 호소한다(Fullerton, 2006). 이러한 수면장애는 짧은 기대수명과 관련이 있을 뿐 아니라 신체질병과 정신질병에도 부정적인 영향을 가진다(Prinz, 1995). 현대인들은 수면장애를 개선하기 위해서 의료기관을 찾기도 하고 베개나 침대와 같은 수면개선 기구를 이용하기도 하지만 이러한 방법은 시간과 노력이 필요하다. 이런 점에서 수면장애를 개선하는데 운동은 저비용이고, 접근하기 쉬우며 약물을 사용하지 않는 치료법이라 할 수 있다(Driver and Taylor, 2000).

수면에 영향을 주는 생체 내 물질 중 대표적인 물질이 송과세포에서 배출되는 멜라토닌이다. 멜라토닌은 연구된 모든 종에서 하루 중 밤에 정상적으로 합성되고 분비된다. 멜라토닌의 일차적인 생리적 기능은 신체 생리에 낮과 밤의 일상주기에 대한 정보를 전달하는 것이다(Touitou 등, 1996). 만약 수면장애를 유발하게 되면 손상된 수면의 질은 낮 동안의 낮잠 증가와 더불어 수면-각성 사이클의 진폭을 감소시킨다. 그리고 멜라토닌 분비의 손상과 연관되어 질 수도 있다.(Haimov과 Lavie, 1997).

멜라토닌 합성은 태아기 때 25주쯤 시작하지만 그 양은 1/10 정도로 낮과 밤의 차이를 보이지 않는다. 생후 첫 2-3개월 동안 송과선은 활동적으로 멜라토닌을 분비하지만 빛의 변화에 반응하지 않는다. 조산아들은 정상 출산아에 비해 멜라토닌 주기의 지연을 보인다. 아동기 동안 혈중 멜라토닌 농도는 증가하고 3-5세에

최고점에 이른다. 그 다음부터는 농도가 감소하고 사춘기 전에 눈에 띄는 감소가 있는데 그 비율은 아동기때 최고에 비해 50% 정도 낮다. 성인의 멜라토닌 농도는 35-40세까지 상대적으로 변하지 않다가 그 다음부터 50% 정도로 마지막 감소가 일어나고 노년기에는 아주 낮은 수준을 보인다(Kennaway 등, 1996).

수면의 질은 멜라토닌이 존재하지 않는 시기인 생물학적 낮과 멜라토닌이 존재하는 시기인 생물학적 밤으로 구분된다. 이것이 멜라토닌의 존재 혹은 부재 때문인지 혹은 다양한 일주기성 시기 때문인지 결정하기 위해 낮 동안 외인성 멜라토닌을 주입한 효과와 밤 동안 내인성 멜라토닌을 억제한 효과를 조사하면 결과는 외인성 멜라토닌 주입은 낮시간 동안 수면 경향을 증가시키고(Zhdanova 등, 1996), 밤 동안 내인성 멜라토닌 억제는 수면을 방해한다는 결론을 내릴 수 있다(Cajochen 등, 1998). 따라서 멜라토닌은 수면을 조절하는 기전으로 직접적인 효과를 가진다고 할 수 있다. 그러므로 혈 중 멜라토닌 농도는 수면구조에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 수면을 평가할 수 있는 중요한 지표가 될 수 있다(Kim과 Im, 2003).

멜라토닌의 발현 기전을 살펴보면 환경적인 빛은 포유동물의 눈을 통해 멜라토닌 생합성의 리듬에 분명한 효과를 준다(Rediter, 1991). 밤에 빛에 노출된 동물은 송과성(pineal) 멜라토닌 합성을 빠르게 억제시킨다. 멜라토닌 분비는 또한 일주기 리듬(circadian rhythms)의 체계에 사용될 수 있는 일주기 시계에서 나오는 중요한 수출성(efferent) 호르몬 신호이다(Redman, 1997).

멜라토닌은 세로토닌에서 2개의 효소 단계를 거쳐 합성된다(Reiter, 1991). 첫 번째 단계는 세로토닌 N-아세틸트랜스페라제(SNAT)에 의해서 N-아세틸레이션이 N-아세틸세로토닌(acetylserotonin)이 된다. 두 번째 단계는 S-아데노실멜라토닌(adenosylmethionine)에서 5-hydroxy 그룹의 N-아세틸세로토닌으로 메틸 그룹의 전이로 멜라토닌이 된다. 이 반응에는 효소 hydroxyindole-O-methyltransferase (HIOMT)가 촉매작용을 한다. 멜라토닌은 송과선에 저장되지 않고 혈류로 빠르게 퍼져나간다. 순환 멜라토닌은 뇌를 포함한 모든 신체 조직을 통과한다(Arendt, 2005).

운동의 긍정적인 측면과 반대로 부정적인 연구 결과도 많다. 과도한 운동은 산소 소비 혹은 산소의 재관류에 의해 일반적으로 산화 스트레스를 초래할 수 있어 조직에 손상을 줄 수 있고(Alessio, 1993), Zhao 등(2012)은 유산소 운동으로 혈장 멜라토닌 농도가 감소하여 이 운동이 또 다른 스트레스 유발인자로 작용한다고 보고하였고, 이러한 스트레스가 오히려 interleukin(IL-6), tumor necrosis factor(TNF)- $\alpha$  농도를 증가시켜 염증 혹은 세포사를 초래해 인체에 부정적인 결과를 초래할 수도 있다(Prabhu, 2004). 그럼에도 불구하고 수면장애의 경우는 일반적인 운동을 통하여 개선점을 찾는 인구가 많은 만큼 그 효율성의 과학적 근거제시가 필요할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구의 목적은 최근 인간의 여명수명 단축과 만성피로의 유발로 인한 업무 효율성의 저하를 야기하는 수면장애를 동물모델을 제작 후 대상으로 실시하였다. 수면장애는 일반 성인 뿐 아니라 노인 등 다양한 연령대에서 나타난다. 본 연구는 이러한 수면장애에서 혈 중 멜라토닌의 농도를 관찰하여 운동 강도에 따른 지속적인 운동습관이 수면장애의 치료적 효과를 줄 수 있는지를 밝히기 위한 목적이며 이로 인해 수면장애에 효과적인 운동유형을 제공하고자 동물모델을 이용하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상 및 방법

본 연구는 동물실험실에서 생후 8주, 체중 300g 전후의 성숙한 수컷 Sprague-Dawley계 흰쥐를 사용하였고 신경계와 근육계의 문제가 없는 쥐를 대상으로 하였다. 실험쥐는 실험기간 동안 무제한으로 물과 먹이를 제공하였고 실내온도는 25도를 유지하였으며 광주기와 암주기는 각각 12시간으로 조절하였고 스트레스로 작용할 수 있는 소리 등의 환경을 최대한 제거하였다.

연구대상은 수면장애를 유발하여 모델쥐를 만들었다. 그 후 두 실험집단으로 분류하여 저강도 운동집단과 고강도 운동집단으로 각각 30마리로 구성하였다.

본 연구에서는 운동을 적용하지 않는 대조군은 운동의 강도에 주안점을 두어 군을 형성하였기에 생략하였다. 혈 중 멜라토닌의 관찰을 위한 채혈은 실험전과 실험후 두 번에 걸쳐 이루어졌다.

### 2. 연구도구

#### 1) 수면장애 모델 제작

지름 1m의 플라스틱 수조의 중간 위치에 가로, 세로 길이가 10cm의 투명아크릴 받침대를 올려놓고 투명아크릴 받침대 상단까지 물을 채워 넣었다. 실험쥐는 투명아크릴 위에 배치하고 7일 동안 이곳에서 물과 먹이를 공급받았다. 실험쥐는 수면상태에 들어가게 되면 균형감각을 잃어 물 속으로 빠지게 되며 그 즉시 다시 투명아크릴 위로 올라오게 된다. 이렇게 7일을 수면을 하지 못하게 하여 수면장애 모델을 제작하였다.

#### 2) 저강도와 고강도 운동적용

실험 쥐에게 운동적용으로 트레드밀 훈련을 실시하였다. 소형동물용 트레드밀(JD-A-09 type, JEUNGDO Bio & Plant Co., Ltd., Korea)을 이용하였고 저강도 운동은 최대산소섭취량( $VO_2max$ )의 30% 미만에 해당하는 달리기 속도 7m/min로 조작하였고, 고강도 운동은 60%에 해당하는 달리기 속도 15m/min로 조작하였으며(Moghamasi 등, 2009), 운동적용 기간은 4주 동안 하루 1회씩 15분간 오후 1시에서 3시 사이에 적용하였다. 트레드밀은 양쪽으로 이동불가하게 되어있고 뒤쪽에는 금속판으로 제작하여 접촉 시 불쾌감을 줄 수 있는 2.0mA의 미세전류를 흘려 실험쥐가 15분 운동을 수행하는 동안 쉬지 못하게 하였다.

#### 3) 멜라토닌 검사 및 분석

운동적용 전과 운동적용 후 즉시, 운동적용 후 1시간 경과 후 배대동맥에서 혈액을 채취하여 EDTA 시험관으로 옮겨 원심분리를 실시하였다. 분리된 혈액에서 혈장만을 마이크로원심분리기 시험관에 담은 것을 마이크로 피펫을 이용하여 각각 폴리프로필렌 배양 시험관에 200 $\mu$ L의 샘플별로 나눠 담았다. 멜라토닌 키트를

이용하여 효소용액을 50  $\mu$ L씩 분주하였고 37°C에 2시간 반응시켰다. Assay buffer를 50  $\mu$ L씩 분주하고  $I^{125}$  melatonin tracer와 멜라토닌 항혈청을 각각 50  $\mu$ L씩 분주하여 혼합 후 실온에서 이를 동안 반응시킨 후 원심분리기를 이용하여 상층을 다른 곳으로 붓고  $\gamma$ -counter 장비를 이용하여 경쟁적 방법으로 1분 동안 활성화를 측정하였다. CPM(counts per minute)으로 logit-log graph를 통한 표준곡선을 만들고 값을 %B/B0 계산 공식을 이용하여 산출된 값을 멜라토닌 농도 값으로 계산하였다.

### 3. 자료 분석

저강도와 고강도의 운동적용 전 멜라토닌의 농도값은 동질성 검사를 위하여 독립표본 t검정을 실시하였다. 운동적용 후 저강도 집단과 고강도 집단은 각각 전, 후 값 비교를 위해 대응표본 t검정을 실시하였고, 운동적용 후 저강도 집단과 고강도 집단 간의 멜라토닌 농도 값 차이는 독립표본 t 검정을 실시하여 비교하였다. 유의수준은 .05로 하였다.

## III. 연구결과

### 1. 운동적용 전, 후 멜라토닌 농도 비교

운동적용 전의 저강도 집단과 고강도 집단의 멜라토닌 농도를 비교한 결과, 저강도 집단의 멜라토닌 농도와 고강도 집단의 멜라토닌 농도는 유의한 차이가 없었다( $p=.529$ ) 그리고 운동적용 후의 저강도 집단과 고강도 집단의 멜라토닌 농도를 비교한 결과, 저강도 집단의 멜라토닌 농도와 고강도 집단의 멜라토닌 농도는 유의한 차이가 있었다( $p=.000$ ).

저강도 집단과 고강도 집단의 운동적용 전, 후 멜라토닌 농도를 비교한 결과, 저강도 집단의 운동 전, 후 멜라토닌 농도는 각각  $1.178 \pm .072$ 와  $1.213 \pm .094$ 로 약간의 증가는 있었지만 유의한 차이를 보이지 않았고( $p=.263$ ), 고강도 집단의 운동 전, 후 멜라토닌 농도는  $1.157 \pm .073$ 과  $2.808 \pm .536$ 로 유의한 차이를 보였다( $p=.000$ )<Table 1>.

Table 1. Comparison of melatonin density between pre and post according to exercise (pg/mL)

	pre	post	t	p
	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD		
Low Intensity Group (n=30)	1.178 $\pm$ .072	1.213 $\pm$ .094	-1.195	.263
High Intensity Group (n=30)	1.157 $\pm$ .073	2.808 $\pm$ .536	-10.313*	.000
t	-.642	-9.271*		
p	.529	.000		

\* $p<.05$

## IV. 고찰

본 연구는 수면장애를 유발한 실험쥐에게 운동 강도를 달리하여 저강도와 고강도를 각각 적용한 후 혈 중 멜라토닌 농도를 비교하여 어떠한 운동의 형태가 수면장애에 더 효과적인가를 알아보고자 하였다.

본 연구는 4주 동안 동물실험실에서 체중 300g 전후의 성숙한 수컷 Sprague-Dawley계 흰쥐를 사용하였고 무제한으로 물과 먹이를 제공하였고 실내온도는 25도를 유지하였으며 광주기와 암주기는 각각 12시간으로 조절하였고 스트레스로 작용할 수 있는 소리 등의 환경을 최대한 제거하였다. 실험은 수면장애 모델을 만든 실험쥐를 저강도 운동집단과 고강도 운동집단으로 각각 30마리씩 구성하여 4주 동안 1일 15분씩 운동을 적용하였다.

본 연구에서 저강도 운동적용과 고강도 운동적용을 각 집단에 수행 후 혈 중 멜라토닌의 농도를 확인한 결과 고강도 운동적용에서 유의한 효과를 보였다( $t=-10.313$ ). 운동수행에 따른 멜라토닌의 분비에 대한 연구는 그 결과가 상반된 연구가 많다. 운동수행에 있어 Jang (2009)은 걷기운동과 같은 저강도 운동은 멜라토닌 농도변화에 영향을 주지 못하였다고 하였고, Yu(2004)은 쥐에게 고강도 운동적용이 저강도보다 멜라토닌 분비가 많았음을 보고하여 본 연구와 동일한 결과를 보였다. 그러나 Montelone 등(1990)은 운동은

혈장 멜라토닌 농도에 영향을 주지 않는다고 하였다. 멜라토닌은 보통 운동 후 1시간 이내에 높아졌던 분비량이 기존의 수준으로 돌아오기 때문에 운동 후 채혈은 결과에 객관성을 부여하기 힘들 것이다. 본 연구에서는 이러한 점을 보완하기 위해서 혈액 채취를 4주 운동적용 후 즉시 채혈하였고 1시간 후 또 다시 채혈을 하여 혈 중 평균 멜라토닌 농도를 평균하여 측정하였다.

운동집단에서 멜라토닌 합성을 증가시킬 수 있는 조건이나 일차적인 대사적 요건을 충족하기 위해서는 운동 중에 트립토판 농도가 증가되기 때문일 것이다 (Park, 2010). 신경전달물질 중의 하나인 노에피네프린(norepinephrine)은 멜라토닌 생합성 과정을 위한 기질의 효소적 이용을 증가시키는 작용을 하는 cAMP 뿐만 아니라 트립토판의 세포내 기질 농도를 증가시키는 작용을 함께한다. 이는 신체적 활동 시 카테콜라민 분비가 뚜렷하게 증가하기 때문에 운동에 의한 혈중 멜라토닌 농도의 증가는 이러한 대사적 물질들이 증가했기 때문일 것이다. 카테콜라민의 증가는 최대산소섭취량의 60%의 운동에서부터 증가하기 시작한다. 본 연구에서도 최대산소섭취량의 60%의 고강도 운동적용 후에서 멜라토닌은 증가하였다.

주요 일주기 페이스메이커는 시상하부의 시각교차위핵(suprachiasmatic nuclei; SCN)에 위치해 일주기성 리듬을 조절한다. 일주기성 리듬은 분자시계에 의해서 생성되는데, 분자시계는 많은 말초조직에 분포하고 있으며 지방조직, 간, 심장, 부신, 췌장을 말초 일주기성 진동자(peripheral circadian oscillators)라고 한다(Garautet 등, 2011). 정상적인 생리환경에서 말초 일주기성 진동자는 시각교차위핵에 의해 동시에 실행된다. 일주기성 리듬을 생성하기 위한 시각교차위핵에서 나오는 출력 신호로 잘 알려진 것은 자율신경계, 멜라토닌, 신체 중심부 온도 리듬이다. 24시간의 일주기성 리듬을 유지하기 위해서는 빛과 같은 환경적 시간 신호가 필요한데, 인간은 빛이 아닌 다른 생체시계(zeitgeber)를 사용할 수 있다. 그것은 휴식과 활동의 일정, 식사 시간, 신체적 운동들이다. 이러한 출력은 또한 입력 신호로 작용해 중추생체시계와 말초생체시계의 활성을 수정할 수 있다. 이러한 점에서 운동은 건강에 도움이 될 뿐 아니라,

일주기 시스템을 동시화 하는데 약물의 중재보다 더 효과적이고 선호하는 방법이다. 신체운동은 일주기성 페이스메이커(pacemaker)를 유의하게 지연시켜 수면-각성 주기의 지연을 요구하는 일정에 대해 일주기성 적응을 촉진하는데 도움을 준다. 따라서 밤낮의 교대근무자나 시차적응을 치료하는데 유용하게 사용된다 (Germaine 등, 2012). 신체운동이 일주기 시스템에 영향을 주기 위해서는 중등도의 장기적인 반복 훈련이 필요하다. 중추 페이스메이커의 위상지연 효과를 직접적으로 측정할 수는 없지만 생체시계의 주요 출력 신호 중 하나인 멜라토닌 수준으로 운동의 효과를 측정할 수 있다(Gemaine 등, 2012).

수면에 들어가는 경향은 일주기 리듬에 영향을 받고 동시에 야간의 멜라토닌 분비의 개시 약 2시간 후 가장 빠른 수면의 증가가 일어난다. 개체가 자발적으로 잘 수 없을 때 보통 두 유형으로 구분하는데 첫 번째는 '각성 유지 지대'라고 해서 체온이 최소화되기 6-9시간 째이고(19시-22시), 두 번째는 '각성 지대'라고 해서 체온이 최소화된 후 4-7시간 째(9시-12시)으로 체온 주기의 상승 부분 동안 일어나 수면에서 각성 가능성을 증가시키는 것과 관련된 것으로 보인다(Dijk과 Czeisler, 1995).

멜라토닌의 일반적인 역할은 신체의 모든 조직으로 매일 빛/어둠 주기에 대한 정보를 전달하는 것이다. 멜라토닌은 생체시계의 조력자로 시각교차위핵의 신호에 반응할 뿐 아니라 내인성 멜라토닌 리듬에도 반응해 생체시계의 위상 혹은 시간을 나타낼 수 있다(Arendt, 2000). 멜라토닌 분비의 개시가 일어나기 전 늦은 시간의 운동은 멜라토닌 리듬의 위상 진보(phase advance)를 보이고, 반면 이른 시간의 운동은 위상 지연을 나타낸다. 본 연구에서도 이러한 점을 고려하여 가장 활동이 왕성한 오후 1시에서 3시 사이의 시간을 이용하여 운동을 적용하였다.

운동이 멜라토닌 분비에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 많지 않은 실정이다. Park(2010)은 10주간의 운동이 노인의 혈중 멜라토닌을 증가시켰다고 했다. 이는 송과체내에 있는 말단신경에서 나오는 노아드레날린이 어두운 곳에서 멜라토닌 생성을 자극하기 위해  $\alpha$

-adrenergic 수용체와  $\beta$ -adrenergic 수용체에 작용하는데 신체 활동시 카테콜아민 분비가 뚜렷하게 증가해 운동에 의한 멜라토닌 합성이나 분비에 영향을 준다는 것이다(Kim, 1998). Kim(1998)은 또한 운동으로 5-HT 축적을 증가시키고 이는 멜라토닌 합성을 증가시키는 것으로 이어진다고 했다. Knight 등(2005)도 운동으로 인해 멜라토닌의 양이 증가한다고 보고했다. 본 연구에서도 운동으로 인한 멜라토닌의 증가를 확인하였고 저강도운동 보다 고강도운동이 더 많은 분비를 유발함을 알 수 있었다.

운동은 비광학적(nonphotic) 신호로서 인간의 일주기 시계(circadian clock)를 이끌어간다(Escames 등, 2012). 멜라토닌은 염증반응과 세포사를 유발할 수 있다는 보고도 있지만(Prabhu, 2004), 전체적인 항산화 활동, 세포에 의한 지방소비, 혈장 IgA 수준을 증가시키므로 고강도 운동으로 인해 일어나는 산화적 손상을 바꿀 수 있다. 따라서 멜라토닌은 안전하고 비독성 분자라고 할 수 있다(Maldonado 등, 2012). Silva 등(2007) 또한 멜라토닌이 강력한 항산화제라고 했다. 운동으로 인해 멜라토닌 농도가 증가한다거나(Skrinar 등, 1989) 감소한다거나(Monteleone 등 1990) 혹은 영향을 받지않는다(Elias 등, 1993)는 보고도 있지만 결과가 다르게 나타나는 이유는 개체가 운동을 하는 동안 빛에 노출되는 시간이나 낮 시간의 길이에 영향을 받기 때문이다(Paredes 등, 2005; Escames 등, 2012).

멜라토닌 합성의 일상적인 변화는 송과선을 지배하는 교감신경 절이후섬유에 의해 분비되는 노에피네프린에 의해 조절된다. 운동은 교감신경 활성화와 카테콜아민 분비를 뚜렷이 증가시킨다(Escames 등, 2012). Passos 등(2012)은 운동으로 만성 수면장애를 치료할 수 있다고 했다. 그는 운동은 저비용으로 쉽게 접근할 수 있는 비약물적 치료법이라고 했다. 그리고 운동의 효과는 잘 자는 사람에 비해 수면장애가 있는 사람에게 효과가 더 크다고 했다(Passos Gs 등, 2010). 본 연구에서도 운동을 통한 수면장애의 효과를 입증하기 위해 멜라토닌의 분비를 확인하였다.

수면에 있어 어떠한 이유에서 정상적인 수면을 취하지 못하는 것을 수면장애라고 하며 생물학적 시계의

구성요소들 간의 관계가 방해를 받을 때 만성적으로 수면장애를 경험할 수 있다. 일주기 시간에 수면이 시도될 때 이것은 최상의 수면을 나타내지 못하고, 결과적으로 수면에 들기 어렵거나 이른 아침에 깨어나게 된다. 이러한 일주기 리듬 수면 장애는 총수면시간(TST)을 감소시키고 따라서 전체적인 웰빙에 손상을 줄 수 있다(Lack과 Wright, 2007). 그리고 수면장애는 면역조절에도 영향을 줄 수 있다. 이 경우 멜라토닌은 면역-조절 분자의 일종으로 알려져 있다. 운동 후 혈장에 IgA가 증가해 만성적으로 활성화된 면역계와 기억 B세포들이 방어가 필요할 때 멜라토닌은 이러한 문제들을 해결해준다(Maldonado 등, 2012). 멜라토닌은 밤에 뇌의 송과선에 의해 대부분 유리되고, 시각교차위핵(SCN)에서 나오는 신경 흥분에 의해 조절 받는다. 망막에 있는 광수용체를 통해 전달되는 빛 신호는 시각교차위핵(SCN)을 경유하여 멜라토닌 분비를 억제시키고 따라서 멜라토닌 생성은 밤 길이와 비례한다(Lincoln, 2006). 멜라토닌 농도가 저하된 성인들은 면역력의 저하와 이차적으로 산화적 스트레스에 의해 일어나는 신경변성질환에 쉽게 걸린다(Clapp-Lilly 등, 2001). 현대 사회에서 증가하고 있는 수면장애를 가진 성인들은 이러한 면역저하와 신경변성질환의 폭로로부터 예방하기 위해서 수면의 개선이 반드시 필요하다.

## V. 결론

본 연구는 수면장애에 대한 운동강도가 줄 수 있는 효과를 알아보고자 하였다. 수면장애 모델 쥐를 만들어 4주 동안 15분씩 저강도의 운동과 고강도의 운동을 적용하여 그 효과를 혈 중 멜라토닌의 변화를 관찰함으로써 입증하고자 하였다.

실험의 결과는 다음과 같다.

첫째, 집단의 운동 전, 후의 멜라토닌 변화는 저강도 운동과 고강도 운동 모두 증가가 있었지만 고강도 운동 집단에서 유의미한 효과를 확인할 수 있었다.

둘째, 저강도 운동 후와 고강도 운동 후의 집단간 차이를 비교한 결과 유의미한 차이를 확인할 수 있었다.

일반적인 신체의 적용에서는 고강도 운동보다 저강도 운동이 인체의 신진대사 증가, 혈 중 항산화효소의 활성화 그리고 활성산소 반응을 억제하는 효과가 있다 (Jung 등, 2013). 그러나 수면장애의 개선을 위한 지표가 되는 멜라토닌의 증가는 저강도 운동에서는 별다른 반응을 보이지 않고 고강도 운동에서 효과를 보인다는 보고가 있다(Jang, 2009; Yu, 2004). 본 연구에서는 직접 수면장애를 유발한 쥐를 이용하여 운동의 강도를 변화시켜 적용한 결과 저강도 운동에서는 효과를 볼 수 없었고 고강도 운동에서만 효과를 볼 수 있었다. 이것은 멜라토닌의 증가를 통한 수면장애 개선의 효과를 기대한다면 신체의 피로감을 높여 수면을 유도할 정도의 운동강도를 요하는 것으로 추측할 수 있다.

본 연구의 결론은 수면장애의 경우 지속적인 운동이 효과가 있지만 저강도 운동보다는 고강도 운동이 더 많은 효과가 있음을 알 수 있었다. 수면장애를 경험하고 있는 경우 나타날 수 있는 이차적인 면역력저하, 관련질환의 발병을 막기위하여 지속적인 고강도의 운동이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 운동은 여러 가지 장점에도 불구하고, 운동으로 인한 스트레스가 오히려 interleukin (IL-6), tumor necrosis factor(TNF)- $\alpha$  농도를 증가시켜 염증 혹은 세포사를 초래해 인체에 부정적인 결과를 초래할 수도 있는데 이러한 염증관련 인자에 대한 조사는 하지 못했다. 또한 수면장애 유발 후 운동기간 동안의 수면변화의 관찰 부재, 수면장애 유발 실험의 과학적 접근 미흡하였고, 실험동물을 대상으로 실험하였기 때문에 인체에 대한 직접적인 운동적용을 통한 생체 물질의 변화 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### Acknowledgment

이 논문은 2012학년도 가야대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었음.

### References

- Alessio HM. Exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(2):218-24.
- Arendt J. Melatonin, circadian rhythms and sleep. *N Engl J Med.* 2000;343(15): 1114-6.
- Arendt J. Melatonin; characteristics, concerns, and prospects. *J Biol Rhythms.* 2005;20(4):291-303.
- Cajochen C, Krauchi K, Danilenko KV, et al. Evening administration of melatonin and bright light: interactions on the EEG during sleep and wakefulness. *J Sleep Res.* 1998;7(3):145-57.
- Clapp-Lilly KL, Smith MA, Perry G, et al. Melatonin acts as anti-oxidant and pro-oxidant in an organotypic slice culture model of Alzheimer's disease. *NeuroReport.* 2001;12(6):1277-80.
- Dijk DJ, Czeisler CA. Contributions of the circadian pacemaker and the sleep propensity, sleep structure, electroencephalographic slow wave and sleep spindle activity in humans. *J Neurosci.* 1995;15(5):3526-38.
- Driver HS, Taylor SR. Exercise and sleep. *Sleep Med Rev.* 2000;4(4):387-402.
- Elias AN, Wilson AF, Pandian MR, et al. Melatonin and gonadotropin secretion after acute exercise in physically active males. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;66(4):357-61.
- Escames G, Ozturk G, Banootalora B, et al. Exercise and melatonin in humans: reciprocal benefits. *J Pineal Res.* 2012;52(1):1-11.
- Fullerton DS. The economic impact of insomnia in managed care: a clearer picture emerges. *Am J Manag Care.* 2006;12(8):246-52.
- Garaulet M, Ordovas JM, Gomez-Abellan P, et al. An approximation to the temporal order in endogenous circadian rhythms of genes implicated in human adipose tissue metabolism. *J Cell Physiol.* 2011; 226(8):2075-80.
- Haimov I, Lavie P. Melatonin-a chronobiotic and soporific

- hormone. *Arch Gerontol Geriatr.* 1997;24(2):167-73.
- Jang J. Effects of 16 weeks walking exercise on aging related hormone in elderly women. *Exercise Science.* 2009;18(2):239-46.
- Jung BO, Jang SH, Bang HS. The effects of treadmill exercise on blood components, antioxidant enzymes and reactive oxygen in hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Phys Med.* 2013;8(1):71-8.
- Kennaway DJ, Gable FC, Stamp GE. Factors influencing the development of melatonin rhythmicity. *J Clin Endocrinol Metab.* 1996;81(4):1525-32.
- Kim JG. Effect of Serotonin changes following the exercise timing on melatonin secretion and sleep quality. Yense University. 1998.
- Kim JH, Im IS. The effects of overload exercise on the changes of EEG, blood growth hormone, and melatonin concentration during sleep. *Exercise Science.* 2003;12(2):297-306.
- Knight JA, Thompson S, Raboud JM, et al. Light and exercise and melatonin production in women. *Am J Epidemiol.* 2005;162(11):1114-22.
- Lack LC, Wright HR. Chronobiology of sleep in humans. *Cell Mol Life Sci.* 2007;64(10):1205-15.
- Lincoln GA. Decoding the nightly melatonin signal through circadian clockwork. *Mol Cell Endocrinol.* 2006; 252(1):69-73.
- Maldonado MD, Manfredi M, Ribas-Serna J, et al. Melatonin administrated immediately before and intense exercise reverses oxidative stress, improves immunological defenses and lipid metabolism in football players. *Physiol Behav.* 2012;105:1099-103.
- Mogharnasi AA, Gaeini E, Javadi MR, et al. The effect of endurance training on inflammation biomarkers and lipid profiles in wistar rats. *World Journal of Sport Sciences.* 2009;4(1):82-8.
- Montelone P, Maj M, Fusco M. Physical exercise at night blunts the nocturnal increase of plasma melatonin levels in healthy humans. *Life Sci.* 1990;47(22): 1989-95.
- Paredes SD, Sanchez S, Ria RV, et al. Changes in behaviour and in the circadian rhythms of melatonin and corticosterone in rats subjected to a forced-swimming test. *J Appl Biomed.* 2005;3(1):47-57.
- Park GY. Effect of 10-week forest exercise on change of melatonin concentration in the elderly, master's thesis of Chungbuk National University. 2010.
- Passos GS, Poyares D, Santana MG, et al. Effect of acute physical exercise on patients with chronic primary insomnia. *J Clin Sleep Med.* 2010;6(3): 270-5.
- Passos GS, Poyares DLR, Santana MG, et al. Is exercise an alternative treatment for chronic insomnia?. *Clinics.* 2012;67(6):653-9.
- Prabhu SD. Cytokine-induced modulation of cardiac function. *Circ Res.* 2004;95(12): 1140-53.
- Prinz PN. Sleep and sleep disorders in older adults. *J Clin Neurophysiol.* 1995;12(2):139-46.
- Redman JR. Circadian entrainment and phase shifting in mammals with melatonin. *J Biol Rhythms.* 1997;12 (6):581-7.
- Reiter RJ. Pineal melatonin; cell biology of its synthesis and of its physiological interactions. *Endocr Rev.* 1991;12(2):151-80.
- Silva de Lacerda AF, Janjoppi L, Scorza FA, et al. Physical exercise program reverts the effects of pinealectomy on the amygdala kindling development. *Brain Res Bull.* 2007;74(4):216-20.
- Skrinar GS, Bullen BA, Reppert SM, et al. Melatonin response to exercise training in women. *J Pineal Res.* 1989;7(2):185-94.
- Touitou Y, Bogdan A, Haus E, et al. Chronobiological approach to ageing. *Pathol Biol.* 1996;44(6):534-46.
- Yu JH. Effect of different exercise intensity on blood melatonin density in old rats. Sung Kyun Kwan University of Seoul. Korea . 2004.
- Zhao Y, Liu LJ, Wang C, et al. Swimming exercise may not alleviate the depressive-like behaviors and



circadian alterations of neuroendocrine induced by chronic unpredictable mild stress in rats. *Neurology, Psychiatry and Brain Research*. 2012;18(4):202-7.  
Zhdanova IV, Wurtman RJ, Morabito C, et al. Effects of low

oral doses of melatonin, given 2-4 hours before habitual bedtime, on sleep in normal young humans. *Sleep*. 1996;19(5):423-31.