

음이온환경이 인체에 미치는 영향

충북대학교 교수 한충수, 강훈, 이해철
한국원적외선협회 전무이사 최태섭

제 1 장 서 언

현대 사회는 생활수준이 향상되고 건강한 삶을 영위하기 위한 욕구가 증대되면서 주택·사무실 등의 건축재도 제품의 고급화 및 기능성을 추구하고 있고, 업계에서도 친환경·기능성 제품 개발에 관심이 높아지고 있다.

최근 새집 증후군에 의한 문제가 부각되고 웰빙(well-being)이란 문화코드도 새로 생기면서 건강한 삶에 대한 관심이 집중되고 있다. 이로 인해서 건축 자재에 황토·광석·숯 등을 첨가하거나 재질 및 구조 개선으로 원적외선과 음이온 방출, 항균, 정전기 방지 및 소음흡수 등의 기능성 제품이 출시되고 있다. 그러나 이와 같은 친환경·기능성 제품이 인체에 미치는 영향에 대한 연구 결과는 매우 미흡한 실정이다. 그러므로 기능성 제품을 사용한 환경이 인체에 미치는 영향을 정량적으로 분석하여 기능성 소재가 건강에 유익하고 주거환경을 쾌적하게 개선시키는지의 여부를 검증할 필요가 있다.

본 연구에서는 기존의 일반 환경과 음이온환경 하에서 인체의 신진대사, 혈액순환, 뇌파변화 등 인체의 생리적 변화를 비교 분석함으로써 음이온 환경의 특성 및 효과를 규명하였다.

제 2 장 연구방법 및 측정항목

2. 1 연구 방법

1) 측정시 온도는 27 ~ 29℃이었고, 피실험자는 건강한 성인 남성 60명을 대상으로 일반 환경과 음이온환경에 각각 30씩 실시하였다. 먼저 그림 2-1과 같이 측정 전에 20분간 편안히 누운 상태로 안정시킨 후, 초기 상태의 뇌파, PPAT, 가속도맥파, 말초혈액 도말 표본검사, 체온, 혈압, 맥박을 측정하고, 안정상태를 취하게 하면서 20분 경과 후부터 10분 간격으로 5회 측정하였다. 이후 음이온 환경을 제거하고 20분간 일반휴식을 취한 후에 생리학적 변화를 측정하여 음이온 환경과 일반 환경의 변화를 비교하였다.

그림 2-1에 실험 진행과정의 측정 흐름도를 나타내었다. 표 2-1은 피실험자의 신체조건을 나타낸 것이다.

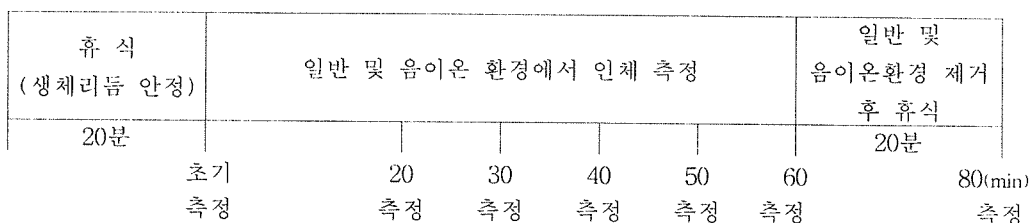


그림 2-1. 생리학적 상태 측정 흐름도

표 2-1. 피실험자의 신체조건

구 분 \ 항 목	일반환경군	음이온환경군
	남자(n=30)	남자(n=30)
나이(yr)	27.75±0.48	27.47±0.54
신장(cm)	173.98±4.07	173.45±3.84
체중(kg)	68.54±7.02	67.86±7.05

2. 2 측정항목 및 방법

1) 음이온측정

음이온측정은 공기흡입식 이온측정기(ITC-201A, INTI Co., Japan)를 이용하여 측정하였다.

측정은 일주일간 연속적으로 6회에 걸쳐 이루어졌으며, 공기흡입식 음이온 측정의 경우 실내 온습도에 따라 결과 차이가 있기 때문에 실내환경과 일반환경 및 음이온환경 소재 위에서 각각 음이온을 측정하였다.

2) 뇌파

뇌파측정기기는 뉴로피드백시스템을 이용한 뇌파측정기(Neuroharmony, 브레인테크㈜, 한국)를 이용하였다. 뉴로피드백시스템은 쌍극유도법을 이용하여 전두엽에서 좌뇌와 우뇌의 뇌파를 동시에 측정하며 측정된 뇌파의 초기 데이터(raw data)와 파형을 분석하고, 잡파(artifacts)의 유입여부를 확인한 후, 잡파가 포함되지 않은 자료에 대해서 고속푸리에변환(FFT: Fast Fourier Transform)을 이용하여 주파수별 진폭 세기의 제곱근을 뇌파의 활성화도(activity)로 나타낸다.

분석에 사용된 뇌파의 주파수 범위는 0~30Hz까지이며, Delta(δ)파는 0~3Hz, Theta(θ) 4~7Hz, Alpha(α) 8~13Hz, SMR 12~15Hz, Beta_L 14~20Hz, Beta_H 21~30Hz로 구분된다.

통상 긴장이완과 안정된 휴식시에는 10Hz 전후의 Alpha파가 우세파로 출현하며, 주위집중 시에는 SMR파, 작업중에는 Beta_L파 그리고 긴장상태나 스트레스, 흥분 시에는 Beta_H가 높아진다고 보고되어 있다.

피실험자의 뇌파 측정은 편안히 누운 상태에서 이마에 센서를 부착하고, 1분 동안 뇌파의 활성화도로 측정하였다. 파장별 뇌파의 활성화도는 백분율로 환산한 값과, 초기안정상태의 뇌파의 활성화도 값과 시간별 활성화도 값과의 차인 상대적 변화량으로 나타내었다.

뇌파 분석은 피실험자가 편안한 자세로 휴식을 취하고 있는 상태이므로

Alpha파와 Beta_H를 중심으로 하였다. 뇌파의 개선효과는 알파파의 활성도를 하이베타파의 활성도로 나눈(Alpha / Beta_H) 값을 이용하여 나타내었다.

3) PPAT (Peripheral Pulse Arrival Time)

PPAT는 심장에서 말초혈관까지의 맥파도달 시간으로 혈관을 통한 맥파속도 (PWV)가 감소하면 맥파도달 시간은 길어지고, 맥파속도가 증가하면 짧아진다. 맥파속도가 증가하여 맥파도달 시간이 짧은 경우는 고혈압, 혈관구경의 감소, 혈관의 경화 등에 의해서 이고, 맥파도달 시간이 길은 경우는 건강하고, 혈관의 유순도가 양호한 상태의 경우이다.

측정은 디지털생체신호기록기(PPAT Physioblab, (주)새로텍, Korea)를 이용하였고, 양손 팔목에서 측정된 심전도파형(ECG)과 양손 검지 끝부분에서 측정된 맥파신호(pulse amp)의 피크 사이에서 맥파도달 시간(ms)을 측정하였다. 분석은 30초간의 측정 데이터에서 잡파가 없는 20초간의 데이터를 이용하였다.

4) 가속도맥파(Accelerated Plethysmogram)

혈류량의 측정은 혈압의 측정과 함께 말초로 혹은 말초에서 혈액의 흐름이 어떻게 일어나는가를 파악하는 매우 중요한 지표이다. 가속도맥파는 동맥관의 팽창, 수축을 측정하는 용적맥파를 2차 미분한 것으로 지첨가속도맥파 파형 (acceleration pulse waveform)과 스코어로 출력되어 연령대별 건강상태 평가와 말초 혈액순환 동태의 평가로 이용된다.

가속도맥파가 상승하는 원인은 혈관이 확장되고 혈류속도가 증가하여 혈액순환상태가 향상될 때이다.

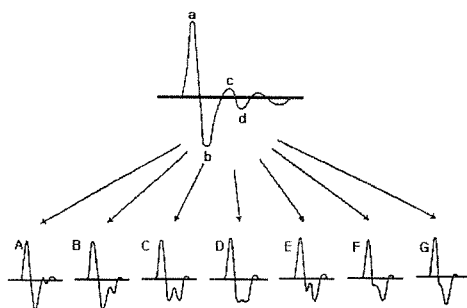


그림 2-2. 지첨 가속도 맥파의 파형분류

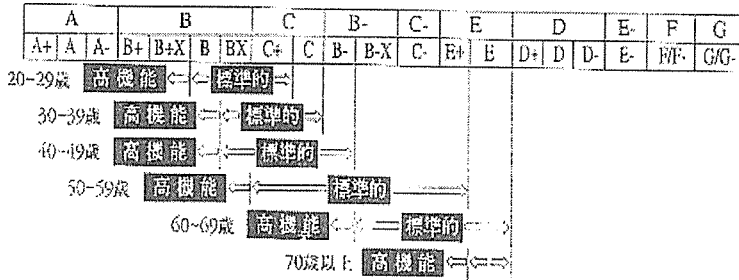


그림 2-3. 가속도맥파 파형 평가방법 및 분류

가속도맥파는 비침습적으로 진단할 수 있는 Acceleration Plethysmograph (APG-100, MISAWA, JAPAN)를 이용하여 왼손 검지 끝부분에서 측정하였다. 가속도맥파는 그림 2-2와 같이 건강상태가 양호한 순서대로 A+~G- 파형으로 분류하고, 이것을 그림 2-3과 같이 22종류의 파형으로 세분한다. 분석은 가속도맥파의 A+~G-의 22종류의 파형을 가장 양호한 A파형 중 A+파형을 22점으로 하여 1점 간격으로 수치화하여 평가하였다.

5) 말초혈액 도말 표본 검사

말초혈액 도말 표본 검사법(생혈액검사법)은 말초혈액의 혈구형태를 분석하여 진단에 응용하는 방법으로 현재 한의학에서 일부 응용되고 있다.

본 연구에서는 일반환경과 음이온환경군에서 각각 피실험자 10명씩 선택하여 손끝에서 혈액을 채취한 후 적혈구의 연전현상(連錢現狀)을 관찰하였다.

측정장치는 광학현미경(Ubique Microscope, WismerII Institute)과 광원장치(UM-150, WismerII Institute)를 이용하였다. 화면촬영은 Video recorder를 활용하였다.

말초혈액 도말 표본검사는 초기안정상태와 일반 및 음이온환경에서 30분 경과 후와 60분 경과 후 손끝의 혈액을 채취하여 적혈구가 떨어져 있는 것이 50%, 약간 붙어 있는 것이 50% 정도인 Ideal zone을 선택하여 적혈구의 형태 및 연전(Rouleau) 여부를 관찰하였다.

6) 체온

체온측정은 적외선방사 측정법을 이용한 귓속형 체온계(DX-707, JAWAN MEDICAL, Korea)를 이용하여 측정하고, 3회 측정하여 평균값으로 나타내었다.

7) 혈압

혈압은 측정자의 주위환경과 자세 등에 따라 변화가 있으므로 일정한 조건 하에서 측정하였다. 혈압측정은 혈압계(Tensoval, Hartmann, Germany)를 이용하여 우측 상박부에서 3회 측정 결과의 평균으로 나타내었고, 수축기혈압(Systolic blood pressure)과 이완기혈압(Diastolic blood pressure)으로 나타내었다.

8) 맥박

맥박은 혈압계, 가속도맥파 측정기, PPAT 측정기에서 기록되는 세 값을 평균하여 나타내었다.

9) 자료처리 방법

일반환경과 음이온환경의 유의성 분석은 이원배치분산분석(ANOVA) 방법을 이용하였다. 유의수준은 0.05 내에서 유의성을 검정하였다.

제 3 장 결과 및 고찰

3. 1 음이온측정

표 3-1은 공기흡입식 음이온 측정기를 이용하여 측정한 음이온 방출량 결과이다. 실내에서의 음이온 수는 평균 180개/cc였으며, 일반환경에서는 양이온이 198개/cc, 음이온환경에서 음이온 평균수는 1178개/cc가 측정되었다.

표 3-1. 환경별 공기흡입식 이온측정 결과

(단위 : 개/cc)

측정횟수 \ 환경	실내	일반환경	음이온환경	실내온습도
평균	-180	+198	-1178	25.4℃, 79.3%

3. 2 뇌파

그림 3-1은 초기안정상태와 일반환경 하에서의 뇌파스펙트럼의 한 예를 나타낸 것이다.

그림 3-2와 그림 3-3은 그림 3-1의 뇌파스펙트럼에서 알파(Alpha)파와 하이베타(Beta_H)파만을 별도로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 초기 안정상태의 뇌파와 일반환경 하의 뇌파에서 알파파는 큰 변화가 없고 하이베타파가 약간 증가한 것을 알 수 있다.

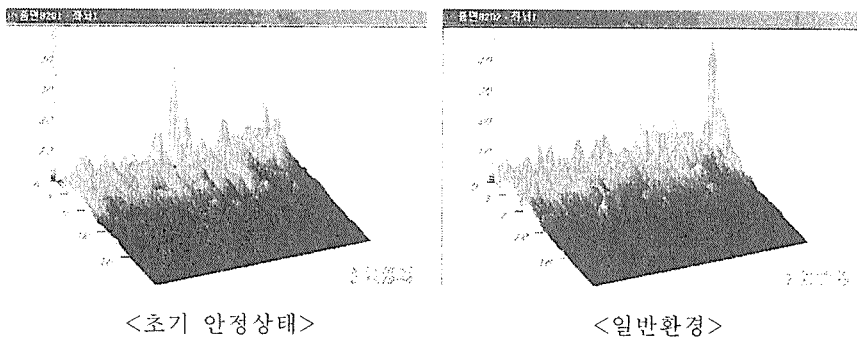


그림 3-1. 초기안정상태와 일반환경 하에서의 뇌파스펙트럼 변화(27세 남성)

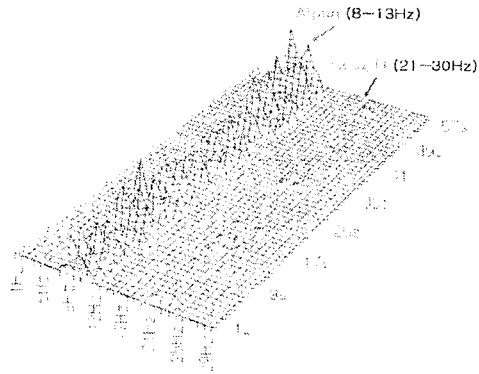


그림 3-2. 초기 뇌파스펙트럼 변화(27세 남성)

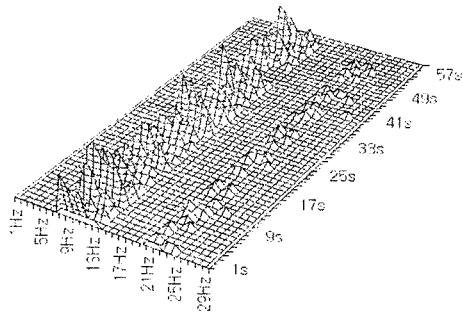
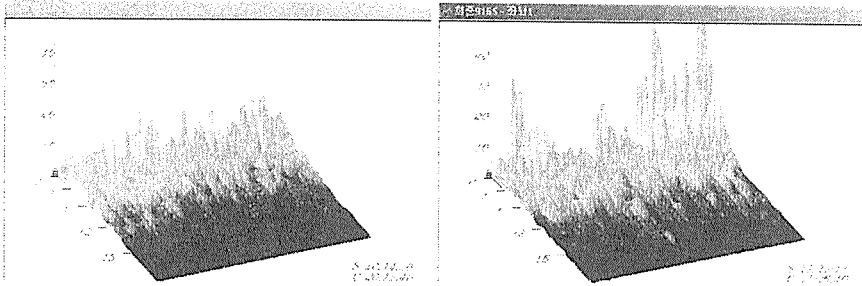


그림 3-3. 일반환경 하에서의 뇌파스펙트럼 변화

그림 3-4는 초기안정상태와 음이온환경군에서의 뇌파스펙트럼을 나타낸 것이다.

그림 3-5와 그림 3-6은 뇌파스펙트럼을 알파파와 하이베타파만을 나타낸 것이다. 그림에 나타났듯이 뇌파는 초기안정상태보다 음이온환경군이 알파파가 증가하고, 하이베타파가 감소하는 경향을 나타내었다.



<초기 안정상태> <음이온 환경>
 그림 3-4. 초기안정상태와 음이온환경 하에서의 뇌파스펙트럼 변화(27세 남성)

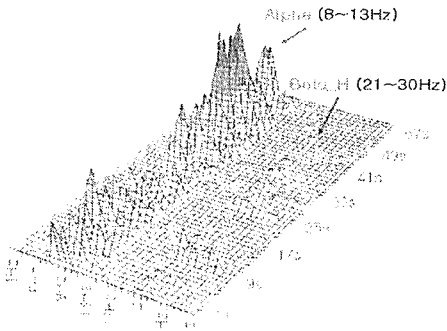


그림 3-5. 초기뇌파스펙트럼 변화
 (27세 남성)

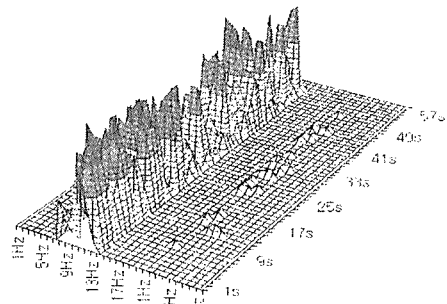


그림 3-6. 음이온환경 하에서의
 뇌파스펙트럼 변화

그러나 그림 3-1부터 그림 3-6에서와 같이 삼차원 곡선형태의 뇌파스펙트럼으로는 정량적 분석이 어렵기 때문에 고속푸리에변환을 이용하여 각 주파수별 진폭의 값을 취하고, 이것을 뇌파활성도(%) 및 상대적 출현량(%)으로 나타내었다.

그림 3-7과 그림 3-9는 각각 일반환경과 음이온환경에서의 뇌파활성도를 나타낸 것이고, 그림 3-8과 그림 3-10은 각각의 환경별 뇌파의 상대적출현량으로 각 시간대별 뇌파활성도와 초기안정상태의 뇌파활성도와의 차를 나타낸 것이다.

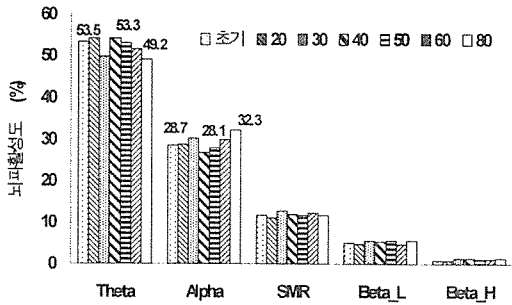


그림 3-7. 일반환경에서 뇌파별 경과시간에 따른 활성화도 변화

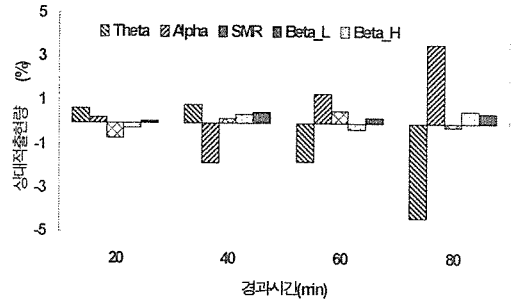


그림 3-8. 일반환경에서 경과시간에 따른 뇌파별 상대적 출현량 변화

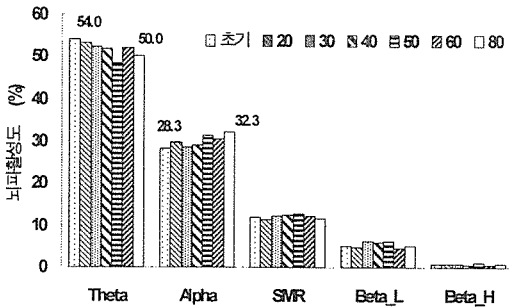


그림 3-9. 음이온환경에서 뇌파별 경과시간에 따른 활성화도 변화

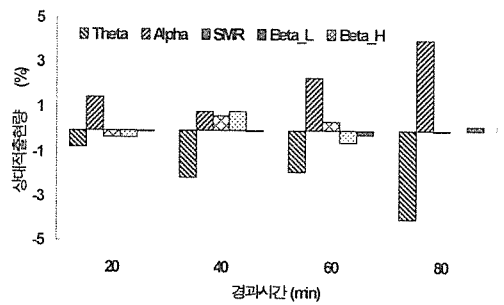


그림 3-10. 음이온환경에서 경과시간에 따른 뇌파별 상대적 출현량 변화

그림 3-7과 그림 3-8의 뇌파활성도의 비율은 Theta>Alpha>SMR>Beta_L>Beta_H 순으로 나타났다. 일반환경군에서 경과시간에 따른 세타파와 알파파의 변화는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 하이베타파가 시간에 따라 미세하게 증가하는 경향을 나타내었다.

그림 3-9와 그림 3-10에 경과시간에 따른 음이온환경군에서의 뇌파활성도와 상대적 출현량을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 경과시간에 따라 알파파가 증가하고, 하이베타파가 미세하게 감소하는 경향을 나타내었다.

일반환경과 음이온환경을 제거한 후 각각 20분이 경과한 후 안정상태에서 뇌파는 일반 및 음이온환경군의 뇌파활성도 변화에 유의한 차가 없는 것으로 나타났다. 이것으로 보아 음이온환경하에 있는 것이 뇌파 개선효과가 있는 것

으로 판단된다.

그림 3-11은 각 환경별 뇌파활성도에서 긴장이완과 안정상태에서 출현하는 알파파를 스트레스·긴장 시에 출현하는 하이베타파로 나누어(Alpha/Beta_H) 초기값과 경과시간에 따른 값과의 차를 나타낸 것이다. 여기에서 알파파/하이베타파의 상대적 변화 값이 양(+)인 경우는 음(-)인 경우보다 뇌파 개선효과가 있어 안정적인 상태를 의미한다.

그림에서 보는 바와 같이 일반환경군은 초기 안정상태보다 알파파/하이베타파의 상대적 변화 값이 경과시간에 따라 -3.1에서 -14.1까지 감소하였고, 음이온환경군은 -2.7에서 +18.4로 나타나 긴장이완과 안정상태를 유지시키는 것으로 나타났다. 통계검정 결과 유의수준 0.01에서 두 군의 유의성이 인정되었다.

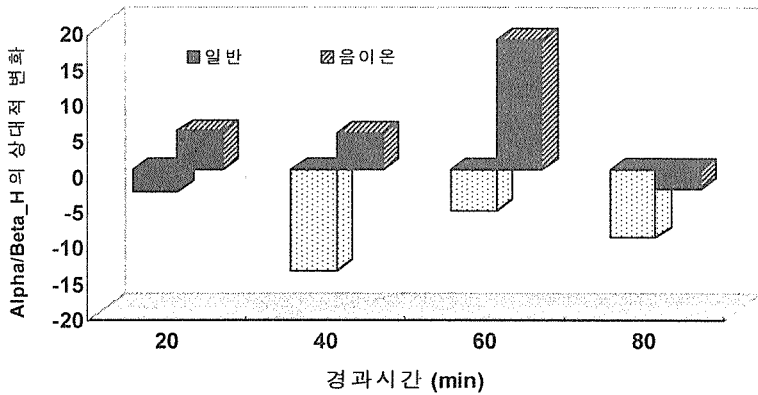


그림 3-11. Alpha/Beta_H의 초기값과 경과시간에 따른 값 간의 상대적 변화

표 3-2는 각 피실험자들의 뇌파 개선효과를 나타낸 것으로 일반환경군에서는 23%의 개선효과가 있었다. 음이온환경군은 43%의 개선효과가 있는 것으로 나타나 일반환경군보다 음이온환경군이 뇌파 개선효과에 우위성이 있는 것으로 나타났다.

표 3-2. 뇌파 개선효과

(단위 : 명)

실험군	결 과			계
	개선효과 있음	변화 없음	개선효과 없음	
일반환경군	7 (23%)	12 (40%)	11 (37%)	30
음이온환경군	13 (43%)	11 (37%)	6 (20%)	30

3. 3 PPAT

그림 3-12와 3-13은 일반환경군과 음이온환경군의 경과시간에 따른 PPAT(심장에서 말초혈관까지의 맥파도달 시간) 변화와 상대적 변화량을 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 음이온환경군은 초기 PPAT가 222.1 ms에서 223.9 ms로 시간이 경과함에 따라 약 2ms 가량 증가하였으며, 일반환경군은 초기 222.0 ms에서 220.5 ms로 1.5 ms 정도 PPAT가 감소하는 경향을 나타내었다. 검정통계량 값이 유의수준 0.01 이하로 일반환경과 음이온환경은 유의한 차가 있는 것으로 나타나, 음이온환경이 혈관의 유순도를 향상시켜 PPAT의 개선효과가 있는 것으로 사료된다.

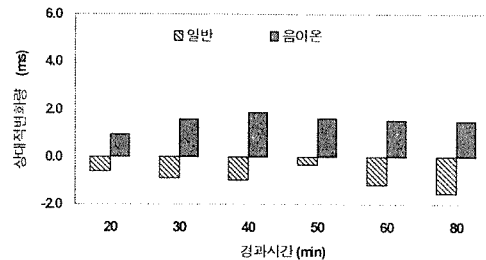
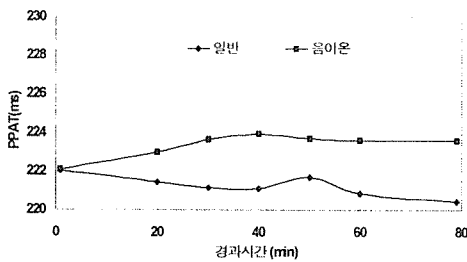


그림 3-12. 경과시간에 따른 PPAT의 변화

그림 3-13. 경과시간에 따른 PPAT의 상대적변화

표 3-3은 각 조건별 피실험자들의 PPAT 개선효과를 나타낸 것이다.

표에서 보는 바와 같이 일반환경에서의 PPAT는 27%의 개선효과가 있는 것으로 나타났고, 음이온환경군의 PPAT는 50%의 개선효과가 있는 것으로 나타났다.

표 3-3. PPAT 개선효과

(단위 : 명)

실험군 \ 결 과	개선효과 있음	변화 없음	개선효과 없음	계
일반환경군	8 (27%)	10 (33%)	12 (40%)	30
음이온환경군	15 (50%)	8 (27%)	7 (23%)	30

3. 4 가속도맥파

그림 3-14는 일반환경과 음이온환경에서 가속도맥파의 초기 값에 대한 경과 시간에 따른 상대적 변화량을 나타낸 것이다.

그림에서 보는바와 같이 가속도맥파는 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며, 통계적으로도 일반환경과 음이온환경군 간에 유의성이 없는 것으로 나타났다.

이것은 피실험자가 건강한 젊은 성인남성으로 두 환경군 모두 초기 가속도맥파 파형이 22단계 중 B+(19단계)로 매우 양호한 상태였기 때문에 큰 변화가 없는 것으로 판단된다.

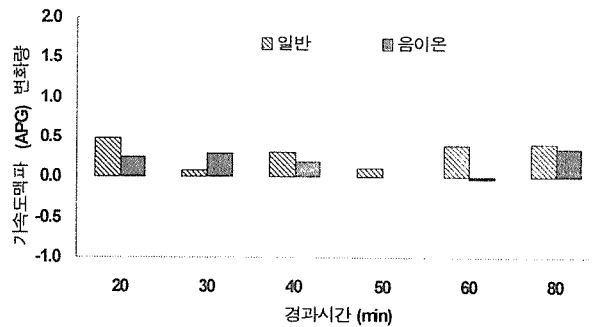


그림 3-14. 경과시간에 따른 가속도맥파의 상대적변화

표 3-4는 각 환경에서의 피실험자 개인별 가속도맥파 개선효과를 나타낸 것으로 일반환경군이 음이온환경군보다 7%정도 우세한 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

표 3-4. 가속도맥과 개선효과

(단위 : 명)

실험군	결 과			계
	개선효과 있음	변화없음	개선효과 없음	
일반환경군	8 (27%)	17 (57%)	5 (16%)	30
음이온환경군	6 (20%)	21 (70%)	3 (10%)	30

3. 5 말초혈액 도말 표본 검사

표 3-5에 각각의 환경별 연전현상 관측 수와 개선 결과를 나타내었다.

표에 나타냈듯이 일반환경군의 경우 총 피실험자 10명 중 4명이 연전현상이 관측되었으며 그중 2명이 개선되었고, 다른 2명은 개선되지 않는 것으로 나타났다. 음이온환경군의 경우는 총 피실험자 10명 중 5명이 초기 연전현상이 관측되었으며, 5명 모두 연전현상이 개선되는 것으로 나타났다.

표 3-5. 연전현상 개선효과

(단위 : 명)

실험군	결 과			
	총 피실험자	초기 정상모형 관측 수	초기 연전현상 관측 수	연전 현상 개선 수
일반환경군	10	6	4	2
음이온환경군	10	5	5	5

3. 6 체온

그림 3-15는 일반환경과 음이온환경군의 경과시간에 따른 체온의 상대적 변화량을 나타낸 것이다. 음이온환경군은 경과시간에 따라서 체온이 평균 0.04℃ 상승하는 것으로 나타났고, 음이온환경을 제거한 80분 후의 체온은 일반환경군과 같이 약간 감소한 것으로 나타났다. 일반환경군은 체온이 초기상태보다 0.02℃ 감소하는 경향을 나타내었다.

통계검정 결과 유의수준 0.01 이하로 음이온환경군과 일반환경군의 체온변화는 유의성이 있는 것으로 나타났다.

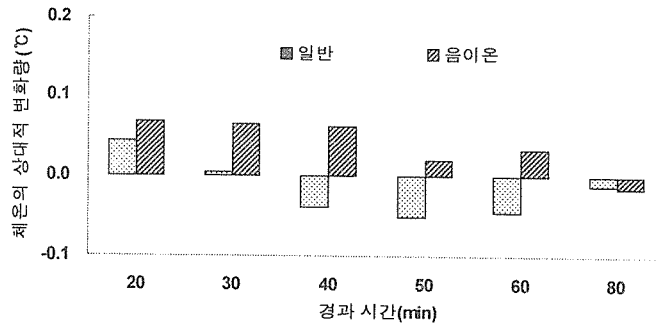


그림 3-15. 경과시간에 따른 체온의 상대적 변화

3. 7 혈압

그림 3-16은 일반환경군과 음이온환경군의 경과시간에 따른 혈압의 변화를 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 두 환경 모두 혈압의 변화에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

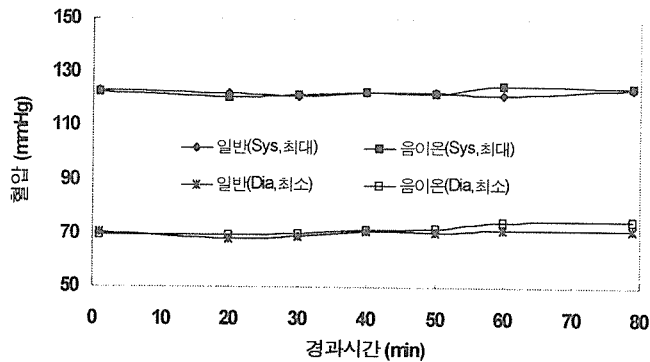


그림 3-16. 경과시간에 따른 혈압의 변화

3. 8 맥박

그림 3-17에 일반환경군과 음이온환경군에서 맥박의 초기값에 대한 경과시간에 따른 상대적 변화 값을 나타내었다.

그림에서와 같이 두 환경군 모두 시간이 경과함에 따라서 초기보다 맥박이 미세하게 감소하는 경향이였다. 일반환경군은 초기값에 비해 1.1에서 3.9 가

량 감소하였고, 음이온환경군은 초기 값보다 1.0에서 2.8 가량 감소하는 것으로 나타났다. 두 군의 평균 차에 대한 통계적인 유의성 검정결과, p-value가 0.15로 두 환경군간의 유의성은 인정되지 않았다.

한편 일반환경군과 음이온환경군에서의 맥박이 감소하는 경향을 나타낸 것은 편안히 누워있는 자세가 오래 지속됨으로 인해 맥박이 점차 감소한 것으로 사료된다.

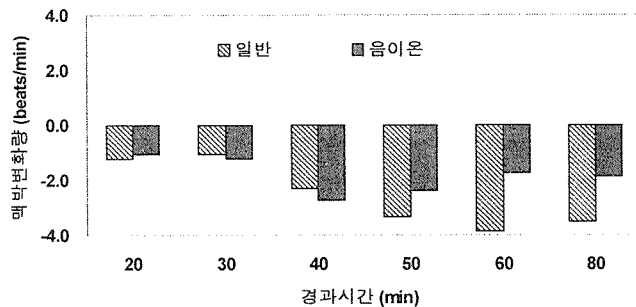


그림 3-17. 경과시간에 따른 맥박의 상대적변화

제 4 장 결론 및 요약

최근 주택 자재에 음이온 소재 등을 이용한 기능성 제품이 개발되어 출시되고 있으나, 음이온 소재를 이용한 제품이 인체에 미치는 효과에 대한 실험적 근거나 자료가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 음이온 소재가 인체에 미치는 영향을 평가하고자 건강한 성인 60명을 대상으로 기존의 일반환경과 음이온환경 하에서 인체의 뇌파, 혈류, 신진대사 등의 변화를 비교 분석하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 뇌파측정 결과 알파파/하이베타파(Alpha/Beta_H)값이 음이온환경군에서는 평균 6.6 정도 증가하였고, 일반환경에서는 평균 8.1 정도 감소하는 것으로

나타났다. 알파파(Alpha wave)는 긴장이완, 심리적 안정감에서 우세하게 나타나며, 하이베타파(Beta_H wave)는 긴장, 스트레스 시에 우세하게 나오는 뇌파로 음이온환경에서는 긴장이완, 스트레스 완화 등의 뇌파개선효과가 있는 것으로 판단된다.

2) 음이온환경에서 PPAT는 평균 2 ms, 일반 환경에서는 1.5 ms 감소하는 것으로 나타나, 음이온환경 하에서는 미세하게 혈류개선효과가 있는 것으로 나타났다.

3) 말초혈액순환 상태를 평가할 수 있는 가속도맥파는 일반환경과 음이온환경이 차이를 나타내지 않았다.

4) 말초혈액 도말 표본 검사에서 음이온환경군은 초기 연전현상이 관측된 5명 모두 개선되는 것으로 나타났고, 일반환경군은 4명 중 2명만이 개선되는 것으로 나타났다.

5) 체온은 음이온환경군에서 매우 미세하게 증가하는 경향을 나타내었고, 일반환경군의 경우는 미세하게 감소하는 경향을 나타냈지만 큰 변화는 없는 것으로 판단된다.

6) 일반환경과 음이온환경에서 혈압 및 맥박은 변화가 없는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 空氣マイナスイオン應用事典. (2002) 日本. 人間と歴史社.
- 渡邊一郎, 野宮法史, 眞野行生. (1996) 負イオンザウナ浴がヒトの循環動態に与える影響. 臨床環境醫學. (5) : 12-17
- 渡邊一郎, 野宮法史. (1996) 空氣中のマイナスイオンが惱波に与える影響. イオン・クラスター・エア. (3) : 264-274
- 杉谷 壽一. (1990) セラミックスの保温效果利用. 日本纖維機械學會誌, 43(11).
- 山本 貴則. (2001) 원적외선과 공기이온을 응용한 기능성제품의 생체에서의 작용효과와 평가기술, 제7회 한일원적외선심포지움. : 95-102
- 김용진 외 8인, (2000) 문제풀이 활동에서 뇌파 측정에 의한 두뇌 기능 상태의 평가, 한국생물교육학회지 28(3) : 291 ~ 301
- 김용진. (2000) 학습활동 뇌파에 기초한 두뇌환경, 서울대박사학위논문
- 정일호, 김종. (1999) 지침가속도맥파와 최대산소섭취량에 관한 연구, 한국스포츠리서치. 제10권(1) : 159-170
- 이명호. (2003) 원적외선 온열효과가 인체에 미치는 생리학적 영향, 제9회 한일원적외선심포지움. : 7-23
- 김정규, 윤창열. (2000) 暗視野檢鏡을 활용한 生血液檢査의 임상데이터分析, 대한한의진단학회지 Vol. 4(2) : 90-104
- 박영재, 박영배. (2000) Thermography의 한의학적 임상응용에 관하여. 대한한의진단학회지 4(1), p.p. 44-48.
- Hardy, J. D. and Dubois, E. F. (1938) The technic of measuring radiation and convection. *J. Nutr.*, 15, 461-475
- 한충수, (2003) 음(-)이온의 건강효능, 한국조명·전기설비학회 : 59-78