

대한의료기공학회
J. OF MEDICAL GI-GONG
Vol.9. No.1. 2006.

스트레스성 질환의 증상을 갖는 환자의 Turbosonic WBV 시행 전후 혈관탄성도 변화

장윤정* · 정순덕** · 장명준*** · 이기남****

* · ** · *** : 대한의료기공학회

**** : 원광대학교 한의과대학 예방의학교실

大韓醫療氣功學會

I. 緒論

통계청 자료에 의하면, 우리나라의 경우 2004년에 58,000여 명이 순환기계 질환으로 사망한 것으로 보고되었고, 이 중의 상당수가 혈관계통 질환에 의한 것이라고 한다. 최근에는 최대 산소 섭취량(VO_2max)과 동맥의 경화 정도를 알려주는 혈관탄성도(Vascular Compliance)에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.

운동에 의한 혈관 탄력 회복에 관한 연구에서 운동이 순환계의 정상적 유지와 개선에 효과적임을 증명하는 것이 중요한 과제로 부각되고 있다. 정상인의 유산소성 운동은 심박출량의 증가에 따라 혈관의 탄성(Forearm vascular compliance; FVC)을 증가시

킬 것으로 유추하고 있다.¹⁾ 운동 전, 후에 혈관 탄성을 측정하여 변화된 값의 차로 동맥경화를 측정할 수 있을 것으로 보이며, 운동이 동맥의 경화에 따른 혈관 탄성력의 감소 결과를 가져올 것으로 보고되었다.²⁾ 또한, 운동 후 혈압의 감소가 혈관 탄성 회복과 상관성이 높음³⁾⁴⁾을 보고한 연구 결과

- 1) Alan. R, Ehtasham. Q., Mara. B., George R, Giora. P., George A. : Peripheral Arterial Responses to Treadmill Exercise Among Healthy Subjects and Atherosclerotic Patients. Circulation, 2001, 106; pp.2084-2089.
- 2) Klemsdal TO, Moan A, Kjeldsen SE : Effect of selective angiotension II type1 receptor blockade with losartan on arterial compliance in patient with mild essential hypertension. Blood Press, 1999, 8(4):p.214-219.
- 3) 이중호 : 고혈압 환자의 트레드밀 운동 후 혈압과 혈관탄성 반응, 충남대학교 대학원

를 통해 운동이 혈관 탄성의 회복에 긍정적인 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 혈관 탄성에 관련된 연구는 운동과 혈류 순환 연구에서 혈관 탄성의 변화를 유추하고 있거나, 운동의 혈압 강하 효과를 규명하기 위한 혈관 탄성 회복에 관한 연구들에 국한되고 있다.⁵⁾

최근 유행하는 whole body vibration(전신진동운동)은 무중력상태인 우주공간에서 비행사들의 근육을 강화시키고 골밀도를 향상시키기 위해 구소련에서 처음으로 개발된 운동 형태로서, 인체의 산소 섭취량을 증가시키고 대사력을 증가시켜 유산소 운동과 유사한 효과를 나타낸다.⁶⁾ 유산소 운동은 숨이 차지 않으며 큰 힘을 들이지 않고도 할 수 있는 운동으로 몸 안에 최대한 많은 양의 산소를 공급시킴으로써 심장과 폐의 기능을 향상시

키고 강한 혈관조직을 갖게 하는 효과가 있다. 히딩크 감독은 네덜란드에서 직접 진동운동기를 가져와 근력을 강화시키는 프로그램에 활용하였으며 현재 파주 트레이닝 센터에서 turbosonic WBV가 활용되고 있다.

본 연구는 turbosonic WBV를 하기 전과 후의 혈관 탄성도를 비교함으로써 turbosonic WBV가 혈관 탄성도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

II. 實驗方法

1. 실험대상

2005년 7~8월 동안 강화군의 〇한 의원에 내원하는 환자 중 스트레스성 질환의 주요증상을 갖고 있고 그 증상을 호소하며 1달 이상 내원한 환자 26명을 대상으로 한다.

스트레스성 질환의 주요증상으로 분노, 우울, 불안 등의 정서·심리적 증상과 가슴에서 무언가 치밀어 오름, 답답함, 상복부에 덩어리가 있는 것 같음, 상복부 열감, 두통, 항강 등의 신체화 증상을 갖는 환자들로 설정하였다.

2. 실험도구

진단기기인 TAS9(한일메디텍, 2005년)을 이용하여 심혈관 진단을 위한 가속도 맥파(APG)를 왼손 검지에서 측정하였다.

석사학위 논문, 2002

4) 전종귀 전병화 김일근 : 지구성 운동이 자연발생 고혈압 흰쥐의 대동맥벽 두께, 호르몬 및 혈압에 미치는 효과. 한국운동과학회, 1999 8(2): p.135-148.

5) 김일근 : 유산소성 운동 후 혈관탄성의 반응, 한국운동생리학회(구-한국운동과학회),운동과학, 2002; p.384 .

6) Jorn Rittweger · Hans Schiessl · Dieter Felsenberg : Oxygen uptake during whole-body vibration exercise. comparison with squatting as a slow voluntary movement, European Journal of Applied Physiology, 2001, 86: pp.169-173.

진동 플레이트 위에서 다양한 운동을 실시한 결과 산소섭취량과 심박수가 20-40%정도 증가하였다. 이는 진동 전신진동운동이 유산소운동으로서의 효과를 가지고 있음을 보여주는 결과이다.

turbosonic WBV는 기존의 회전모터방식이 아닌, 고성능 앰프 음향기기와 신자기회로를 채택한 정밀 수직 Hi-end-turbosonic을 결합, 적용함으로써 음파를 이용한 진동운동을 실현시킨 것이다. 10Hz에서 산소섭취량이 가장 높게 나온 실험 결과⁷⁾에 근거하여 본 실험에서도 vibration을 10Hz로 하고 volume을 1단계로 하여 시행하였다.

3. 실험통제

본 연구의 가설을 검증하기 위한 실험에서 다음과 같이 통제하였다.

첫째, 실험실의 온도는 23-27℃, 습도는 50-60%로 통제하였다.

둘째, 측정 전 최소 3시간 전에는 알코올, 카페인 음료의 섭취를 통제하였다.

셋째, 검사 2시간 전 식음료를 통제하고 배뇨를 하도록 하였다.

넷째, 검사 1시간 전 심한 운동 및 신체활동을 통제하였다.

다섯째, 측정 중에는 잠을 자거나 대화를 하지 않도록 하며, 측정 화면보다는 다른 곳을 응시하도록 하였다.

4. 실험과정

TAS9으로 혈관 탄성도를 측정한 후 turbosonic WBV를 10분간 하고 15분간 휴식을 취한다. 다시 TAS9으로 혈관

탄성도를 측정하여 변화를 관찰한다

5. 분석방법

microsoft office excel 2003(11.6560.6568) sp2의 t-검정: 쌍체 비교로 자료를 분석하였다.

Ⅲ. 本論

1. 실험 결과

이름 성별/나이	시술전 數值	시술후 數值	數值變化 값
1. 김○○ F/77	-79	-78	+1
2. 안○○ F/65	-60	-60	0
3. 이○○ F/52	-48	-51	-3
4. 곽○○ M/41	-36	-26	+10
5. 박○○ F/39	-30	-23	+7
6. 천○○ F/42	-34	-24	+10
7. 최○○ M/63	-39	-47	-8
8. 추○○ M/35	-30	-22	+8
9. 김○○ F/24	-34	-30	+4
10. 송○○ M/48	-36	-33	+3

7) 임용택 : 터보소닉 음파진동운동기의 유산소성 운동효과에 관한 임상실험 보고서, 고려대학교 부설 스포츠과학연구소, 2005, pp.3-5.

11. 노○○ M/64	-60	-55	+5
12. 송○○ F/51	-41	-42	-1
13. 신○○ F/44	-47	-39	+8
14. 양○○ F/30	-45	-40	+5
15. 윤○○ F/67	-50	-50	0
16. 이○○ M/35	-23	-19	+4
17. 하○○ M/23	-37	-44	-7
18. 이○○ F/26	-23	-15	+8
19. 정○○ M/47	-31	-22	+9
20. 이○○ F/27	-20	-26	-6
21. 최○○ F/53	-31	-31	0
22. 이○○ F/32	-36	-26	+10
23. 김○○ F/41	-29	-31	-2
24. 심○○ M/26	-27	-30	-3
25. 배○○ M/26	-30	-19	+11
26. 김○○ M/30	-13	-15	-2

표1. 실험결과표(P<0.023)

數值變化값 平均 : 2.73

t-검정: 쌍체 비교로 분석한 결과 P<0.023이 나와 어느 정도 유의성이 있음을 보여준다.

TAS9으로 측정된 혈관탄성도는 -30 이상이 정상 범위에 속하나, 피실험자의 측정 결과 대부분 -30이하의 비정상 범위에 속하였다. turbosonic WBV를 10분간 한 후 다시 측정해 보니 15명이 혈관탄성도가 증가하였고 그중 10명은 정상 범위로 진입하였다. 3명은 변화가 없었고, 8명은 오히려 감소하였다.(표1)

피실험자의 turbosonic WBV 시행 전 혈관탄성도 평균은 -37.27이었고, 시행 후 혈관탄성도 평균은 -36.08이었다. 수치변화값의 평균은 2.73으로 turbosonic WBV 시행이 혈관탄성도를 증가시킴을 알 수 있다.

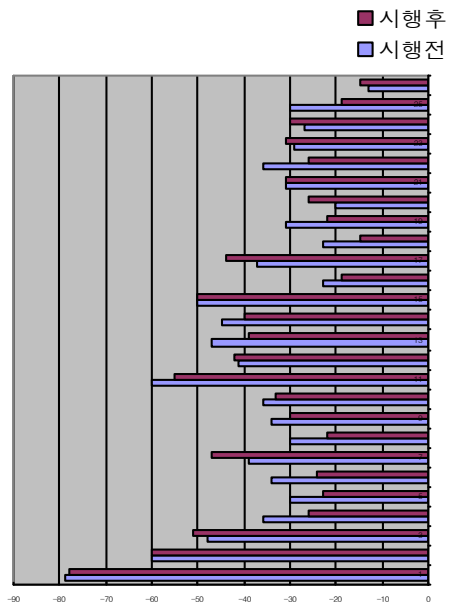


그림 1. 실험시행 전후 수치비교

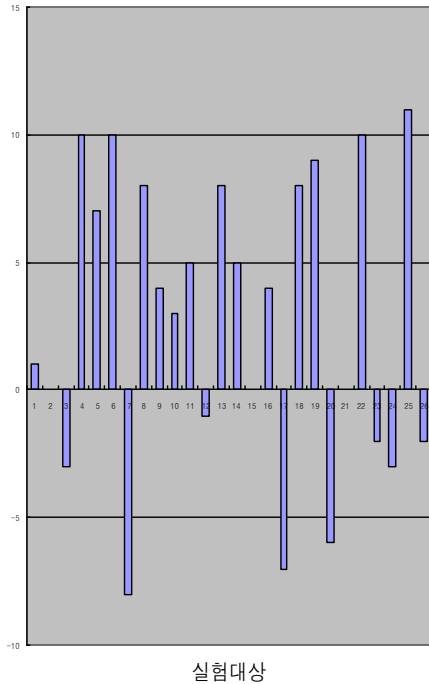


그림 2. 수치변화값

2. 성별 수치 변화 비교

성별	인원 수	시술 전 수치 평균	시술 후 수치 평균	수치변화 값 평균
남	11	-32.9	-30.2	+2.727
여	15	-40.5	-37.7	+2.733

표2. 성별수치값 변화

성별로 구분해 본 결과 남성의 수치 변화값 평균은 2.727이고, 여성의 수치 변화값 평균은 2.733으로 turbosonic WBV 시행 후 혈관탄성도가 증가하는데 있어서 남여의 차이가 거의 나타나지 않았다.(표2, 그림3)

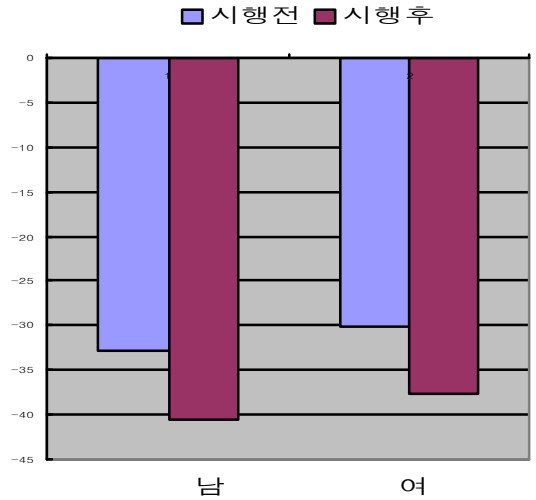


그림 3. 성별 수치변화값

3. 연령대별 수치변화 비교

연령대 별로 살펴보면, 20, 30, 40, 70대에서는 혈관탄성도가 증가하였으나, 50, 60대에서는 오히려 혈관탄성도가 감소하는 경향을 나타냈다. 혈관탄성도가 가장 많이 증가한 연령대는 40대로 +6.3의 변화를 보였고, 혈관탄성도가 많이 감소한 연령대는 50대로 -1.3의 변화를 보였다.(표3)

그룹	연령	인원수	시술 전 수치 평균	시술 후 수치 평균	변화값 평균
1	20대	남3 / 여3	-28.5	-27.3	+1.2
2	30대	남3 / 여3	-29.5	-24.2	+5.3
3	40대	남3 / 여3	-35.5	-29.2	+6.3
4	50대	/ 여3	-40	-41.3	-1.3
5	60대	남2 / 여2	-52.3	-53	-0.7
6	70대	/ 여1	-79	-78	+1

표3. 연령별 수치값 변화

4. SP와 RBV

SP(Stress Power, 심박출 강도)는 심장의 초기 수축기에 좌심실에서 혈액을 분출하는 힘을 의미하는 것으로, 혈관벽의 팽창을 직접적으로 반영하고, 동맥의 탄성 변화를 나타낸다.

RBV(Remained Blood Volume, 정맥내 잔혈량)은 심장 말기 수축기에 정맥 내에 남아있는 혈류량을 의미하는 것으로, 나이에 따른 혈관 탄성도와 연관이 있다.

TAS9으로 함께 측정된 SP와 RBV를 살펴보면, SP는 시술 전 수치 평균이 -82이고, 시술 후 수치 평균이 -85로 정상 범주(-90이하)에는 미치지 못하나 약간의 호전 수치를 나타내었다. 또한, RBV는 -21에서 -19로, 이 역시 정상 범주(-10 이상)에는 속하지 못하나 수치 변화는 정상에 보다 가까워졌다.

SP와 RBV 모두 혈관 탄성도와 연관이 있는 것으로, 실험 결과 역시 혈관 탄성도처럼 호전되는 것으로 나타났다.(표4)

SP / RBV	시술 전 수치 평균	시술 후 수치 평균
SP(Stress Power, 심박출 강도)[-<90]	-82	-85
RBV(Remained Blood Volume, 정맥내 잔혈량)[>-10]	-21	-19

표4. SP와 RBV의 수치 평균

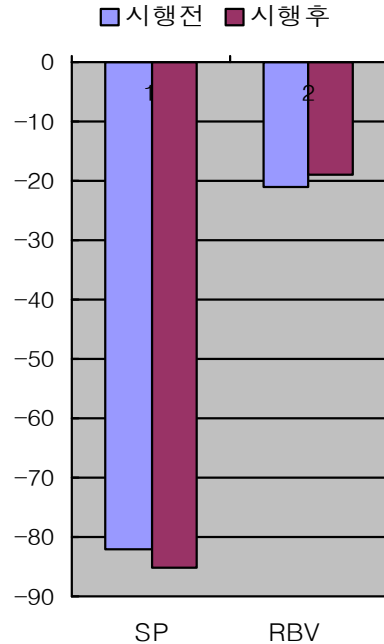


그림 4. SP와 RBV의 수치변화비교

IV. 考察

1. 스트레스

스트레스⁸⁾는 캐나다의 내분비학자 H. 셀리에가 처음으로 명명하였다. 해로운 인자나 자극을 스트레스(stressor)라 하고, 이때의 긴장상태를 스트레스라고 한다.

스트레스로 인해 나타나는 일반적인 증상은 다양하지만, 크게 4가지 범주

⁸⁾ 유미선 : 과로 스트레스에 의한 뇌심혈관 질환 예방 관리, 대한산업보건협회, 2005

로 나눌 수 있다. 우선, 신체적 증상으로 피로·두통·불면증·근육통이나 경직(특히 목, 어깨, 허리), 심계항진, 흉부통증, 복부통증, 구토, 전율, 사지냉감, 안면홍조, 땀, 자주 감기에 걸리는 증상이 나타난다. 정신적 증상에는 집중력이나 기억력 감소, 우유부단, 마음이 텅 빈 느낌, 혼동이 오고 유머 감각이 없어진다. 감정적 증상으로는 불안, 신경과민, 우울증, 분노, 좌절감, 근심, 걱정, 불안, 성급함, 인내부족 등의 증상이 나타난다. 행동적 증상에는 안절부절함, 손톱 깨물기, 발떨기 등의 신경질적인 습관, 먹는 것, 마시는 것, 흡연, 울거나 욕설, 비난이나 물건을 던지거나 때리는 행동이 증가한다. 본 실험에 참가한 대상자들은 대부분 두통, 항강, 심계항진, 우울증 또는 분노의 증상을 가지고 있었다.

2. 혈관탄성

심장의 좌심실에서 혈관이 나와 대동맥이 되고, 점차 가지를 쳐서 세동맥, 모세혈관, 세정맥이 되며, 점점 모여서 굵은 정맥이 되어 우심방으로 들어간다. 사람의 혈관을 일직선으로 연결한다고 하면 약 10만km에 달하며, 지구를 두 바퀴 반 정도 도는 거리에 해당한다. 이들 혈관의 內腔은 하나의 달린 방으로 연결되어 있으나, 혈관벽의 구조는 부위에 따라 다르다. 동맥의 벽은 내막·중막·외막의 세 층으로 되어 있다. 내막은 내피세포와 이것을 덮고 있는 탄력성 섬유로 되었고, 중막은 탄력성 섬유와 고리 모양

의 민무늬근으로 되어 있다. 외막은 주로 혈관과 주위의 조직을 연결하는 결합조직으로 되어 있다.

동맥 중에서도 대동맥이나 폐동맥과 같이 굵은 동맥에서는 벽의 탄력성 섬유가 잘 발달되어 있으므로 탄성이 풍부하다. 따라서, 심실에서 밀려나온 혈액에 의하여 혈관벽이 넓어지고, 넓어진 내강에 혈액이 괴지만, 심장으로부터의 박출이 끝나도 스스로의 탄성에 의하여 말초에 권 혈액을 押流시킴으로 단속적인 血流을 연속적으로 흐르게 한다. 동맥이 차차 가지를 쳐서 가느다랄게 된 세동맥에서는 혈관벽의 민무늬근이 잘 발달해 있다. 이 근의 긴장상태를 변화시킴에 따라서 혈관의 內徑이 변하고, 그 결과 혈류에 대한 저항이 현저하게 변한다. 이와 같이 하여 세동맥은 혈류를 조절하게 되지만, 동시에 혈압의 변화를 일으키는 가장 중요한 인자가 된다.

예를 들면, 전신의 세동맥이 수축하면 저항이 현저하게 높아지는데, 그 저항을 이기고 혈액을 흐르게 하기 위하여 혈압이 상승한다. 이것이 고혈압의 발생과정이다. 또한, 이 민무늬근에는 신경이 와 있으므로 근의 긴장상태를 변화시키고 있다. 이와 같은 신경을 혈관운동신경이라고 하며, 이 신경섬유에는 노르아드레날린을 분비하여 혈관을 수축시키는 것과 아세틸콜린을 분비하여 혈관을 확장시키는 것이 있다. 세동맥이 다시 가지를 쳐서 가느다랄게 된 것을 모세혈관이라고 한다. 이곳에서는 근세포나 결합조직도

없고 내피세포만으로 되어 있으므로 혈액은 얇은 내피세포를 중개로 하여 조직과 접하게 되어, 혈관 내외의 물질 교환에 편리한 구조로 되어 있다. 모세혈관의 기본적인 구성은 세동맥에서 後細動脈이 되는데, 여기에는 아직 주위에 민무늬근이 있다. 이 후세동맥으로부터 민무늬근이 없는 모세혈관이 분기하는데, 그 분기부에서는 민무늬근이 특히 발달하여 前毛細血管括約筋이라고 하며, 혈류를 조절한다. 후세동맥은 세동맥에서 세정맥으로 직통하는 통로와 같은 것으로, 조직이 활동하지 않고 있을 때에는 혈액은 거의 이곳만을 흐르게 된다. 그러나 조직이 활동을 시작하면 전모세혈관 괄약근이 이완하여 모세혈관에도 혈액이 흐르게 되어 혈류가 현저하게 증대한다.

모세혈관에도 신경이 와 있어 혈류를 조절하지만, 가장 중요한 것은 대사산물이다. 예를 들면, 조직의 활동이 왕성해지면 이산화탄소나 젖산[乳酸]이 축적되고, 이것이 혈관을 확장시켜 혈류를 증가시킨다. 침샘 등의 분비선의 활동이 높아지면 브라디키닌이 분비되고, 이것이 혈관을 확장시킨다. 또 혈관이 손상을 입으면 혈소판에서 세로토닌이 유리하여 혈관을 수축시키고 지혈을 돕는다. 모세혈관에서의 물질 교환은 농도 차에 의하여 이루어진다. 예를 들면, 혈액 속의 고농도의 산소는 조직액으로 확산되어 가고, 조직액 속의 고농도의 이산화탄소는 혈액 속으로 들어간다. 이 확산을 다시 능률적으로 진행시키기 위해 혈관 내외의

수분의 이동이 있다. 그것은 모세혈관 내의 혈액과 조직액과의 사이에 압력차가 있기 때문이며, 모세혈관의 동맥측에서는 혈액의 압력이 높으므로 수분이 혈관 내에서 밖으로 흘러나가고, 정맥측에서는 조직액의 압력이 높으므로 수분이 밖에서 혈관 내로 흘러들어가게 된다. 정맥은 내층·중층·외층의 세 층으로 되는데, 민무늬근과 탄력섬유가 적고 결합조직이 많기 때문에 탄력성이 작다. 이 때문에 약간의 내압의 증가로도 잘 신전한다. 이것은 혈액저장소의 역할을 한다는 것을 뜻한다. 실제로 순환혈액량의 약 60%가 정맥계에 있다. 그러나 한편으로는 탄력이 없기 때문에 중력의 영향을 무시할 수가 없다. 예를 들면, 다리의 정맥에서는 혈액의 정수압으로 인하여 내강이 팽대하여 터지겠지만, 정맥의 내강의 군데군데에 정맥판이 있어서 혈액의 저류를 방지하고 있다.

혈관계에 있어 중요한 특징은 모든 혈관계가 팽창할 수 있다는 것이다. 팽창력은 동맥에 압력이 있을 때 증가한다. 이러한 동맥의 팽창으로 혈관저항이 감소하게 되어 혈류의 흐름을 효과적으로 진행시킬 수 있도록 한다. 즉 압력이 증가하면 혈관은 팽창하여 혈관저항을 감소시켜 혈류의 흐름이 원활해지기 때문이다. 또한 혈관의 신전성은 순환계 기능의 중요한 규칙을 수행한다. 예를 들면 동맥의 자연스러운 팽창은 심장의 박동과 평균 맥압에 순응한다. 이것은 모든 조직에 혈액을 원활하게 공급하고, 매우 작은 조직의

말초혈관까지 혈액을 지속적으로 공급하게 한다. 가장 많이 팽창을 하는 혈관은 정맥으로, 적은 압력의 증가로 0.5~1L에 혈액 축적이 증가한다.

이와 같은 혈관탄성은 연령이 증가함에 따라 탄성이 감소되고 혈류량이 증가하여, 압력이 상승할지라도 혈관은 팽창하지 않는다. 이러한 문제는 30~40대부터 시작되어지고, 혈관 내피세포의 퇴행성 변화나 내피세포에 섬유질과 칼슘의 축적⁹⁾ 또는 지방의 축적 등의 혈관의 구조와 기능의 변화로 경화가 진행되며 혈관순환계 관련 질환이 발생하게 된다¹⁰⁾.

유산소성 운동이 혈관순환계에 관련된 동맥경화, 고혈압, 당뇨 등의 질환 개선에 효과적이라는 보고¹¹⁾와 말초혈관 저항 감소 및 혈관탄성을 회복시킬 것으로 보고된 바 있다.¹²⁾ 따라서 최근의 연구동향은 본 연구와 같이 운

동이 혈관탄성의 변화에 어느 정도 영향을 주는지에 대한 연구가 진행되고 있으며, 운동 후 혈관탄성의 변화와 심혈관 질환의 개선과의 상관성에 대한 연구 보고도 이루어지고 있다. 이러한 연구들은 중량 트레이닝 선수와 일반인의 혈관탄성과 비교한 연구¹³⁾, 자전거 에르고메타를 이용하여 혈관저항과 탄성에 관한 연구¹⁴⁾, 고혈압이나 단일 집단을 대상으로 유산소성 운동을 통한 혈관탄성에 관한 연구¹⁵⁾¹⁶⁾는 운동 후 모두 혈관의 탄성 회복에 긍정적인 결과를 제시하고 있다는 점에서 유사하다.

이와 같이 유산소성 운동 후의 혈관탄성의 변화는 운동 중 혈류량이 증가로 혈관 압력이 증가와 혈관이 팽창하게 되고(Alan 등, 2001; Jacques,

9) Gibbons, G. H., Pratt, R. E., Dzau, V. J. : Platelet-derived growth factor isoforms differ in mitogenic effect on adult vascular smooth muscle cells, *Circulation*, 1989

10) Jacques, Roland, Saliha, Gerard M., Michel E. : Aortic Pulse Wave Velocity as a Marker of Cardiovascular Risk in Hypertensive Patients, *American Heart Association, Hypertension*, 1998, 33; pp.1111-1117.

11) American College of Sport Medicine : ACSM's Guidance for Exercise Testing and Prescription, 5th edition, 1995

12) Alan, R, Ehtasham, Q., Mara, B., George R, Giora, P., George A. : Peripheral Arterial Responses to Treadmill Exercise Among Healthy Subjects and Atherosclerotic Patients. *Circulation*, 2001, 106; pp.2084-2089.

13) David A. Tamara K., Christoph D., Gatzka, James D., Anthony M., Brownyn A. : Muscular Strength Training is Associated with low Arterial Compliance and High Pulse Pressure. *Hypertension*. 1999, 33; pp.1385-1391.

14) Margo, JP., Westerhof, N., Giolma, JP., Altobelli, SA : Effect of exercise on aortic input impedance and pressure wave forms in normal humans. *Circulation Research*, 1981, 48; pp.334-343.

15) 전종귀, 전병화, 김일곤 : 지구성 운동이 자연발생고혈압 흰쥐의 대동맥벽 두께, 호르몬 및 혈압에 미치는 효과, *한국운동과학회*, 1999, 8(2); pp.135-148.

16) Cade, R, Mars, D., Wagemaker, H., Zauner, C., Packer, D., Privette, M., Cade, M., Peterson, J., and Hood_Lewis, D. : Effect of aerobic exercise training on patients with systemic arterialhypertension. *Am. J. Med.*, 1984, 77; pp.785-790.

1998) 또한 교감신경계의 활성화를 가져와 운동 후 교감신경계가 운동 전보다 안정적이기 때문에 혈관탄성에 긍정적인 영향(Arai 등, 1989; Shen 등, 1994)을 줄 것으로 보고 있다. David, (1999), Margo(1981), Cade 등(1984), 이종호(2002) 등이 보고한 운동 후의 긍정적인 혈관탄성의 회복은 혈관순환계의 문제로 발생할 수 있는 고혈압, 당뇨, 관상동맥질환, 뇌혈관질환 등의 성인질환을 예방할 수 있을 것으로 보고하고 있다.

3. 음파진동기 (turbosonic whole body vibration)

전신진동운동(WBV; whole body vibration)은 1990년대 후반 들어 근기능 트레이닝 분야에 새롭게 도입되어 현재는 유럽을 중심으로 미국과 일본 등의 많은 프로 스포츠팀, 휘트니스 센터, 재활클리닉 등 다양한 분야에 널리 적용되고 있는 새로운 트레이닝 방법이다. 전신진동운동은 본래는 골다공증 환자들을 위한 골밀도 향상용 운동기구로 개발되었으나 최근 들어 안전하고 편리하면서도 근육기능 향상, 골밀도 향상, 산소섭취량 증가, 혈류량 증가, 체지방율 감소와 같이 근골격계 뿐만 아니라 순환계, 내분비계 등에 골고루 긍정적인 영향을 미친다는 연구결과가 발표되어 새로운 운동-트레이닝 처방 방법으로 그 관심이 증대되고 있다. 우리나라에 전신진

동운동 장비가 소개된 것은 2002 월 드컵 축구 대표팀 감독이었던 Guus Hiddink가 파워프로그램의 일환으로 도입한 것이 최초라 할 수 있으며, 그 이후에는 주로 비만클리닉이나 통증클리닉을 중심으로 사용되고 있다.

1) 전신진동운동의 기전

현재까지 이루어진 전신진동운동에 관한 연구들에서 그 기전에 관해 명확하게 분석한 연구는 없다고 해도 과언이 아닐 것이다. 따라서 선행연구들에서 부분적으로 제시한 전신진동운동의 기전들을 요약 및 정리하면 다음과 같다.¹⁷⁾

트레이닝 자극에 대한 적응현상은 반복적인 운동에 의해 일어나는 운동부위 근골격계의 변화에 의해 발생한다. 일반적으로 중량부하운동에 대한 적응은 신경적 요인과 근육적 요인에 의해 일어나게 되는데, 적응의 초기 단계에는 신경적 요인의 발달에 기인하는 반면에 운동이 장기간 지속될 경우에는 근육적인 측면이 보다 중요한 요인으로 작용하게 된다.

특정 운동자극에 대한 점프력과 같은 폭발적인 파워를 발현하는 능력의 향상이나 그에 상응하는 생물학적 적응 기전에 대해서는 아직 명확하지 않다.

중력은 일상생활이나 트레이닝 중 근육의 구조적 발달을 일으키는 기계적

17) 임용택 : 새로운 운동-트레이닝 처방 방안으로서 전신진동운동에 관한 연구, 고려대학교 부설 스포츠과학연구소, 2005, p.3.

자극의 중요한 요인으로 작용한다. 근력이나 파워의 발현을 향상시키기 위한 운동 프로그램들은 중력가속도 (gravitational acceleration)의 신속하고 격렬한 변인들로 수행되는 운동들로 이루어져 있다(Bosco, 1992)¹⁸⁾. 이러한 관계에서 볼 때 웨이트 자켓을 착용하는 것과 같이 과중력 (hypergravity) 상태를 만들어 줌으로써 근육의 폭발적인 파워를 향상시키는 훈련방법들이 사용되어져 왔으며, 이러한 중력상태의 변화는 전신에 기계적인 진동을 제공하는 방법으로도 적용시킬 수 있다. 이상과 같은 측면을 고려할 때 전신진동운동을 신체활동이 왕성한 사람들에게 적용하는 것이 근육의 기계적 작용에 영향을 미칠 것이라는 가정이 성립한다.

이러한 사실들에 근거할 때 전신진동운동 처치가 신경계 기능의 강화와 관련된 생물학적 적응을 유발한다고 설명할 수 있을 것이다. 따라서 진동운동에 의해 발생하는 생물학적 기전이 점프나 플라이오메트릭(plyometric) 트레이닝과 같은 폭발적인 파워를 향상시키는 트레이닝의 실시에 의해 나타나는 효과와 비슷한 결과를 보이게 된다고 말할 수 있다. 사실 이러한 내용들은 특정 트레이닝에 의해 영향을 받게 되는 첫 번째 조직이 특정신경요인

과 그에 따른 고유수용체의 피드백 기전이라는 일반적인 사실과 일치하는 것이다(Bosco, Komi, Pulli, Pittera & Montonen, 1981)¹⁹⁾.

고신전부하(high stretching loads)를 이용한 트레이닝은 신전반사(stretch-reflex)를 발달시키고, 골지건기관(GTO; golri tendon organ)의 흥분역치를 상승시킨다. 골지건기관의 흥분역치 상승은 신전 단계(eccentric phase) 동안 더욱 많은 양의 운동단위가 개입될 수 있는 가능성을 높여준다(Bosco & Komi, 1981)²⁰⁾. 이뿐만 아니라 운동단위의 폭발적인 파워 트레이닝은, 예를 들어 운동단위의 동시 활성화(synchronisation activity)를 증가시키는 것과 같은 신경계 활성화에 영향을 미치게 되며, 협력근의 동반 수축능력을 증가시키고, 길항근의 작용을 억제하는 능력을 향상시킨다. 비록 대부분의 경우 폭발적인 파워 트레이닝 후의 신경근 활성화 능력의 향상은 내부적인 기전에 의한 것이라 할지라도, 진동처치가 고유수용기 피드백 기전을 발달시키고, 따라서 전신진동운동 후에 점프와 같은 파워 발현시 수행력을 향상시키는 것이다. 다른 측면

¹⁸⁾ Bosco, C. : The effects of extra-load permanent wearing on morphological and functional characteristics of leg extensor muscles, Published Doctoral Thesis, Universite Jean-Monnet de Saint Etienne, France, 1992

¹⁹⁾ Bosco, C., Komi, PV., Pulli, M., Pittera, C. & Montonen, H. : Considerations of the training of the elastic potential of the human skeletal muscle, IFVB Official magazine, 1981, 2, pp.22-30.

²⁰⁾ Bosco, C. & Komi, PV : The influence of vibration on muscle fiber composition of human leg extensors muscles, Eur J Appl Physiol, 1981, 41, pp.275-284.

에서 보면 전신진동운동 후 특정 종목에서 순발력 발현의 향상폭이 적은 것은 고유수용기 피드백 기전이 그 종목에 그리 큰 영향을 미치지 않는다고 할 수 있을 것이다. 사실 점프능력은 자의적인 근육동원능력과 하체 신전근의 근섬유 구성비에 의해 주로 영향을 받는다(Bosco, 1999a)²¹⁾. 신전반사가 경직성 제어(stiffness regulation)에 영향을 미치고 근방추와 골지건기관이 근육의 길이와 장력을 능동적으로 제어한다는 데 대해서는 의심의 여지가 없다. 결론적으로 전신진동운동 처치는 근신경계의 기능과 특성의 변화에 큰 영향을 미침으로써 근육의 길이와 장력의 제어를 통해 근육의 경직을 제어하게 되는 것이다.

진동자극을 받는 동안 인체와 골격근은 근육길이의 작은 변화들을 경험하게 된다. 척수반사 흥분능력의 축진은 대퇴사두근에 대한 진동자극을 통해 일어날 수 있다. 진동이 모든 운동신경 유입에서 짧은 방추-운동신경 연결고리(short spindle-motorneurons connections)를 통해 흥분성 자극의 흐름을 야기한다는 가능성에 대해서는 Lebedev & Peliakov(1991)²²⁾에 의해

21) Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O. : Influence vibration on mechanical power and electrogram activity in human arm flexor muscle, *Eur J Appl Physiol*, 1999a, 79, pp.306-311.

22) Lebedev, M. A. & Peliakov A. V. : Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration(in Russian). *Neirofiziologia*. 1991, 23, pp.57-65.

밝혀진 바 있다. 또한 진동자극이 Ia loop을 통해 α -운동신경을 조절하여 운동성 흥분의 감소 없이 힘을 발현하게 된다. Burke, Schutten, Kocaja & Kamen(1996)²³⁾은 진동반사(vibration reflex)가 α -운동신경에 강력하게 작용하며, 자의적인 근수축을 수행할 때와 동일한 대뇌 수질에서 나온 원심성 경로를 이용하지는 않는다고 하였다. 또한 Kasai, Kawanishi & Yohagi(1992)²⁴⁾는 진동자극으로 인해 야기된 근방추 수용기의 활성화는 직접적으로 진동자극을 받은 부위의 근육 뿐만 아니라 주변의 근육에까지도 영향을 미친다고 하였다. 근복부(muscle belly)나 건에 대한 기계적 진동자극(10-200Hz)은 반사적 근수축을 일으키게 되는데, 이러한 반응을 강직성 진동반사(TVR; tonic vibration reflex)라 한다(Bosco et al, 1999b)²⁵⁾.

이상에서 보는 바와 같이 전신에 대한 다양한 진동자극은 근육조직과 신

23) Burke, J. R., Schutten, M. C., Kocaja, D. M. & Kamen, G. : Age dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response, *Arch Phys Med Rehabil*, 1996, 77, pp.600-604.

24) Kasai, T., Kawanishi, M. & Yohagi, S. : The effect of wrist muscle vibration on voluntary elbow flexion-extension movements, *Exp Brain Res*, 1992, 90, pp..217-220.

25) Bosco, C., Colli, R., Introini, E., Cardinale, O., Tsarpela, A., Madella, J., Tihanyi, J. & Viru, R. : Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*, 1999b, 19, pp.183-187.

경조직 모두에 새로운 적응을 일으킴으로써 근력이나 순발력과 같은 근기능을 향상시키는 것으로 나타났다.

2) 전신진동운동에 관한 선행연구 고찰

(1) 전신진동운동이 근기능 향상에 미치는 효과

4분에 걸친 단 1회의 전신진동운동만으로도 하지근의 근력과 파워가 향상되었으며, 평형성 또한 향상되었다는 연구²⁶⁾, 전신진동운동의 일회성 처치가 다리근육의 파워와 수축 속도의 향상에 영향을 미친다는 Bosco 등(1999a)²⁷⁾의 연구, 팔의 굴곡근에서 EMG상의 EMG/power(W) 비율이 감소했는데, 이것은 근신경계의 능률이 강화된 현상을 보여준 것으로 전신진동운동이 근신경계의 적응을 가져온다는 Bosco 등(1999)²⁸⁾의 연구가 있다.

이러한 일회성 효과 이외에도 90초

간 5세트의 전신진동운동을 10일간 실시한 결과 수직점프능력이 향상되었다는 Bosco, Cardinale, Tsarpela, Colli, Tihanyi, Duvillard & Viru(1998)²⁹⁾의 연구, 3주 동안의 전신진동운동을 포함한 근력강화 트레이닝이 그렇지 않은 트레이닝 보다 괄목할 만한 근력의 증가를 가져왔다는 Issurin, Liebermann & Tenenbaum(1994)³⁰⁾의 연구, 4개월간의 전신진동운동을 통해 점프력이 8.5% 증가하였으며, 2개월 후 하지근의 신근력이 3.7% 증가하였다는 연구(2002)³¹⁾ 등이 있다. 또한 고령자를 대상으로 한 연구에서는 12주간의 전신진동운동 실시 후 나타난 근력의 증가로 인해 의자에서 일어나는 테스트의 수행 속도가 18%나 향상되었다는 Runge, Rehfield & Resicek(2000)³²⁾의 연구결과도 있다. 한편, 웨이트트레이닝을 실시한 집단과 전신진동운동을 실시한 집단을 비

²⁶⁾ Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance : Clinical Physiology and Functional Imaging, 2002, 22(2), pp.145-152.

²⁷⁾ Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O. : Influence vibration on mechanical power and eletrogram activity in human arm flexor muscle, European Journal of Applied Physiology, 1999, 79, pp.306-311.

²⁸⁾ Bosco, C., Colli, R., Introi, E., Cardinale, O., Tsarpela, A., Madella, J., Tihanyi, J. & Viru, R. : Adaptive reponses of human skeletal muscle to vibration exposure, Clin Physiol, 1999, 19, pp.183-187.

²⁹⁾ Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O., Colli, R., Tihanyi, J., Duvillard, S. P & Viru, A. : The Influence of whole body vibration on jumping performance, Biol Spor, 1998, 15, pp.157-164.

³⁰⁾ Issurin, V. B., Liebermann, D. G. & Tenenbaum, G. : Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. J Spor Sci, 1994, 12, pp.562-556.

³¹⁾ Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance : Medicine & Science in Sports & Exercise, 2002

³²⁾ Runge, M., Rehfeld, G. & Resnicek, E. : Balance training and exercise and geriatric patient. J Musculoskelet. 2000,1, pp.61-65.

교한 결과 근력은 두 집단 모두에서 비슷한 정도로 증가하였으나, 파워를 측정하는 기준이 되는 점프테스트에서는 전신진동운동 집단만 유의하게 증가³³⁾하였고, 전신진동운동 실시 전·후 레그프레스를 실시한 결과 평균속도(average velocity), 평균힘(average force), 평균파워(average power) 등이 모두 유의하게 증가하였다는 연구³⁴⁾결과도 있다. 이러한 결과들은 전신진동운동의 단기, 장기간의 적용에 대한 근신경계의 적응을 보여주는 것이다.

근육의 전체적인 기능 향상에 초점을 맞춘 연구 이외에 전신진동운동의 실시에 따른 근세포의 변화를 살펴보면, 대퇴사두근에 진동 자극을 주었을 때 슬개근 반사의 민감도(Burke et al., 1996)³⁵⁾와 근방추 수용기의 활성화를 촉진시킨다고 하였다(Kasai et al., 1992)³⁶⁾. 이외에도 쥐를 대상으로 한 연구에서 전신진동운동이 골격근의 지

근과 속근을 증가시켰다고 보고하였고(Necking, Dahlin, Frieden, Lundborg, Lundstorm & Thornell, 1992)³⁷⁾, 쥐의 사지를 매달아 둔 상태에서 가자미근의 위축 방지 효과를 살펴본 결과 진동자극의 적용이 근육의 위축을 완전히 예방할 수는 없었지만 대조군에 비해 근위축 시간을 유의하게 지연시켰다고 보고하였다(Falempin & In-Albon, 1999).³⁸⁾

전신진동운동은 인체에 별다른 부담을 주지 않으면서도 인위적으로, 그리고 정량적으로 중력부하(gravitational load)를 조절하여 근육을 보다 빠르고 강하게 수축하도록 함으로써 근육에 새로운 자극을 가해 근기능을 향상시킨다. 따라서 근기능 강화 트레이닝을 지속적으로 해 온 사람들의 근육계에 새로운 형태의 자극을 줌으로써 추가적인 신경적응을 일으킬 뿐만 아니라 근섬유 자체의 형태적, 기능적 발달을 일으킴으로써 다양한 측면에서의 근기능 발달에 도움을 줄 수 있다.

(2) 전신진동운동이 순환계 및 골격계에 미치는 효과

33) Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training : Medicine & Science in Sports & Exercise, 2003

34) Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure / Clinical Physiology, 1999, 19(2), pp.183-187.

35) Burke, J. R., Schutten, M. C., Koceja, D. M. & Kamen, G. : Age dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response. Arch Phys Med Rehabil. 1996, 77, pp.600-604.

36) Kasai, T., Kawanishi, M. & Yohagi, S. : The effect of wrist muscle vibration on voluntary elbow flexion-extension movements. Exp Brain Res. 1992, 90, pp.217-220.

37) Necking, I. E., Dahlin, L. B., Frieden, J., Lundborg, G., Lundstorm, R. & Thornell, L. E. : Vibration induced muscle injury. An experimental model and preliminary findings. J Hand Surg. 1992, 17, pp.270-274.

38) Falempin, M. & Albon, S. F. : Influence of brief daily tendon vibration on rat soleus muscle in non-weight-bearing situation. J Appl Physiol. 1999, 87, pp.3-9.

전신진동운동은 근육과 주변조직을 발달시켜 근기능을 향상시킬 뿐만 아니라 순환계, 내분비계, 골격계에도 영향을 미친다. 이는 여러 선행 연구를 통해 확인할 수 있는데, Rittweger 등(2001)³⁹⁾은 진동플레이트 위에 올라서서 다양한 자세를 취하면서 진동자극을 줄 때와 그렇지 않은 때의 산소섭취량을 비교한 결과 가만히 서 있는 자세와 스쿼트 자세에서 모두 산소섭취량이 증가하였으며, 특히 서 있는 자세에서는 진동자극으로 인해 산소섭취량이 두 배 이상 증가하였다고 보고하였다.

또한 Doppler's sonography와 ultrasound를 이용하여 전신진동운동이 혈류량에 미치는 영향을 연구한 Kersch-Schinl 등(2001)⁴⁰⁾의 연구에서는 슬와부 동맥의 혈류속도가 6.5cm/s^{-1} 에서 13.0cm/s^{-1} 로 두 배 가량 빨라졌으며, 혈류저항지수 또한 유의하게 감소하였다고 하였는데, 이는 직업적으로 높은 Hz의 진동에 의해 말초혈액순환의 문제를 초래하는 것과는 전혀 반대로 나타났다.

한편, 만성요통환자들을 대상으로 3

개월 동안 전신진동운동을 실시한 결과 통증의 정도와 통증에 의한 생활상의 제약이 유의하게 감소하였다.⁴¹⁾

전신진동운동이 호르몬 분비의 변화에 미치는 효과⁴²⁾에 관해서도 연구되었는데, Bosco 등(2000)⁴³⁾은 14명의 20대 남성을 대상으로 60초 진동, 60초 휴식을 10회 반복한 후 호르몬 반응을 살펴본 결과 테스토스테론과 성장호르몬(GH) 분비는 증가하고, 코티솔의 분비량은 감소하여 고강도 웨이트 트레이닝을 실시했을 때와 유사한 결과를 나타냈는데, 이는 진동에 의한 자극이 점프와 같은 고강도의 파워 트레이닝을 하는 것과 유사하게 작용하기 때문이다. 또한 전신진동운동은 운동단위를 활발하게 활성화시킴과 더불어 주동근의 협응력을 향상시키고 길항근의 작용을 억제하는 신경적응을 유발하여 근육이 강력한 파워를 발현하도록 해 준다.

또한 폐경 후 여성 25명을 대상으로 6개월간 전신진동운동과 저항운동을 실시한 후 엉덩이 골밀도를 측정하고 저항운동집단에서는 실시 전과 후

39) Rittweger, J., Schiessl, H. & Felsenberg, D. : Oxygen uptake during whole-body vibration exercise : comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol.* 2001, 86, pp.169-173.

40) Kersch-Schinl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V. & Imhof, H. : Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol.* 2001, 21(3), pp.377-382.

41) Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise : *Spine*, 2002, 17, pp.1829-1834.

42) Hormonal responses to whole-body vibration in men : *European Journal of Applied Physiology*, 2000, 81: pp.449-454.

43) Bosco, C., Iacovelli, M., Tsaroela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A. & Viru, A. : Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol.* 2000, 81, pp.449-454.

유의한 차이가 나타나지 않았으나, 전신진동운동 집단 간의 골밀도는 유의하게 증가했다고 하였다(Sabine, Machteld, Christophe, Stephan, Dirk & Steven, 2004).⁴⁴⁾

한편 국내에서는 주로 전신진동운동이 에너지 대사나 비만에 미치는 효과에 관해 단 몇 편의 연구만이 이루어졌는데, 김진국(2000)⁴⁵⁾은 체지방율이 40% 이상인 30~50대 비만여성 12명을 대상으로 6주간 진동운동을 실시하게 한 후 체구성, 체력 및 혈중지질농도를 분석한 결과 체중, 체질량지수, 중성지방, 총콜레스테롤 등이 감소하였고, 배근력, 다리근 신전파워, 전신 반응속도, 민첩성 등이 유의하게 증가하였다고 하였으며, 전민석(2001)⁴⁶⁾이 유사한 연구에서 피부두겹집기법을 이용하여 측정한 상완삼두근부, 견갑골하부, 장골능 상부, 가슴부, 대퇴부, 하퇴부의 피하지방 두께가 유의하게 감소하였다고 하였다. 또한 문황운과 선우섭(2003)⁴⁷⁾은 진동운동 및 식이

병행요법이 비만 중년여성의 신체조성과 체력, 혈중지질에 미치는 영향에 관한 연구에서 체지방율과 VLDL이 유의하게 감소하였으며, 이진호, 방영진, 선우섭(2003)⁴⁸⁾은 강도별 진동운동시 에너지 대사의 변화에서 남·여 대학생 18명을 대상으로 다양한 자세에서의 진동운동시 에너지 대사를 관찰한 결과 강도(Hz)에 관계 없이 산소섭취량은 자전거 에르고메터를 이용한 최대운동시의 약 31.0%에 해당하고, 평균심박수는 58.0%, 수축기혈압은 83%, 혈중 젖산농도는 27% 정도라고 보고하였다.

3) 터보소닉 음파진동운동(Sonic whole-body vibration; SWBV)에 관한 실험 결과

터보소닉 음파전신진동운동기인 Sonic whole-body vibration은 기존의 전신진동운동기와는 달리 정밀한 수직 진동과 초당 진동수(Hz) 및 진동의 강약 조절이 가능한 새로운 개념의 진동운동기구이다. 이는 하체부위에만 진동을 주는 초기 방식의 진동운동기(시소타입-Gallileo2000®)이나 낮은 진동수에서의 운동이 불가능한 진동운

44) Sabine, V., Machteld, R., Christophe, D., Stephan, S., Dirk, V. & Steven, S. : Effect of 6-months whole body vibration training on hip-density, muscle strength and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study. Journal of Bone and Mineral Research, 2004, 19(3), pp.352-359.

45) 김진국 : 진동 트레이닝이 비만 중년 여성의 체력 및 혈중지질에 미치는 효과, 경희대학교 대학원 스포츠과학과 미간행 석사학위논문, 2000

46) 전민석 : 진동트레이닝이 비만중년 여성의 신체구성, 체력 및 혈중지질에 미치는 영향, 경희대학교 대학원 스포츠과학과 미간행석사학위논문, 2001

47) 문황운, 선우섭 : 진동운동 및 식이 병행요법이 비만중년 여성의 신체조성과 체력, 혈중지질에 미치는 영향, 제 39회 한국체육학회 학술발표회 논문집, 2001, pp.654-664.

48) 이진호, 방영진, 선우섭 : 강도별 진동운동시의 에너지 대사 변화, 한국학교체육학회지, 2003, 13(2), pp.95-104.

동기(회전진동모터 방식-Power plate®)와는 극명하게 차별화되는 기능으로서 선 자세에서 전신의 근육군을 고르게 운동시킬 수 있고, 또한 낮은 진동수에서의 큰 진폭을 이용한 운동도 가능하다.

(1) SWBV가 근육활동에 미치는 효과
2000년대 들어 새로운 근기능 트레이닝 방법으로 관심을 모으고 있는 전신진동운동은 선행연구들을 통해 근력과 근파워를 향상시켜 주는 것으로 나타났다. 특히 일부 근육군의 경우 전통적인 웨이트트레이닝과 비교한 연구에서도 오히려 전신진동운동을 실시한 집단에서 보다 큰 근력 향상을 보였다고 하였으며(Delecluse et al., 2003)⁴⁹⁾, 전신진동운동을 실시한 후 혈액 분석을 통해 호르몬 반응을 관찰한 연구에서도 GH와 testosterone의 분비가 증가하고 코티졸 농도가 감소하여 웨이트트레이닝을 실시했을 때와 동일한 반응을 보였다고 하였다(Bosco et al., 2000)⁵⁰⁾. 이 외의 많은 선행연구들을 종합해 보더라도 전신진동운동이 근육의 형태적, 기능적 향상에 영향을 미치는 것은 자명한 사실이라 할 수 있다.

49) Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S. : Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training, *Med Sci Spor Exer*, 2003, 35(6), pp.1033-1041.

50) Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarola, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A. & Viru, A. : Hormonal responses to whole-body vibration in men, *Eur J Appl Physiol*, 2000, 81, pp.449-454.

그러나 전신진동운동에서 진동을 유발하는 기전에 따라 그 효과는 판이하게 다르게 나타날 수 있다. 진동이 전신에 고르게 전달되는지, 또는 진동의 형태가 복합진동인지 정밀 수직 진동인지에 따라서도 트레이닝 되는 부위나 강도는 매우 다르게 나타날 수 있다.

① 각 진동수에 따른 부위별 근육의 활성화
SWBV는 정밀수직진동을 구현하여 직립자세에서 전신의 근육에 자극을 제공한다. 이는 직립자세에서의 진동이 주로 하체에 국한되는 다른 형태의 전신진동운동기와는 기능적으로 확연하게 구분되는 SONIC WHOLE BODY VIBRATION만의 특징으로서 근전도(EMG; electromyogram)를 이용한 진동수별 각 근육군의 활성화 정도를 실험한 결과 각 진동수에 따라 가장 큰 폭으로 활성화되는 근육군이 상이하게 나타났다.

각 진동수에 따른 부위별 근육의 활성화 정도는 다음 (그림 5)~(그림 14) 와 같다.

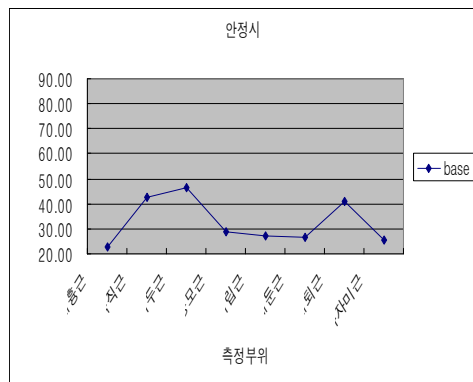


그림 5. 무진동시의 부위별 근전도

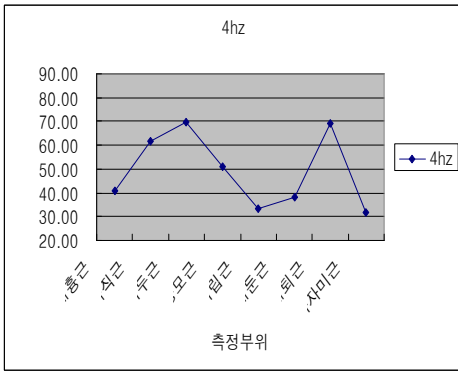


그림 6. 4Hz시의 부위별 근전도

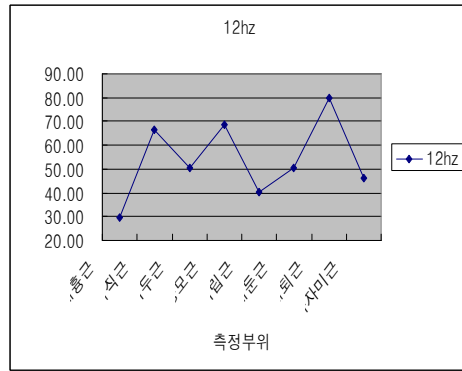


그림 9. 12Hz시의 부위별 근전도

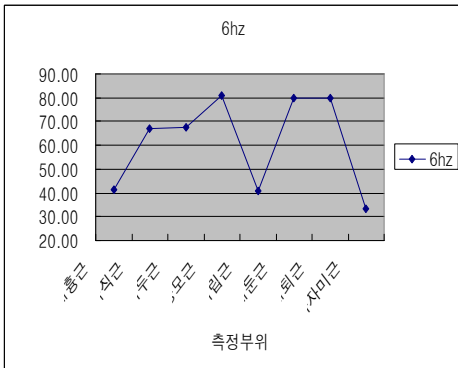


그림 7. 6Hz시의 부위별 근전도

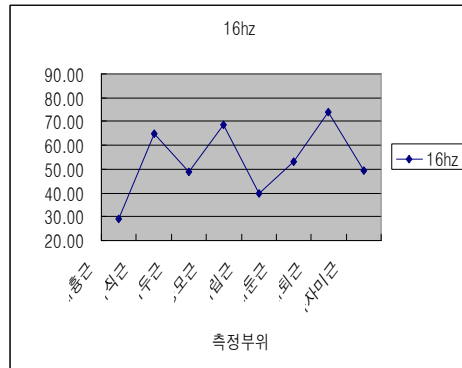


그림 10. 16Hz시의 부위별 근전도

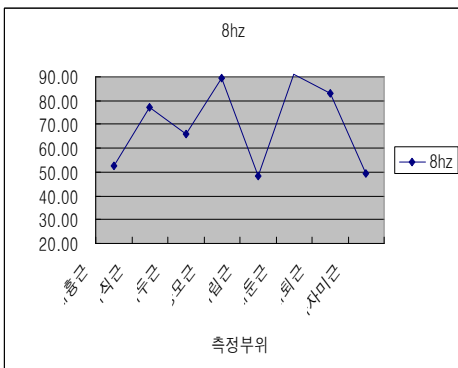


그림 8. 8Hz시의 부위별 근전도

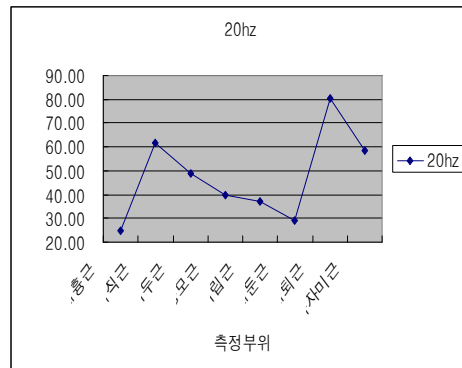


그림 11. 20Hz시의 부위별 근전도

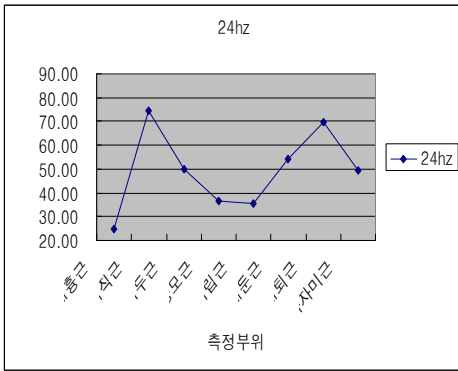


그림 12. 24Hz시의 부위별 근전도

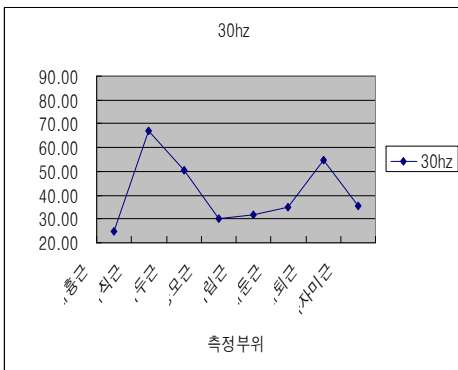


그림 13. 30Hz시의 부위별 근전도

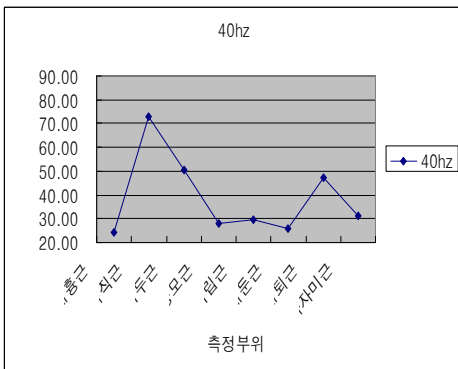


그림 14. 40Hz시의 부위별 근전도

위의 (그림 5) ~ (그림 14)를 정리해 보면 다음의 <표 5>와 같다.

진동수	활발하게 활성화된 근육
4Hz	대흉근, 이두근, 대퇴근
6Hz	대흉근, 승모근, 대둔근, 대퇴근
8Hz	대흉근, 복직근, 승모근, 대둔근, 대퇴근
12Hz	복직근, 승모근, 대퇴근
16Hz	복직근, 승모근, 대퇴근
20Hz	복직근, 대퇴근, 가자미근
24Hz	복직근, 대퇴근
30Hz	복직근, 대퇴근
40Hz	복직근, 이두근, 가자미근

표 5. 각 진동수별 활성화 근육

4Hz로 운동시에는 주로 팔부위(이두근, 삼두근, 전완근 등)와 가슴부위(대흉근), 허벅지부위(대퇴사두근군)를 중심으로 근수축이 일어난다. 이러한 효과는 웨이트트레이닝 종목 중 Biceps/Triceps Curl, Wrist Curl, Bench Press, Push Up, Squat, Leg Extension, Leg Press 등의 운동을 실시했을 때와 유사하다 할 수 있다.

6Hz로 운동시에는 주로 어깨 및 등 부위(승모근, 삼각근 등)와 엉덩이부위(대둔근), 허벅지부위(대퇴사두근군)를 중심으로 근수축이 일어난다. 이러한 효과는 웨이트트레이닝 종목 중 Shoulder Press, Lat Pull Down, Pull Up, Back Extension, Leg Curl, Deadlift, Squat, Leg Extension, Leg Press 등의 운동을 실시했을 때와 유사하다 할 수 있다.

8Hz로 운동시에는 전신의 근육에 크게 영향을 미치며 특히 복부부위(복직근, 복사근 등), 어깨 및 등부위(승모근, 삼각근 등), 허리부위(척추기립근), 엉덩이부위(대둔근), 허벅지부위(대퇴사두근군)을 중심으로 강한 근수축이 일어난다. 이러한 효과는 웨이트 트레이닝 종목 중 Crunch, Sit Up, Knee Up, Shoulder Press, Lat Pull Down, Pull Up, Back Extension, Leg Curl, Deadlift, Squat, Leg Extension, Leg Press 등의 운동을 실시했을 때와 유사하다 할 수 있다.

12Hz로 운동시에는 복부부위(복직근, 복사근 등), 어깨 및 등 부위(승모근, 삼각근 등), 허벅지부위(대퇴사두근군)을 중심으로 근수축이 일어난다. 이러한 효과는 웨이트트레이닝 종목 중 Crunch, Sit Up, Knee Up, Shoulder Press, Lat Pull Down, Pull Up, Squat, Leg Extension, Leg Press 등의 운동을 실시했을 때와 유사하다 할 수 있다.

16Hz로 운동시에는 복부부위(복직근, 복사근 등), 어깨 및 등 부위(승모근, 삼각근 등), 허벅지부위(대퇴사두근군)을 중심으로 근수축이 일어난다. 이러한 효과는 웨이트트레이닝 종목 중 Crunch, Sit Up, Knee Up, Shoulder Press, Lat Pull Down, Pull Up, Squat, Leg Extension, Leg Press 등의 운동을 실시했을 때와 유사하다 할 수 있다.

20Hz로 운동시에는 복부부위(복직근, 복사근 등), 허벅지부위(대퇴사두

근군), 종아리부위(가자미근, 비복근)을 중심으로 근수축이 일어난다. 이러한 효과는 웨이트트레이닝 종목 중 Crunch, Sit Up, Knee Up, Squat, Leg Extension, Leg Press, Calf Raise 등의 운동을 실시했을 때와 유사하다 할 수 있다.

24Hz로 운동시에는 복부부위(복직근, 복사근 등), 허벅지부위(대퇴사두근군), 종아리부위(가자미근, 비복근)을 중심으로 근수축이 일어난다. 이러한 효과는 웨이트트레이닝 종목 중 Crunch, Sit Up, Knee Up, Squat, Leg Extension, Leg Press, Calf Raise 등의 운동을 실시했을 때와 유사하다 할 수 있다.

30Hz 이상으로 운동시에는 주로 복부부위(복직근, 복사근 등)를 중심으로 근수축이 일어난다. 이러한 효과는 웨이트트레이닝 종목 중 Crunch, Sit Up, Knee Up, 등의 운동을 실시했을 때와 유사하다 할 수 있다. 30Hz 이상으로 운동시에는 근기능 강화 효과보다는 스트레칭 효과를 기대할 수 있다.

전신의 근기능을 향상시키기 위한 운동은 일반적으로 준비운동, 하체, 상체, 중심의 순서로 각 부위를 번갈아가며 실시하는 서킷웨이트트레이닝의 형태로 이루어지므로 SWBV를 실시하는 경우에도 첫 세트에는 30Hz 이상에서 20~30Hz, 4~10Hz, 10~20Hz 순으로, 둘째 세트부터는 20~30Hz에서 4~10Hz, 10~20Hz 순으로 3~5분 간격으로 순환하면서 실시하며, 운동마무리 단계에서 다시

30Hz 이상으로 5분 정도 근육을 풀어주는 형태로 운동하는 것이 효과적이다.

② 각 부위에 따른 진동수별 근육의 활성화

각 부위에 따른 진동수별 근육의 활성화 정도는 다음의 (그림 15) ~ (그림 22)와 같다.

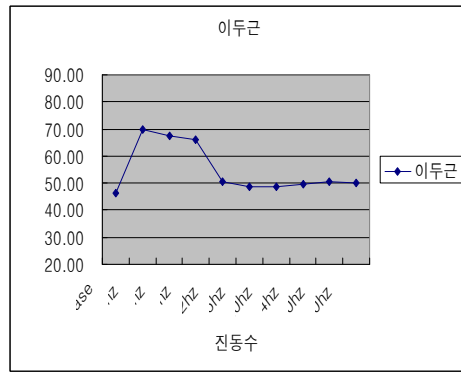


그림 17. 이두근의 진동수별 근전도

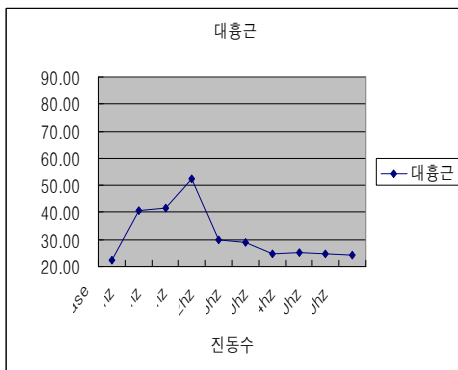


그림 15. 대흉근의 진동수별 근전도

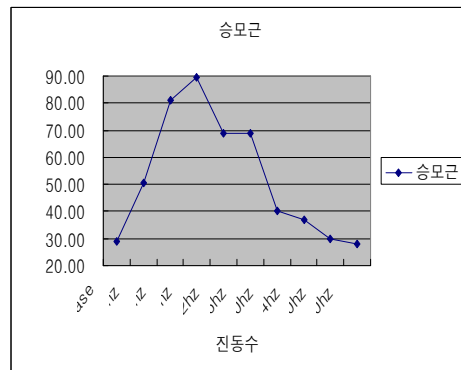


그림 18. 승모근의 진동수별 근전도

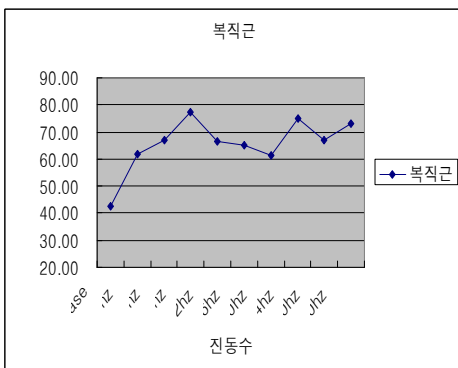


그림 16. 복직근의 진동수별 근전도

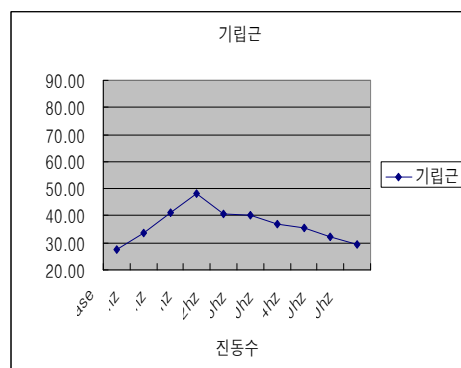


그림 19. 기립근의 진동수별 근전도

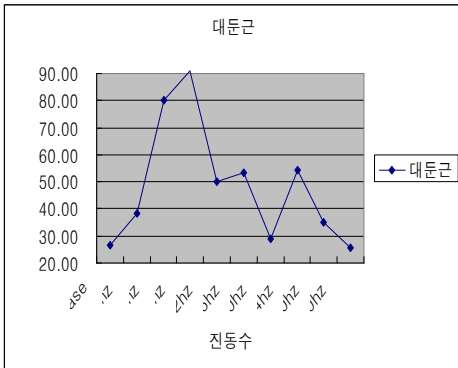


그림 20. 대둔근의 진동수별 근전도

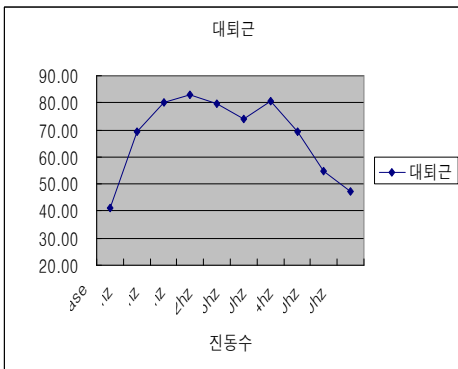


그림 21. 대퇴근의 진동수별 근전도

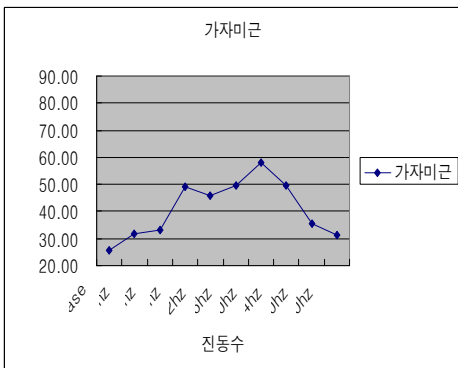


그림 22. 가자미근의 진동수별 근전도

위의 (그림 15) ~ (그림 22)를 정리해 보면 다음의 <표 6>와 같다.

근육	활발하게 활성화된 진동수
대흉근	4Hz, 6Hz, 8Hz
복직근	6Hz, 8Hz, 12Hz, 24Hz, 30Hz, 40Hz
이두근	4Hz, 6Hz, 8Hz
승모근	6Hz, 8Hz, 12Hz, 16Hz
척추기립근	6Hz, 8Hz, 12Hz, 16Hz
대둔근	6Hz, 8Hz, 16Hz, 24Hz
대퇴사두근	4Hz, 6Hz, 8Hz, 12Hz, 16Hz, 20Hz, 24Hz
가자미근	8Hz, 16Hz, 20Hz, 24Hz

표 6. 각 근육별 활성화 진동수

이상의 실험 결과를 종합해보면, 첫째, 각 진동수에 따라 근육이 활발하게 활성화되는 부위가 상이하게 달랐으며, 모든 측정 진동수 중 8Hz에서 가장 많은 근육이 활성화되었고, 둘째, 각 근육마다 활발하게 활성화되는 진동수가 상이하게 달랐으며, 복직근과 가자미근이 거의 대부분의 측정 진동수에서 활발하게 활성화되었음을 알 수 있다.

결론적으로 SWBV를 이용한 운동의 실시는 다양한 진동수에서 인체 전반부의 근육을 고르게 강화시켜 줄 수 있는 것으로 나타났으며, 특히 낮은 Hz(4~10Hz)에서는 상체의 근육이, 중간 Hz(12~20Hz)에서는 복부와 엉덩이 근육이, 그리고 높은 Hz(20Hz 이상)에서는 하체의 근육이 높은 강도로 수축하는 것으로 나타났다.

(2) SWBV 전·후 혈중 유리지방산 (FFA; free fatty acid) 농도의 변화

10분간의 SWBV 실시에 따른 혈중 유리지방산 농도는 실시 전 358.00 ± 140.64 (Eq/l)에서 실시 후 528.63 ± 228.83 (Eq/l)으로 증가하였으며, 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다.($p = .021$)

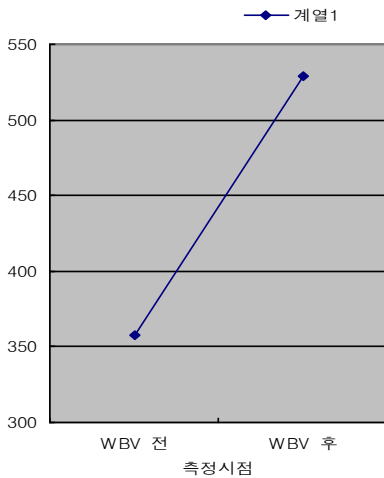


그림 23. 전신진동운동 실시에 따른 혈중 유리지방산 농도의 변화

위의 (그림 23에서 보는 바와 같이 SWBV의 실시는 혈중 유리지방산의 농도를 증가시키는 것으로 나타났다.

본운동 전에 준비운동으로서 실시하는 SWBV가 본운동시와 휴식기 혈중 유리지방산 농도의 변화에 미치는 영향을 측정한 결과 SWBV를 실시하지 않고 본운동만을 실시한 경우에는 432.50 ± 156.99 Eq/l(운동 10분 후), 502.75 ± 179.51 Eq/l(운동 20분 후),

430.50 ± 150.01 Eq/l(운동 30분 후), 499.50 ± 148.77 Eq/l(휴식기 30분)으로 나타났으며, 본운동 실시에 앞서 10분간 SWBV를 실시한 경우에는 480.00 ± 154.89 Eq/l(운동 10분 후), 568.13 ± 181.75 Eq/l(운동 20분 후), 463.63 ± 178.11 Eq/l(운동 30분 후), 552.13 ± 171.69 Eq/l(휴식기 30분)으로 나타났다(그림 20). 유의성 검증을 위한 종속 t-검증 결과 운동 10분 후 ($p = .055$), 20분 후($p = .172$), 30분 후($p = .340$)에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 휴식기 30분에서는 유의한 차이가 나타났다. ($p = .040$)

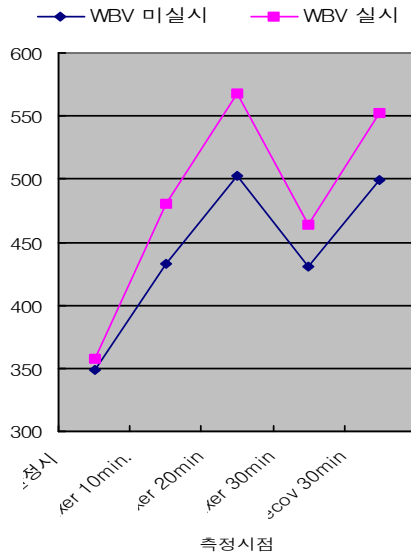


그림 24. SWBV 처치에 따른 운동 중 혈중 유리지방산 농도의 변화

위의 (그림 20)에서 보는 바와 같이 SWBV를 실시한 후 달리기(걷기) 운동

을 실시한 경우 모든 측정시점에서의 혈중 유리지방산 농도가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

이 실험은 SWBV의 실시가 운동시 에너지 대사, 특히 지방대사에 영향을 미치는지에 대해 규명하기 위해 이루어졌으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 10분간의 SWBV는 혈중 유리지방산 농도를 유의하게 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 SWBV 자체만으로도 지방 대사를 상당부분 활성화시키는 것을 의미한다 할 수 있다.

둘째, 유산소 운동 실시에 앞서 SWBV를 실시하는 경우 그렇지 않은 경우에 비해 동일한 운동 시점에서의 유리지방산의 농도가 보다 높게 나타났으며, 회복기 30분에서도 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이는 SWBV가 이후의 신체활동시 지방 대사를 활성화시켜주며, 활동 종료 후에도 상당시간 동안 혈중 유리지방산의 농도를 높은 상태로 유지시켜 줌으로써 다음 활동시 지방의 에너지원으로서의 동원 비율을 높여줄 수 있음을 의미한다 할 수 있다.

결론적으로 SWBV는 그 자체만으로도 혈중 유리지방산의 농도를 증가시키며, 이후의 활동이나 휴식기에도 높은 혈중 유리지방산 농도를 유지시킴으로써 일상생활이나 운동시 에너지원으로서 지방의 동원율을 높여주는 것으로 나타났다.

(3) SWBV와 유산소 운동

SWBV를 이용한 전신진동운동은 진

동수(Hz)에 따라 어느 정도 차이를 보이는 것은 했지만 호흡가스 분석을 통한 에너지 소모량을 측정한 결과 8~12Hz 범위에서 에너지 소모량이 가장 증가하였고, 대략적으로 볼 때 최대산소섭취량(최대운동강도)의 약 35~50%에 해당하며, 이를 걷기 운동으로 환산시 약 4.5km/h~7km/h의 속도로 걷는 것과 동일한 운동 강도를 갖는 것으로 나타났다. 이는 일반적으로 비만이나 고혈압, 당뇨병 등 성인성 질환을 가지고 있는 환자들에게 권장하는 유산소운동의 강도인 최대산소섭취량의 40~70% 강도를 충족시키는 효과적인 유산소운동이라 할 수 있다. 각 진동수(Hz)별 운동 강도는 아래의 <표 7>과 같다.

진동수 항목	각 진동수(Hz)별 산소섭취량(M±SD)					최대 산소섭취량 (VO ₂ max)
	30Hz	20Hz	15Hz	10Hz	6Hz	
산소섭취량 (ml/min/kg)	20.2 7±1 .94	24.6 6±1 .26	26.5 0±1 .77	28.7 1±3 .18	26.8 5±2 .63	56.1 2±5 .84
%VO ₂ max	36.1 1%	43.9 4%	47.2 2%	51.1 6%	47.8 4%	

표 7. 각 진동수(Hz)별 운동 강도

이상의 실험결과를 토대로 Sonic whole-body vibration을 운동프로그램의 한 부분으로 활용할 수 있는 방

법으로는 아래와 같은 사항을 제시할 수 있다.⁵¹⁾

일반적으로 유산소성 운동은 30분 이상 지속할 때 체지방 감소의 효과가 큰 것으로 알려져 있다. 이는 그 정도 시간이 경과 하여야만 인체 에너지 대사가 지방대사 위주로 이루어지기 때문인데, 이를 확인할 수 있는 것이 혈중 유리지방산 농도이다. SWBV를 이용한 운동시에는 단 10분만 실시하더라도 30분간 달리기를 실시한 것 보다 높은 혈중 유리 지방산 농도를 나타내 “30분 달리기” 대신 “10분 전신진동 운동 + 20분 달리기”를 실시할 경우 보다 높은 체지방 감소의 효과를 기대할 수 있으며, 또한 시간이나 공간적인 제약으로 인해 전신진동운동 후 달리기를 실시하지 않고 일상생활을 하더라도 높아진 혈중 유리지방산 농도로 인해 연료로서의 지방의 이용률을 높여줄 수 있을 것으로 기대된다.

일반적으로 진동운동만으로 유산소 운동을 하고자 할 때는 23Hz(2min), 12Hz(4min), 8Hz(4min), 20Hz(2min)의 순으로 하는 것이 적당하며, 유산소운동이 준비운동으로 실시하는 경우에는 20Hz(5min), 12Hz(5min) 순서로 하는 정도가 좋다.

전신의 근육을 단련하기 위해서는 다양한 종목의 웨이트트레이닝을 고르게 실시하여야 한다. SWBV는 선자세에서 전신의 근육군을 고르게 운동시킬

수 있기 때문에 선 자세에서 자신이 보다 중점을 주고 싶은 부위에 따라 Hz와 강도만 조절해 주면 된다. 또한 전신진동운동보다 기존의 웨이트트레이닝을 선호하는 사람의 경우에는 준비운동 단계에서 진동운동을 실시함으로써 각 부위 지방의 연소를 도울 뿐만 아니라 인대와 건의 유동성을 향상시켜 운동 상해를 예방할 수 있다.

일반적으로 전신의 근육군을 강화시키기 위한 방법으로는 23Hz(1min)에서 18Hz(1min), 8Hz(2min), 12Hz(2min), 20Hz(2min), 6Hz(1min), 14Hz(1min)의 순으로 하는 것이 적당하며, 웨이트트레이닝의 준비운동으로 실시하는 경우에는 20Hz(5min), 8Hz(5min) 순서로 하는 정도가 좋다.

SWBV는 특히 자의적인 근수축을 이용한 운동이 불가능하여 점차적으로 근육이 약해져가는 장애인과 운동을 새로 시작하는 사람들에게 지나친 피로감이나 부상의 위험 없이 실시할 수 있는 최적의 운동기구로 응용할 수 있다.

4) 전신진동운동의 응용 가능 영역

(1) 전문 Sports 영역

대부분의 스포츠 종목에서 단시간에 큰 힘을 내는 능력, 즉 순발력(power)은 승패를 결정짓는 중요한 요인이 된다. 따라서 선수들은 항상 파워를 향상시키기 위해 많은 노력을 하고 있으며, 전 월드컵 축구팀 감독이었던 히딩크도 체력트레이너를 통해 전선수들

51) 임용택 : 터보소닉(Turbosonic) 음파전신 진동운동기의 임상 종합 보고서, 고려대학교 부설 스포츠과학연구소, 2005.

에게 파워 프로그램을 실시하였다. 또한 농구, 배구, 핸드볼 등과 같이 순간적인 질주와 점프력을 향상시키기 위해서는 근육의 파워를 향상시키는 것이 절대적이다. 근육은 운동하는 속도에 특이적으로 적응을 한다. 즉 짧은 시간에 큰 힘을 내기 위해서는 웨이트트레이닝을 할 때에도 매우 빠른 속도로 부하를 들어 올림으로써 근수축 속도를 향상시켜야만 한다. 그러나 부하를 들어 올리는 속도에는 한계가 있으며, 전문 선수들의 경우 이미 그 속도에서의 많은 훈련을 통해 근육의 적응이 다 이루어진 경우가 대부분이다.

전신수직진동운동은 2g - 3g(g; gravity) 정도의 중력으로 전신을 짧은 시간에 중력의 역방향과 중력방향으로 들었다 당겼다 함으로써 근육, 특히 하지근과 복근, 척추기립근과 같은 중력방향의 근육에 지속적인 신전반사(stretch reflex)를 일으켜 근육이 수동적으로 수축(involuntary contraction)하게 하고, 매우 빠른 속도와 강도로 수축하게 함으로써 새로운 자극에 근육을 적응(신경적응)시키게 된다. 따라서 근육은 더 큰 힘을 더욱 빠르게 발휘하게 되는 것이다. 이는 12~15Hz에서 가장 효과적이다.

또한 고 Hz의 자극은 근육을 풀어주는 역할을 한다. 즉 진동이 심한 전기톱을 오래 들고 있으면 팔이 저리면서 힘이 빠지듯이 전신에 고 Hz의 자극을 주면 전신의 근육은 긴장상태를 풀게 되고 혈액을 원활하게 순환시켜 피로물질의 제거를 촉진하게 된다. 그러

나 경기 중간의 휴식시에는 근육의 긴장이 완전히 풀리면 안되므로 근육의 긴장을 유지하면서 새로운 자극을 부여하고, 또한 혈액순환을 원활하게 하기 위해서는 25~30Hz의 자극이 가장 이상적이라 할 수 있다. 농구나 축구의 half-time 시간대에 이 진동수를 이용한 전신진동운동을 실시할 경우 근육기능을 향상시키고 피로물질의 제거를 촉진함으로써 후반전 경기력을 향상시킬 수 있다.

(2) 건강관리 영역

현대인이 앓고 있는 병의 대부분은 운동의 부족에서 기인한 것이다. 그 중 가장 대표적인 병이 비만으로서 비만은 고혈압, 당뇨, 고지혈증, 뇌졸중 등 다른 거의 모든 성인성 질환의 원인으로 작용하며, 또한 관절염이나 골다공증과 같은 퇴행성 질환을 유발하는 요인으로 작용한다. 그러나 대부분의 사람들은 힘이 든다는 이유로 운동을 지속적으로 하지 못하고 있으며, 따라서 이러한 증상들은 더욱 심해져 가고 있다.

전신진동운동은 운동중 칼로리 소모량을 증가시키고 체내 지방조직의 유동성을 강화시켜 평상시에도 지방위주의 에너지 대사가 일어나도록 할 뿐만 아니라, 근육량 증가에 따른 기초대사량 증가를 유발한다. 또한 장운동을 활성화시켜 변비문제를 해결할 수 있다. 따라서 체지방을 효과적으로 감소시킬 뿐만 아니라 다른 요법들에서 흔히 나타나는 요요현상도 예방할 수 있다.

또한 전신진동운동은 뼈와 관절에 웨이트트레이닝과 줄넘기운동을 혼합한 자극을 줌으로써 골밀도를 증가시키고 각 관절의 퇴행성 질환을 치료, 예방해 준다. 특히 퇴행성 질환이 어느 정도 진행된 경우 줄넘기나 웨이트트레이닝, 달리기는 자칫 무릎이나 허리 등에 무리를 주어 또 다른 통증을 유발할 수 있으나 전신진동운동은 인체에는 아무런 무리를 주지 않으면서 적당한 자극을 제공해 준다.

마지막으로 연구결과에 따르면 전신진동운동은 성장호르몬(GH) 및 IGF-1 (Insulin-like Growth Factor)의 분비를 촉진하여 성장을 촉진하고 노화를 지연시키는 효과가 있으며, 남성호르몬(testosterone)의 분비를 촉진하여 근육기능 및 성기능의 향상에도 도움을 주는 것으로 나타났다.

(3) 재활 영역

전신진동운동은 비자의적인 근수축(involuntary muscle contraction)을 통해 근신경계의 적응을 일으켜 근육기능을 향상시키는 역할을 한다. 따라서 사고나 선천적 이상에 의해 자의적인 근수축이 불가능한 사람들에게 운동과 재활요법으로써 전신진동운동을 실시할 경우 뼈와 근육량의 감소를 최소화시킬 수 있을 것이다. 또한 전신진동운동은 다른 운동과 달리 힘이 들거나 통증을 유발하지 않고 실시할 수 있어 수술환자의 회복촉진을 위한 운동요법으로도 적당하다.

4. 인체와 파동

1) 파동역학적 관점에서 살펴본 인체

대체의학의 한 분야인 진동, 소리 요법을 연구하고 있는 스페인의 천골요법가 Marysol Gonzalez에 의하면 인간에게 작용하는 가장 강한 리듬을 세 가지로 정의하고 있다. 그 첫째로 어머니의 뱃속에서 뇌가 발생하면서 시작되는 진동으로 0.1~0.23Hz 대역의 천골 진동을, 둘째는 좀 더 강하게 진동하고 주파수 대역은 1.2~2Hz의 심장 박동을, 셋째는 태어나는 순간부터 시작되는 호흡에 의한 주파수 0.26~0.3Hz 대역의 폐의 진동이다. 그는 여기에 덧붙여 각각의 파동 특성을 전 우주적인 관점으로 다시 해석했는데, 첫째 천골의 진동은 하늘의 전자기장과 공명을 이룬다고 하였으며, 둘째 심장의 진동은 액상물질이 진동하여 지구 중력장과 공명하여 지구 자기장의 영향을 받는 것이고, 마지막으로 인간이 느낄 수 있고 조절할 수 있는 호흡은 생정신적인 면의 공진으로 보아, 하늘과 지구의 중간으로 주파수 대역도 대략 그 사이이다. 호흡의 경우는 인간의 감성적인 상태에 따라 그 변화가 심하다.

동양 고전 중 性命雙修를 중요하게 여겼던 五柳派의 沖虛子가 수련의 진의를 파악하지 못하는 후학을 위해 지은 저서 중 仙佛畧宗이란 것이 있는데, 그의 제자 眞陽子가 다시 註를 달길

“以煉炁之初本要似胎中之無呼吸子而習入定 而求至無 不能全定全無 此 仙佛聖 初習禪定自然必由之漸法也……故初習禪定似之也 生滅者 心也 出入者 息也……” (즉, 연기의 시작에는 태중의 무호흡 상태와 같아지도록 해야 하는데 그것이 처음엔 어려우니 선정의 첫걸음을 디더 조금씩 해야 하고... 고로 죽고 사는 것은 心이고, 들고 나는 것은 息이다)한 것으로52), 수신의 첫걸음에서 고려해야 하는 중요한 세 가지 사항으로 태중의 무호흡 상태 즉, 천골의 진동만이 존재하도록 하고, 心과 息을 다스리도록 하고 있다. 인간에게 있어 이 세 가지 진동이 얼마나 중요하게 작용할 지에 대한 설명으로 볼 수 있다.53)

2) 파동역학적 관점에서 살펴본 경락

사람이 죽게 되면 몸 안의 에너지 흐름은 멈추게 되고, 경락의 존재가 사라지게 된다. 때문에 해부학적인 방법으로는 경락의 존재를 밝혀내기가 매우 어렵다. 곧 살아있는 사람에게서만 경락이 발견된다고 말할 수 있는데, 이것으로부터 우리는 생체특성과 경락의 관계를 살펴볼 수 있다. 사람이 살아 있다는 것은 정신적인 부분은 우선 접어두고, 심장이 뛰고, 혈액이 흐르고, 호흡이 존재하며, 모든 장부

가 활동을 하고 있고, 모든 세포가 활동하고 있다는 이야기이다. 이것을 다시 말하면, 인체가 지니고 있는 모든 조직들의 진동이 살아있음을 의미한다. 가장 크게 작용하는 세 가지의 진동 이외에도, 장부의 활동 진동, 세포의 전기적 반응과 진동 등이 서로 복합적으로 작용하여 우리 몸 안에서 일정하게 떨리고 있다고 할 수 있다. 또한 인체는 딱딱한 고형의 물질로 이루어진 것이 아닌 수분이 70%를 차지하는 부드러운 탄성체이다. 탄성체의 특성 및 구조에 기인하여 일정한 mode (떨림꼴)를 가진다. 모드의 형성으로 진동이 가해질 때의 에너지 분포 형태가 정해지게 되기도 하고, 탄성체의 음속 구조에 의해서 waveguide(도파관)라는 음파의 통로가 존재하기도 한다. 인체를 탄성체로 가정하게 되면 그 안의 에너지 흐름에 대해 이상과 같은 특성을 응용할 수 있게 된다.

심장 박동이나 혈류진동, 흡과 호에 의한 주파수 생성과 호흡, 흡종의 기관의 진동과 폐포의 진동, 척추를 타고 모든 신경계로 전달되는 천골의 진동과 뇌파의 진동과, 오장육부가 활동중이거나 비활동 중일 때의 진동 등 인체 내에서 발생하는 진동과, 인간이 발을 붙이고 살고 있는 지구의 고유진동과 공기장의 미세한 진동 등 외부진동 모두가 인간의 탄생순간 복합적으로 작용하여 인체의 모드가 형성되고 인체 구조적 특징에 의해 에너지 통로가 형성된다고 볼 수 있다.54)

52) 宋天夢 : 中醫氣功學, 人民衛生出版社, 北京, 1994

53) 강희정 · 진용옥 : 韓醫診斷體系의 波動力學的 構造解析, 경희대학교 정보시스템학연구소센터 한의정보시스템, 大韓韓醫診斷學會誌 第3卷1號, p.38.

54) 강희정 · 진용옥 : 韓醫診斷體系의 波動

3) 생체 氣의 파동자극과 수용

생체 氣에 대한 파동적인 연구에서 볼 때 우주적 파동의 간섭무늬인 DNA 정보에 생명력이 비춰져서 이루어진 인체는 6개 감각의 파동 패턴과의 정보 교류를 통해 유지되고 있다고 볼 수 있다⁵⁵⁾

시각에 해당하는 빛과 색깔, 청각에 상응하는 음성과 음악의 파동을 살펴 보면 다음과 같다.

‘빛의 종교’라고 불리기도 하는 조로 아스터교 집안에서 태어난 인도의 단샤(Dinshah P. Ghadiali)는 어원 D. 바비트 박사의 ‘빛과 색채의 원리’라는 책을 읽고 광선이 단순히 시각만을 자극하는 것이 아니라 몸의 다른 부분에도 영향을 미친다는 것을 확신하고 ‘The Spectro - Chrome System’이라는 광선 색채 요법을 개발하였다. 그의 아들 다리우스 단샤가 쓴 ‘빛이 있으라(Let there be light)’라는 책에는 생체의 세포가 발산하는 에너지파와 광선이 어떤 연관이 있으며 공명현상을 통해 어떻게 연결될 수 있는지 잘 설명하고 있다. “생체 내에서 각 세포들은 제 기능을 올바르게 수행할 때 독특한 에너지를 발산한다. 이것이 오-라이다. 그러나 기능 장애가 생기면 오-라의 주파수나 강도가

변할 것이다. 세포의 방사에너지의 집합체를 오-라 또는 색채-균형 주파수라 한다. 건강하고 조화롭게 신진 대사가 행해질 때는 오라의 색깔이 적색과 보라색 사이에서 균형 잡혀 있다. 그런데 어떤 병에 걸려 있을 동안에는 스펙트럼은 어느 한쪽 끝으로 움직이거나 그 강도가 바뀐다. 스펙트로 크롬은 신체의 어떤 부위가 비활동적일 때는 그 부위의 원래 주파수와 공명하는 색깔을 주사하여 활성화시키고 과잉 활동적인 부위에는 반대되는 색깔을 주사함으로써 가라앉히는 효과를 유도한다,⁵⁶⁾” 이처럼 단샤의 작업은 눈이라는 우리의 감각 기관이 감지하는 색채가 우리의 몸 전체에 강한 영향을 미치고 있음을 잘 보여주고 있다. 또한 단샤는 각 색깔에 상응하는 소리가 있으며, 이를 주파수로 분류해 놓기도 했다. 예를 들면 빨강색의 주파수는 G음의 주파수와 유사하며 그 치료 효과도 비슷하다고 단샤는 말한다. 색깔을 연구한 이가 소리와 유사점을 밝힌 것이 단샤라면 프랑스의 현대작곡가 올리비에 메시앙(OLIVIER MESSIANEN : 1908~1992)은 일생 동안 소리를 연구한 사람으로서 음악과 색상의 대응 관계를 밝혔는데, 다음과 같은 말을 남겼다. “나의 모든 느낌은 음악으로 변형되고, 모든 음악은 어떤 색상과 상응한다.⁵⁷⁾”

力學的 構造解析, 경희대학교 정보시스템공학연구센터 한의정보시스템, 大韓韓醫診斷學會誌 第3卷1號, p.39.

55) 김경철·이용태 : 生體 氣의 波動 刺戟과 收容에 대한 研究, 동의대학교 한의과 대학, 韓醫學研究所 東義韓醫研 第4輯, 2000.12. p.62.

56) Darius Dinshah : Let there be light, Dinshah Health Society, 1996. p.111.

57) 박경규 : 건강과 음악치료, 도서출판 빛샘, 1995. 5. p.136.

주파수 파동은 우리 눈에 보이는 빛의 형태로만 영향을 주는 것이 아니다. 오랫동안 음성 치료법을 연구해 온 쉐리 에드워즈는 1996년 글로벌 사이언스 국제 회의에서 음성과 뇌파와의 상호관계를 이렇게 말하고 있다 “인간의 음성이 뇌파 방출을 자극하기 때문에 그 사람의 음성을 듣고 그에게 부족한 음을 인간의 뇌파 유형과 비슷한 구조로 되어 있는 성음계(聲音階)를 들려주면 그 음이 뇌파를 자극하게 되어 근육기능이 회복되고 생화학 기능이 균형을 회복한다. 음악의 음계는 인간의 뇌파 유형과 밀접한 관련을 맺고 있을 뿐만 아니라 모든 근육기능, 생화학기능과도 관련을 맺고 있는 것이다.”⁵⁸⁾ 한편 어떤 음악은 슬프고 어떤 음악은 평온을 주며, 또 어떤 음악은 우리 마음에 흥분과 투쟁심을 불러 일으키기도 한다. 이같이 음악이 인간에게 영향을 미치는 것은 오래 전부터 알려져 온 사실이다. 특히 자연의 소리가 긍정적인 영향을 미치는데, 계곡을 흐르는 시냇물 소리나, 미풍의 소리는 상쾌함이나 편안함을 느끼게 해준다. 이 상태는 시간의 흐름에 따라 변화하는 진동 현상과 관계가 있다는 것이 최근 연구에서 판명되었다. 이런 진동의 형태를 컴퓨터를 이용해 분석한 결과 특이한 장점들이 있음을 알게 되었는데, 과학자들은 이것을 1/f 요동 특성을 보여주는 음악이 많으며 자연의 소리와 인간이 만든 음악이 밀접한

관계를 가지고 있음을 알게 되었다.

1920년 쯤 전기 공학 분야에서 1/f 노이즈라는 현상이 이슈가 되었다. 이것은 진공관의 열잡음에 관계있는 형태의 하나로, 통계적으로 어떤 경향을 가진 진동형태를 띤 것이었다. 음의 주파수(X축)와 파워(Y축)가 반비례하고 그 분배가 45°를 가리키는 선(x,y 축의 그래프에서 좌상-우하를 연결하는 선)이 1/f이다.

이 직선 위에 파형(波形)의 중심을 타는 진동을 1/f 요동(1/f Fluctuation)이라고 하는 것이다.

‘뇌내혁명’의 저자 하루야마 시게오는 이렇게 말한다. “이러한 특성을 가리키는 직선 위에 파형의 중심을 타는 템포나 리듬을 가진 음악은 사람을 가라앉히며 자율신경의 안정에 도움을 준다는 것은 잘 알려진 사실입니다. ‘1/f 요동’이라는 것은 우주 창세로부터 대자연의 악동 중에 있는 진동과 같아 그러한 것들이 실험적으로 증명된 바 있습니다. 원자나 분자의 운동이나 생명의 탄생에까지 이 ‘1/f 요동’이 관계하고 있다고 합니다.”⁵⁹⁾

또 일본 건강 과학 학회 이사인 시게오 와타나베는 이렇게 말한다. “1/f 요동을 가득 담은 음악을 듣는 것은 평온의 엑기스를 흡입하는 것이 되고, 그래서 우리의 몸과 마음은 평온해지게 됩니다. 우리가 1/f 요동을 가득 담은 음악을 듣게 되면, 뇌의 알파파가 점점 증가한다는 것을 확인할 수

58) 96' Global science congress video, Sharry Edwards.

59) 반광식 역, 하루야마 시게오 저 : 뇌내혁명, 사람과 책, 1994. p.156.

있습니다. 우리의 몸과 마음이 보다 편안해지기 위해서는 어떤 형태의 음악이 좋을까라는 점에 착안하여 시도된 실험 결과이지요.”⁶⁰⁾

후각과 냄새의 상응도 파동으로 이해 가능하다. 향기의 파동성에 대해 동물들이 내는 ‘페로몬’이라는 호르몬의 향기가 수천 킬로미터 떨어진 거리까지 전달되는 것은 공명 현상으로 풀 수 있을 것이다. 입자라면 그토록 멀리까지 전달되기는 힘들 것이다. 그러나 파동은 진동을 통해 전달하는 것이므로 커다란 노력을 들이지 않고도 멀리까지 확산시킬 수 있다. 페로몬은 각 동물마다 특이해서 동종(同種)만이 멀리서도 그 냄새를 지각한다. 이는 냄새를 받아들이는 기관이 그 냄새와 같은 진동수를 가져 공명 현상을 일으키기 때문이다.

혀와 미각의 상응도 파동적인 입장에서 이해 가능하다. 본초학에서 藥性學의 기초는 氣味論이다. 이 중에서 味는 본초의 맛인데, 오장의 색과 대응되는 맛을 살펴보고 있다. 현재 이들 맛이 나타내는 각각의 주파수를 측정하고 있는 연구도 진행 중인데, 맛을 이용한 식이 요법 치료에 대해 “음에 해당하는 체질의 사람이 陰에 해당하는 음식만 먹으면 極陰化되어 부조화가 일어나므로 陽性의 음식을 주어 중화시키면 각 개인의 고유 주파수를 회복하게 되는 것이죠. 이것은 각 미각 별로도 그러한데 일례로 간이 나쁘면

신맛을 금합니다. 산과다증은 간의 병적 변화로 일어나는 것이죠. 이렇게 미각 역시 파동수와 깊은 관련을 가지고 있습니다.” 한의학에서 오장과 맛, 색깔을 연관 지어 생각하고, 깊은 상관 관계를 발견했다는 것은 색과 소리가 주파수로 서로를 연관 짓듯이 맛 또한 이들에 대응하는 주파수를 찾는 것이 어렵지 않으리라고 볼 수 있겠다.⁶¹⁾

다음은 촉각이다. 신체의 미세 진동으로의 촉각은 기공 공법 중의 回春功에서 느낄 수 있다. 回春功의 진동은 그냥 서 있는 기공의 편안한 자세로 몸 흔들기를 하는 것이다. 즉, 그냥 선 자세로 전신을 흔들어서 떠는 것이다. 양다리를 조금 벌리고 무릎을 약간 굽힌 듯이 하고 선 채로 전신 근육의 긴장을 푼 다음에, 몸을 가볍게 흔들어 진동하는 것이다. 특히 무릎, 허리, 어깨 등의 관절이 요동하게 하여 온 몸이 떨 듯이 가볍게 계속해서 흔드는 것이다. 팔 다리는 물론이고 남성도 불알이 양다리에서 흔들거리고, 여성은 유방이 흔들거릴 정도로 한다. 미세한 진동일수록 좋은 효과를 나타낸다. 흔드는 동안 전신의 근육 특히, 허벅지 근육을 비롯하여 몸 안의 모든 내장 기관이 흔들리는 느낌이 있어야 한다. 신체의 어느 한 부분도 긴장된 데가 없도록 해야 한다. 이것이 그 유명한 回春功이다. 전신의 세포와 물을 흔들어 줌으로써 생체를 활성화하여 젊음을 되찾는 기공으로써, 바로 전신 촉각에 vibration을 활용한 기법이다.

⁶⁰⁾ 이원규 : 파동의 회오리가 창조하는 우주적 패턴, 지금 여기, 1997. 9/10, p.17.

⁶¹⁾ 이원규, 上揭書.

5. TAS9

TAS9은 Twin Accelerated Plethysmograph & Stress analyzer의 약자로 심혈관 진단을 위한 가속도 맥파(APG)와 심박 변이도 (HRV)를 이용한 자율신경계(ANS) 이상 및 이로 인한 스트레스 정도와 관련 질환을 측정하는 장비이다. 이 기계는 심장이 뛸 때마다 말초혈관의 압력과 구경의 변화로 전파되는 동맥계 파동을 손가락에 착용하는 광센서로 측정하는 광전식 맥파계이다. 맥파의 측정 결과는 USB 케이블로 연결된 컴퓨터에서 맥파와 가속도 맥파 그래프 및 고저, 맥파주기, 맥파상태점수, 환자정보를 확인할 수 있으며, 측정된 맥파의 분석을 통한 맥파의 종류와 평균 맥박수를 컴퓨터 및 단말기에 표시한다. 또한, 측정된 맥파에서 순간 심박수를 분리한 후, HRV(Heart Rate Variability, 심박 변이도)를 분석하고 스트레스와의 연관성, 자율신경계 기능 평가 등을 표시한다.

최근 혈관의 노화와 변성 정도를 맥파를 이용하여 쉽게 평가할 수 있는 방법들이 연구되고 있다. 1978년 Ozawa⁶²⁾는 지침용적맥파를 2차 미분하여 가속도맥파를 기록하여 이를 혈관노화의 생물학적 지표로 제시하였고, 1989년 Kelly등⁶³⁾은 동맥의 축압

맥파를 측정하고 4차미분하여 동맥내압의 변곡점을 초기 수축기와 후기 수축기의 압력비로 구하여 대동맥 동맥경화의 평가기준으로 제시하였다. 우리나라에서도 2001년 남동현⁶⁴⁾이 38명의 과혈관노화자들을 대상으로 한 생기능조절요법의 치료성과에 관한 연구에서 혈관노화 평가를 위해 가속도맥파를 이용하였다.

가속도맥파(the second derivative of photoplethysmogram waveform; SDPTG)는 심장박동에 의해 생긴 파동이 동맥계를 통하여 손가락 혈관의 용적이 변동하는 것을 기록한 지침용적맥파를 2차 미분하여 얻어지는 파형으로서, 1972년 일본의 Ozawa에 의해 최초로 기록되었다.⁶⁵⁾ 1970년대 가속도맥파는 1차 미분파 분석을 위한 보조적인 목적으로 주로 사용되었으나 1978년 Ozawa⁶⁶⁾는 가속도 맥파가 연령증가에 따라 일정한 패턴으로 변화함을 관찰하고 심수축기의 여러 측정지표들과의 상관성을 연구하여 가속도맥파 연령지수가 혈관노화의 지표로 이용할 수 있음을 보고하면서 관심을

: Noninvasive determination of age-related changes in the human arterial pulse, Circulation, 1989;80(6): pp.1652-1659.

64) 남동현, 박영배 : 생기능조절요법이 항노화 효과 및 가속도맥파 파형에 미치는 영향, 대한한의진단학회지. 2001;5(2):pp.350-364.

65) 남동현, 박영배 : 생기능조절요법이 항노화 효과 및 가속도맥파 파형에 미치는 영향, 대한한의진단학회지. 2001;5(2):pp.350-364.

66) Ozawa T. : Relationship between accelerated plethysmogram and systolic time intervals, Sphygmology, 1978;8: pp.22-31.(in Japanese)

62) Ozawa T. : Relationship between accelerated plethysmogram and systolic time intervals, Sphygmology, 1978;8: pp.22-31.(in Japanese)

63) Kelly R, hayward C, Avolio A, O'Rourke M.

모으게 되었다. 가속도맥파는 손가락같이 광선이 통과하기 쉬운 말초부위에서 이루어지며 조직을 통과하는 빛의 강도를 측정하여 얻는다. 심장이 박동하면 동맥은 확장되고 빛은 더 많은 혈액을 통과해야만 하며 따라서 Lambert-Beer의 법칙에 근거하여 흡광량도 증가하게 된다. 이렇게 심장 박동에 따라 말초세 동맥이 확장되고 수축되면서 생기는 흡광량의 변화를 그래프로 표현한 것이 용적맥파이며 이를 2차 미분한 것이 가속도맥파이다.⁶⁷⁾

가속도맥파는 4개의 수축기파와 1개의 이완기파로 구성되어 있다. a파는 초기 양성파이고, b파는 초기 음성파이다. c파는 b파가 형성된 후에 나타나는 증가파이고, d파는 c파가 형성된 후에 나타나는 감소파이다. e파는 d파가 형성된 후에 나타나는 증가파로서 양성파이나, 고령자의 경우 음성파 형태로 나타나는 경우도 있다. 가속도맥파 파형분석의 측정 지표로는 연령지수, b/a, c/a, d/a, e/a가 있는데 연령지수와 b/a, d/a가 중요시 되고 있으며, 이 밖에 ab time, ac time, ad time, ae time 등이 있다. 가속도맥파 연령지수, b/a, c/a, d/a, e/a는 가속도맥파에서 각 특정점들의 파고비를 이용하여 구한다.⁶⁸⁾ Takazawa⁶⁹⁾는

연령증가에 따른 가속도맥파 파형변화 연구에서 b/a의 증가는 동맥의 경화성 변화를 직접적으로 반영하며 d/a의 감소는 동맥의 경도 증가로 인해 맥파전달속도가 증가할수록 반사파가 빨리 맥파에 반영되기 때문에 생긴다고 주장하였다. 1994년 Katsuki⁷⁰⁾는 b파에 대한 음성파의 면적을 새로운 가속도맥파 연령지수로 명명하고, e파를 제외한 가속도파 연령지수를 Sano index라 명명하였다. 1998년 Nagamoto⁷¹⁾ 등도 경동맥 혈류량과 가속도맥파의 관계 연구에서 가속도맥파 연령지수에 e파를 제외시켜 사용하였는데, 이는 e/a의 의미가 분명하지 않으며 연령증가에 따른 변화도 b, c, d파에 비해 뚜렷하지 않기 때문이다. 그러나 일반적으로 e파를 포함한 가속도맥파 연령지수가 더 널리 사용되고 있다.⁷²⁾

맥파에는 P1, P2, P3, P4의 4가지 미분파가 있다.

of vasoactive agents and vascular aging by the second derivative of photoplethysmogram waveform, Hypertension, 1998; 32(2), pp.365-370.

70) Katsuki K, Yamamoto T, Yuuzu T, Tanaka H, Okano R, Hirata K, Mitachi M, Onodera S, Ono M : A new index of acceleration plethysmogram and its clinical physiological evaluation, Nippon Seirigaku Zasshi, 1994; 56(7), pp.215-222.(in Japanese)

71) Nagamoto I, Takigawa M, Relationship between carotid arterial blood flow and accelerated plethysmogram in the aged, Inter Med J, 1988;5:pp.269-272.

72) 吉村正治 : 脈波判讀の實際 第1版, 中外醫學社, 東京, 1968, pp.4-45.

67) 김대식, 김병수, 김병원, 김영환, 김종규, 민병해, 윤중수, 최완수 : 임상생리검사학, 서울, 고려의학, 1997, pp.283-285.

68) 三上正俊, 鍵谷昭文 : 脈波の多彩な魅力, 東京, 近代文藝社, 1999, pp.44-48.

69) Takazawa K, Tanaka N, Fujita M, Matsuoka O, Saiki T, Aikawa M, Tamura S, Ibukiyama C : Assessment

P1파는 DPI(Differential Pulse Index, 미분맥파지수)로, 심장이 수축하는 순간이며 혈관벽이 팽창하기 시작하는 순간을 반영한다. 모세혈관에서는 세동맥의 혈액이 세정맥으로 보내지는 순간이다.

P2파는 SP(Stress Power, 심박출 강도)로, 심장의 초기 수축기에 좌심실에서 분출된 혈액에 혈관이 처음 반응함으로 생기는 압력파이다. 따라서 동맥의 탄성 변화를 반영한다. 나이의 증가에 따라 +증가하고 여성의 경우 남성보다 +방향으로 높은 편이다.

P3파는 RBV(Remained Blood Volume, 정맥내 잔혈량)로 심장의 말기 수축기에 나타난다. 세정맥에 어느 정도 혈액이 충만한 경우, 세동맥 측으로부터의 혈액은 다시 한 번 모세관에 체류하므로 모세혈관의 혈액량의 가속도는 증대하는 방향으로 향하게 된다. 나이의 증가에 따라 -감소하며 나이에 따른 혈관 탄성도와 연관이 있다.

P4파는 BVT(Blood Vessel Tension, 혈관 탄성도)로 심장의 말기 수축기에 나타난다. 기능적 혈관벽의 탄성과 유기적 혈관벽의 경화에 의한 반사파의 크기이다. 모세혈관에서 세동맥의 혈액이 거의 세정맥으로 빠져나간 상태로, 모세혈관에서의 반사파가 클수록 낮아진다. 나이의 증가에 따라 -감소하고 혈관 탄성도와 많은 연관이 있다.⁷³⁾

맥파가 혈관노화를 평가하기 위한

방법으로 사용될 수 있음은 1980년대부터 이미 알려진 사실이다. 1980년 Murgo⁷⁴⁾ 등은 정상인들은 대상으로 대동맥 내압의 변화를 측정하여 수축기 동맥내압의 변곡점의 위치가 대동맥 동맥경화로 인한 저항과 관련이 있음을 보고하였으며, 1986년 Shimokata⁷⁵⁾ 등은 디지털 지침용맥파계를 이용한 혈관노화연구에서 송각시간이 연령증가에 따라 연장되고 특히 20~30대의 젊은 층에서 연령증가에 따른 송각시간의 연장이 급격히 일어나며, 50대 이하에서 여성이 남성에 비해 송각시간이 더 길게 나타난다고 보고하였다.

V. 結論

2005년 7~8월 동안 강화군의 O한의원에 내원하는 환자 중 특정한 병명을 진단 받은 바 없이, 스트레스성 질환의 주요증상을 갖고 있고 그 증상을 호소하며 1달 이상 내원한 환자 26명을 대상으로 turbosonic WBV를 하기 전후의 혈관탄성도 변화를 측정해 보았다.

⁷⁴⁾ Murgo JP, Westerhof N, Giolma JP, Altobelli SA : Aortic input impedance in normal man, relationship to pressure wave forms, Circulation, 1980;62(1):pp.105-116.

⁷⁵⁾ Shimokata H, Shibata K, Kuzuya F. : The digital plethysmogram as an index of ageing grade, Age Ageing, 1986;15(6):pp.369-373.

⁷³⁾ 椎名晋一 : 常用計器と記録法 臨床脈波判讀講座 第1版, 金原出版, 東京, 1974, p.26.

1. TAS9으로 측정된 혈관탄성도는 -30 이상이 정상 범위에 속하나, 피실험자의 측정 결과 대부분 -30이하의 비정상 범위에 속하였다.
2. turbosonic WBV를 10분간 한 후 다시 측정해 보니 15명이 혈관탄성도가 증가하였고 그 중 10명은 정상 범위로 진입하였다. 3명은 변화가 없었고, 8명은 오히려 감소하였다.
3. 피실험자의 turbosonic WBV 시행 전 혈관탄성도 평균은 -37.27이었고, 시행 후 혈관탄성도 평균은 -36.08이었다. 수치변화값의 평균은 2.73으로 turbosonic WBV 시행이 혈관탄성도를 증가시킴을 알 수 있다.
4. 성별로 구분해 본 결과 남성의 수치변화값 평균은 2.727이고, 여성의 수치변화값 평균은 2.733으로 turbosonic WBV 시행 후 혈관탄성도가 증가하는데 있어서 남녀의 차이가 거의 나지 않았다.
5. 연령대 별로 살펴보면, 20, 30, 40, 70대에서는 혈관탄성도가 증가하였으나, 50, 60대에서는 오히려 혈관탄성도가 감소하는 경향을 나타냈다. 혈관탄성도가 가장 많이 증가한 연령대는 40대로 +6.3의 변화를 보였고, 혈관탄성도가 많이 감소한 연령대는 50대로 -1.3의 변화를 보였다. 50대와 60대에서 해당 환자에 적절한 volume 설정이 되지 않아 혈관 탄성도가 오히려 감소하는 결과가 나온 것으로 추정된다.
6. TAS9으로 함께 측정된 SP와 RBV를

살펴보면, SP는 시술 전 수치 평균이 -82이고, 시술 후 수치 평균이 -85로 정상 범주(-90 이하)에는 미치지 못하나 약간의 호전 수치를 나타내었다. 또한, RBV는 -21에서 -19로, 이 역시 정상 범주(-10 이상)에는 속하지 못하나 수치 변화는 정상에 보다 가까워졌다.

SP와 RBV 모두 혈관 탄성도와 연관이 있는 것으로, 실험 결과 역시 혈관탄성도처럼 호전되는 것으로 나타났다.

본 실험은 t-검정: 쌍체 비교로 분석한 결과 $P < 0.023$ 이 나와 어느 정도 유의성이 있음을 보여준다.

그러나 대조군이 설정되지 않아 신뢰도가 다소 떨어지는 면이 있다. 대조군을 선정하고, 일회성으로 끝나는 실험이 아니라 장기간 반복 시행함으로써 경과를 관찰하는 실험이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

VI. 參考文獻

1. 김일근 : 유산소성 운동 후 혈관탄성의 반응, 한국운동생리학회(구-한국운동과학회), 운동과학, 2002.
2. 이종호 : 고혈압 환자의 일회성 트레드밀 운동에 따른 혈압과 혈관탄성 반응, 한국운동생리학회(구-한국운동과학회), 운동과학, 2003.

3. 남상남 안정훈 : 대도시의 연령 및 성별에 따른 혈관탄성 분석, 한국 생활환경 학회지, 2004.
4. Jacques, Roland, Saliha, Gerard M., Michel E. : Aortic Pulse Wave Velocity as a Marker of Cardiovascular Risk in Hypertensive Patients, American Heart Association, Hypertension, 1998.
5. Gibbons, G. H., Pratt, R. E., Dzau, V. J. : Platelet-derived growth factor isoforms differ in mitogenic effect on adult vascular smooth muscle cells, Circulation, 1989.
6. 남영규 : 신체계측치 및 혈관탄성도에 따른 최대 산소 섭취량에 관한 연구, 건양대 보건복지 대학원, 2005.
7. 김경철·이용태 : 生體 氣의 波動 刺戟과 收容에 대한 研究, 동의대학교 한의과 대학, 韓醫學研究所 東義韓醫研 第4輯, 2000.
8. Darius Dinshah : Let there be light, Dinshah Health Society, 1996.
9. 박경규 : 건강과 음악치료, 도서출판 빛샘, 1995.
10. 96 ' Global science congress video, Sharry Edwards.
11. 반광식 역, 하루야마 시게오 저 : 뇌내혁명, 사람과 책, 1994.
12. 이원규 : 파동의 회오리가 창조하는 우주적 패턴, 지금 여기, 1997.
13. 강희정·진용욱 : 韓醫診斷體系의 波動力學的 構造解析, 경희대학교 정보시스템 공학연구센터 한의정보시스템, 大韓韓醫診斷學會誌 第3卷1號.
14. 高鶴亨 : 中國醫用氣功學, 人民衛生出版社, 北京, 1989.
15. 宋天夢 : 中醫氣功學, 人民衛生出版社, 北京, 1994.
16. 藤原知·芹澤勝助 : 경락의 대발견, 일월서각, 생활의학연구회 편역, 서울, 1993.
17. 임용택 : 터보소닉 음파진동운동기의 유산소성 운동효과에 관한 임상실험 보고서, 고려대학교 부설 스포츠과학연구소, 2005.
18. Jacques, Roland, Saliha, Gerard M., Michel E. : Aortic Pulse Wave Velocity as a Marker of Cardiovascular Risk in Hypertensive Patients, American Heart Association, Hypertension, 1998.
19. Gibbons, G. H., Pratt, R. E., Dzau, V. J. : Platelet-derived growth factor isoforms differ in mitogenic effect on adult vascular smooth muscle cells, Circulation, 1989.
20. American College of Sport Medicine : ACSM's Guidance for Exercise Testing and Prescription, 5th edition, 1995.
21. Alan. R, Ehtasham. Q., Mara. B., George R, Giora. P., George A. : Peripheral Arterial Responses to Treadmill Exercise Among Healthy Subjects and Atherosclerotic Patients. Circulation, 2001.
22. David A. Tamara K., Christoph D., Gatzka, James D., Anthony M., Brownyn A. : Muscular Strength Training is Associated with low Arterial Compliance and High Pulse Pressure. Hypertension. 1999.
23. Margo, JP., Westerhof, N., Giolma,

- JP., Altobelli, SA : Effect of exercise on aortic input impedance and pressure wave forms in normal humans. *Circulation Research*, 1981.
24. 전종귀, 전병화, 김일곤 : 지구성 운동이 자연발생고혈압 흰쥐의 대동맥벽 두께, 호르몬 및 혈압에 미치는 효과, 한국운동과학회, 1999.
25. Cade, R, Mars, D., Wagemaker, H., Zauner, C., Packer, D., Privette, M., Cade, M., Peterson, J., and Hood_Lewis, D. : Effect of aerobic exercise training on patients with systemic arterialhypertension. *Am. J. Med.*, 1984.
26. Jorn Rittweger ·Hans Schiessl ·Dieter Felsenberg : Oxygen uptake during whole-body vibration exercise, *Eur J Appl Physiol*, 2001.
27. Ozawa T. : Relationship between accelerated plethysmogram and systolic time intervals, *Sphygmology*, 1978.(in Japanese)
28. Kelly R, hayward C, Avolio A, O'Rourke M. : Noninvasive determination of age-related changes in the human arterial pulse. *Circulation*.1989;80(6)
29. 남동현, 박영배 : 생기능조절요법이 항노화효과 및 가속도맥파 파형에 미치는 영향, 대한한의진단학회지, 2001;5(2)
30. 남동현, 고흥균, 박영배 : 중년 성인 남녀의 혈중 지질농도가 가속도 맥파에 미치는 영향, 경희대학교 한의과대학 기기진단과학교실 · 경희대학교 한의과대학 침구학 교실, 대한침구학회지, 2002;19(3)
31. 吉村正治 : 脈波判讀の實際 第1版, 中外醫學社, 東京, 1968.
32. 椎名晋一 : 常用計器と記録法 臨床脈波判讀講座 第1版, 金原出版, 東京, 1974.
33. 三上正俊, 鍵谷昭文 : 脈波の多彩な魅力, 近代文藝社, 東京, 1999.
34. Takazawa K, Tanaka N, Fujita M, Matsuoka O, Saiki T, Aikawa M, Tamura S, Ibukiyama C : Assessment of vasoactive agents and vascular aging by the second derivative of photoplethysmogram waveform, *Hypertension*, 1998; 32(2)
35. Katsuki K, Yamamoto T, Yuuzu T, Tanaka H, Okano R, Hirata K, Mitachi M, Onodera S, Ono M : A new index of acceleration plethysmogram and its clinical physiological evaluation, *Nippon Seirigaku Zasshi*, 1994; 56(7)
36. Nagatomo I, Takigawa M, Relationship between carotid arterial blood flow and accelerated plethysmogram in the aged, *Inter Med J*, 1988;5
37. Murgu JP, Westerhof N, Giolma JP, Altobelli SA : Aortic input impedance in normal man, relationship to pressure wave forms, *Circulation*, 1980;62(1)
38. Shimokata H, Shibata K, Kuzuya F. : The digital plethysmogram as an index of ageing grade, *Age Ageing*, 1986;15(6)

39. 김대식, 김병수, 김병원, 김영활, 김종규, 민병해, 윤중수, 최완수 : 임상생리검사학, 고려의학, 서울, 1997.
40. Klemsdal TO, Moan A, Kjeldsen SE : Effect of selective angiotension II type1 receptor blockade with losartan on arterial compliance in patient with mild essential hypertension. Blood Press, 1999.
41. 유미선 : 과로 스트레스에 의한 뇌심혈관질환 예방 관리, 대한산업보건협회, 2005.
42. 임용택 : 새로운 운동-트레이닝 처방 방안으로서 전신진동운동에 관한 연구, 고려대학교 부설 스포츠과학연구소, 2005.
43. Bosco, C. : The effects of extra-load permanent wearing on morphological and functional characteristics of leg extensor muscles, Published Doctoral Thesis, Universite Jean-Monnet de Saint Etienne, France, 1992.
44. Bosco, C., Komi, PV., Pulli, M., Pittera, C. & Montonen, H. : Considerations of the training of the elastic potential of the human skeletal muscle, IFVB Official magazine, 1981.
45. Bosco, C. & Komi, PV : The influence of vibration on muscle fiber composition of human leg extensors muscles, Eur J Appl Physiol, 1981.
46. Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O. : Influence vibration on mechanical power and electrogram activity in human arm flexor muscle, Eur J Appl Physiol, 1999a.
47. Lebedev, M. A. & Peliakov A. V. : Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration(in Russian). Neurofiziologia. 1991.
48. Burke, J. R., Schutten, M. C., Koceja, D. M. & Kamen, G. : Age dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response, Arch Phys Med Rehabil, 1996.
49. Kasai, T., Kawanishi, M. & Yohagi, S. : The effect of wrist muscle vibration on voluntary elbow flexion-extension movements, Exp Brain Res, 1992.
50. Bosco, C., Colli, R., Introini, E., Cardinale, O., Tsarpela, A., Madella, J., Tihanyi, J. & Viru, R. : Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. Clin Physiol, 1999b.
51. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance : Clinical Physiology and Functional Imaging, 2002.
52. Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O., Colli, R., Tihanyi, J., Duvillard, S. P & Viru, A. : The Influence of whole body vibration on jumping performance, Biol Spor, 1998.
53. Issurin, V. B., Liebermann, D. G. &

- Tenenbaum, G. : Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Spor Sci*, 1994.
54. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance : *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2002.
55. Runge, M., Rehfeld, G. & Resnicek, E. : Balance training and exercise and geriatric patient. *J Musculoskelet*. 2000.
56. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training : *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2003.
57. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure / *Clinical Physiology*, 1999.
58. Burke, J. R., Schutten, M. C., Koceja, D. M. & Kamen, G. : Age dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996.
59. Kasai, T., Kawanishi, M. & Yohagi, S. : The effect of wrist muscle vibration on voluntary elbow flexion-extension movements. *Exp Brain Res*. 1992.
60. Necking, I. E., Dahlin, L. B., Frieden, J., Lundborg, G., Lundstorm, R. & Thornell, L. E. : Vibration induced muscle injury. An experimental model and preliminary findings. *J Hand Surg*. 1992.
61. Falempin, M. & Albon, S. F. : Influence of brief daily tendon vibration on rat soleus muscle in non-weight-bearing situation. *J Appl Physiol*. 1999.
62. Kerschán-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V. & Imhof, H. : Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol*. 2001.
63. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise : *Spine*, 2002.
64. Hormonal responses to whole-body vibration in men : *European Journal of Applied Physiology*, 2000.
65. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsaroela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A. & Viru, A. : Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol*. 2000.
66. Sabine, V., Machteld, R., Christophe, D., Stephan, S., Dirk, V. & Steven, S. : Effect of 6-months whole body vibration training on hip-density, muscle strength and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 2004, 19(3)
67. 김진국 : 진동 트레이닝이 비만 중년 여성의 체력 및 혈중지질에 미치는 효과, 경희대학교 대학원 스포츠과학과

- 미간행석사학위논문, 2000.
68. 전민석 : 진동트레이닝이 비만중년 여성의 신체구성, 체력 및 혈중지질에 미치는 영향, 경희대학교 대학원 스포츠과학과 미간행석사학위논문, 2001.
 69. 문황운, 선우섭 : 진동운동 및 식이병행요법이 비만중년 여성의 신체조성과 체력, 혈중지질에 미치는 영향, 제39회 한국체육학회 학술발표회 논문집, 2001.
 70. 이진호, 방영진, 선우섭 : 강도별 진동운동시의 에너지 대사 변화, 한국학교체육학회지, 2003.
 71. Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S. : Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training, *Med Sci Spor Exer*, 2003.
 72. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsaroela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A. & Viru, A. : Hormonal responses to whole-body vibration in men, *Eur J Appl Physiol*, 2000.
 73. 임용택 : 터보소닉(Turbosonic) 음파전신진동운동기의 임상 종합 보고서, 고려대학교 부설 스포츠과학연구소, 2005.