

# 새로운 운동-트레이닝 처방 방안으로서 전신진동운동에 관한 연구

임 용 택 (고려대학교)

## 국문초록

2000년을 전후하여 유럽을 중심으로 급속도로 보급된 전신진동운동(WBV ; whole body vibration)은 본래는 골다공증 환자들을 위한 골밀도 향상용 운동기구로 개발되었으나, 이후 여러 연구자들에 의해 다양한 운동기능의 향상과 에너지 대사 및 혈류량 증가에도 긍정적인 영향을 미친다고 보고되었다. 전신진동운동은 안전하고 편안한 상태에서 전신을 훈련시킬 수 있는 새로운 형태의 운동으로서 현장에서의 활용가치가 웨이트트레이닝이나 달리기와 같은 전통적인 형태의 운동에 비해 결코 뒤떨어지지 않지만 국내에서는 이에 관한 정보나 스포츠 과학적 연구가 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 새로운 운동-트레이닝 처방 방안으로서 전신진동운동에 대해 소개하고, 관련 선행연구를 고찰하며, 전신진동운동의 기초적인 유·무산소성 운동효과를 실험을 통해 규명함으로써 현장의 지도자나 선수들에게 유익한 정보를 제공해 주고자 하였다.

연구결과 전신진동운동은 근육기능 향상, 골밀도 향상, 산소섭취량 증가, 혈류량 증가, 체지방을 감소 등 인체 거의 모든 기관에 골고루 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 아직 관련 연구가 부족하여 진동을 일으키는 기계적 메카니즘이나 진동의 형태, 또는 진동수 등의 변화에 따른 효과의 차이에 관한 과학적이고 체계적인 정보가 부족하였다. 그러나 그 효과적인 측면과 안전성을 고려할 때 추가적인 연구가 지속적이어 이루어질 경우 새로운 운동-트레이닝 처방 방안으로서 손색이 없을 것이라 생각된다.

**주요어** : 전신진동운동, 운동처방, 트레이닝, 근기능, 지방대사

책임저자 : 임 용 택 서울특별시 성북구 안암동 5가 1번지 고려대학교 strength@korea.ac.kr

## I. 서론

신체적 단련을 통하여 타고난 잠재적 기량을 최대한 발휘하도록 하는 것이 스포츠에서의 승패를 좌우하는 가장 중요한 길이지만, 대부분의 운동선수들이나 지도자들, 스포츠 과학자들은 상대 선수보다 조금이라도 더 나은 경기력을 갖고자 끊임 없이 새로운 수단을 추구한다. 이러한 새로운 방법으로는 크게 트레이닝 내적인 부분에서는 새로운 기술과 보다 더 효율적인 트레이닝 방법의 개발을 들 수 있을 것이며, 외적인 부분에서는 에르고제닉 에이드라 불리는 물질, 기술, 장비 등의 수행보조제의 개발을 들 수 있을 것이다(김영수, 박현, 이명천, 1999).

이러한 현상은 비단 엘리트 체육 현장에서뿐만 아니라 건강의 유지 및 증진을 추구하는 일반인들에게서도 흔히 나타나는 현상들일 것인데, 조금이라도 편하고 안전하게 운동하면서 힘들고 고된 운동을 한 효과를 거둘 수 있다면 많은 사람으로부터 환영받을 수 있을 것이다. 최근 들어 안전하고 편리하면서도 근골격계뿐만 아니라 순환계, 내분비계 등에 골고루 영향을 미친다는 연구결과가 발표되어 새로운 운동-트레이닝 처방 방법으로 그 관심이 증대되고 있는 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 중력부하(gravitational load)를 인위적으로 조절함으로써 근육을 보다 빠르고 강하게 수축하게 함으로써 새로운 자극을 가하는 방법이다(Bosco, 1992). 사실 전신진동운동과 같이 중력부하를 조절하여 근육의 폭발적인 파워를 향상시키는 방법은 몸에 별도의 무게를 매달고 점프훈련을 하는 등의 방식으로 이전부터 이루어져 왔다(Bosco, Zenon, Rusco, Dal Monte, Latteri, Bellotti, Candeloro, Locatelli, Azzaro, Pozzo & Bononi, 1984; Bosco, 1985). 그러나 이러한 훈련방법들은 인체에 무리한 자극을 가하여 자칫 상해를 유발할 수 있으며, 또한 어떤 선수들에게는 너무 과도한 트레이닝 부하가 되어 오버트레이닝에 의한 부작용을 초래할 수 있다.

따라서 최근에는 인체에 별다른 부담을 주지 않으면서도 인위적으로, 그리고 정량적으로 중력을 조절하여 근육에 새로운 자극을 가함으로써 근기능을 향상시키는 다양한 기계장치들이 개발되었다(Galileo<sup>®</sup>, Power-Plate<sup>®</sup>, Fitvibe<sup>®</sup>, Turbo-trainer<sup>®</sup>). 또한 이러한 장비들을 활용한 다양한 연구결과들이 발표되었다.

Bosco, Colli, Introini, Cardinale, Tsarpela, Madella, Tihanyi & Viru(1999)는 6명의 국가대표 여자배구 선수들을 대상으로 전신진동운동이 레그-프레스(leg-press) 수행력에 미치는 효과를 규명한 결과 전신진동운동을 실시한 다리의 수행력이 그렇지 않은 다리에 비해 유의하게 높았다고 하였으며, Cardinale(2002)은 규칙적인 운동프로그램에 참여하고 있는 62명을 대상으로 10일간 전신진동운동이 5s of continuous jumping(5s CJ)를 이용한 점프 파워에 미치는 효과를 연구한 결과 실험집단에서 평균 점프 높이가 11.9% 향상되었고, 점프 최고 높이 및 최고 점프시 평균 파워도 유의하게 증가했다고 하였으며, 이는 전신진동운동이 근섬유 크기의 증가 없이 신경계의 요인들을 발달시켜 근기능을 향상시킨 것이라 하였다.

또한 Trovinen, Kannus, Sievaenen, Jaervinen, Pasanen, Kontulainen, Jaervinen, Oja & Vuori(2002)는 56명의 건강한 남녀를 대상으로 4개월간 주당 3~5회의 빈도를 전신진동운동을 실시한 결과 실험집단에서 수직 점프력은 2개월 후 10.2%, 4개월 후 8.5%가 증가하였으며, 하지근의 굴근력은 2개월 후 3.7%, 4개월 후 2.5%가 증가하였다고 하였다.

Delecluse, Roelants & Verschueren(2003)은 특별한 신체활동 프로그램에 참여하지 않는 67명의 여성을 저항운동집단, 전신진동운동집단, 전신진동-위약집단, 통제집단으로 분류하여 12주간 트레이닝을 실시한 결과 저항운동집단과 전신진동운동집단에서 정적근력과 동적근력이 유의하게 증가하였고, 그 증가폭은 저항운동집단보다 전신진동운동집단에서 보다 크게 나타났다고 하였으며, CMJ(counter movement jump)를 이용한 점프력 비교에서는 전신진동운동집단에서만 유의한 향상을 보였다고 하였다.

이 외에도 전신진동운동이 혈류속도를 증가시켰다는 Kersch-Schindl, Gramp, Henk, Resch, Preisinger, Fialka-Moser & Imhof(2001)의 연구, 전신진동운동 후 나타나는 호르몬의 변화가 강력한 저항훈련 후 나타나는 호르몬 변화와 동일한 결과를 보였다는 Bosco, Iacovelli, Tsarola, Cardinale, Bonifazi, Tihanyi, Viru, De Lorenzo & Viru(2000)의 연구, 전신진동운동 중 최대산소섭취량이 두 배 이상 증가하였다는 Rittweger, Schiessl & Felsenberg(2001)의 연구, 요통질환자를 대상으로 전신진동운동을 실시한 결과 통증지수와 허리의 굴근력이 증가하였다는 Rittweger, Just, Kautzsch, Reeg & Felsenberg(2002)의 연구, 24주 동안 전신진동운동을 실시하면서 저항운동을 실시한 결과 정적근력과 동적근력, 엉덩이의 골밀도가 증가하였다는 Verschueren, Roelants, Delecluse, Swinnen, Vererschueren & Boonen(2004)의 연구들이 있다.

이상에서 보는 바와 같이 전신진동운동의 실시는 근골격계 기능 및 구조의 개선뿐만 아니라 순환계의 기능도 향상시켜 줄 수 있는 것으로 나타났다.

우리나라에 전신진동운동 장비가 소개된 것은 2002 월드컵 축구 대표팀 감독이었던 Guus Hiddink가 파워프로그램의 일환으로 도입한 것이 최초라 할 수 있으며, 그 이후에는 주로 비만클리닉이나 통증클리닉을 중심으로 사용되어지고 있다. 따라서 아직까지 우리나라에서는 전신진동운동이 전문 스포츠 영역에서의 사용이 거의 이루어지지 않고 있으며, 따라서 그에 관한 학술적 연구 또한 서너 편에 불과한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 손쉽고 안전하면서도 다양한 장점을 갖고 있는 전신진동운동에 관해 그 기전과 선행 연구들을 고찰해 보고, 기초 연구로서 전신진동운동이

혈중 유리지방산과 근육에 미치는 효과를 규명함으로써 일선의 운동-트레이닝 처방 현장에서 전신진동운동을 활용하는데 있어 기초적인 정보를 제공하고자 한다.

## II. 전신진동운동의 기전

현재까지 이루어진 전신진동운동에 관한 연구들에서 그 기전에 관해 명확하게 분석한 연구는 없다고 해도 과언이 아닐 것이다. 본 연구자 또한 이러한 전신진동운동이 인체에 작용하는 정확한 기전을 이해하고자 의사, 진동학자, 물리학자 등을 찾아 자문을 구해봤음에도 불구하고 이쉽게도 정확한 답변을 얻어내지는 못했다. 따라서 본 연구에서는 선행연구들에서 부분적으로 제시한 전신진동운동의 기전들을 연구자의 관련지식이 허락하는 범위 안에서 요약 및 정리하였음을 밝히며, 또한 영문자료들을 번역하는 과정에서 일부 정확하지 않은 표현들이 사용되었음을 부인할 수 없다.

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 생물학적인 적응 기전에 대해서는 아직 명확하지 않다.

중력은 일상생활이나 트레이닝 중 근육의 구조적 발달을 일으키는 기계적 자극의 중요한 요인으로 작용한다. 근력이나 파워의 발현을 향상시키기 위한 운동 프로그램들은 중력가속도(*gravitational acceleration*)의 신속하고 격렬한 변인들로 수행되는 운동들로 이루어져 있다 (Bosco, 1992). 이러한 관계에서 볼 때 웨이트 자켓을 착용하는 것과 같이 과중력(*hypergravity*) 상태를 만들어 주므로써 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 기계

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

고신전부하(*high stretching loads*)를 이용한 트레이닝은 신전반사(*stretch-reflex*)를 발달시키고, 골지건기관(GIO; *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). 이뿐만 아니라 운동단위의 폭발적인 파워 트레이닝은, 예를 들어 운동단위의 동시활성화(*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 측면에서 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). 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-motoneurons connections)를 통해 흥분성 자극의 흐름을 야기한다는 가능성에 대해서는 Lebedev & Peliakov(1991)에 의해 밝혀진 바 있다. 또한 진동자극이 Ia loop을 통해  $\alpha$ -운동신경을 조절하여 운동성 흥분의 감소 없이 힘을 발휘하게 된다. Burke, Schutten, Kocaja & Kamen(1996)은 진동반사(vibration reflex)가  $\alpha$ -운동신경에 강력하게 작용하며, 자의적인 근수축을 수행할 때와 동일한 대뇌 수질에서 나온 원심성 경로를 이용하지는 않는다고 하였다. 또한 Kasai, Kawanishi & Yohagi(1992)는 진동자극으로 인해 야기된 근방추 수용기의 활성화는 직접적으로 진동자극을 받은 부위의 근육뿐만 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).

이상에서 보는 바와 같이 전신에 대한 다양한 진동자극은 근육조직과 신경조직 모두에 새로운 적응을 일으킴으로써 근력이나 순발력과 같은 근기능을 향상시키는 것으로 나타났다.

### III. 전신진동운동에 관한 선행연구 고찰

#### 1. 전신진동운동이 근기능 향상에 미치는 효과

근기능은 힘을 발휘할 수 있는 근력과 그 힘을 주어진 시간 동안 유지할 수 있는 근지구력으로 크게 분류할 수 있는데(Rittweger, Schiessl & Felsenberg, 2003), 전신진동운동이 근기능에 미치는 긍정적 효과에 대해서는 여러 가지 연구들이 있다.

전신진동운동의 일회성 처치가 다리근육의 파워와 수축속도의 향상에 영향을 미친다는 Bosco 등(1999a)의 연구, 팔의 굴곡근에서 EMG상의 EMG/power(W) 비율이 감소했는데, 이것은 근신경계의 능률이 강화된 현상을

보여준 것으로 전신진동운동이 근신경계의 적응을 가져온다는 Bosco 등(1999b)의 연구가 있다.

이러한 일회성 효과 이외에도 90초간 5세트의 전신진동운동을 10일간 실시한 결과 수직점프능력이 향상되었다는 Bosco, Cardinale, Tarpela, Colli, Tihanyi, Duvillard & Viru(1998)의 연구, 3주 동안의 전신진동운동을 포함한 근력강화 트레이닝이 그렇지 않은 트레이닝보다 팔목할 만한 근력의 증가를 가져왔다는 Issurin, Liebermann & Tenenbaum(1994)의 연구 등이 있다. 또한 고령자를 대상으로 한 연구에서는 12주간의 전신진동운동 실시 후 나타난 근력의 증가로 인해 의자에서 일어나는 테스트의 수행 속도가 18%나 향상되었다는 연구결과도 있다(Runge, Rehfield & Resicek, 2000). 이러한 결과들은 전신진동운동의 단기, 장기간의 적용에 대한 근신경계의 적응을 보여주는 것이다.

근육의 전체적인 기능 향상에 초점을 맞춘 연구 이외에도 전신진동운동의 실시에 따른 근세포의 변화도 주목할 것이었는데, 대퇴사두근에 진동 자극을 주었을 때 슬개근 반사의 민감도(Burke et al., 1996)와 근방추 수용기의 활성화를 촉진시킨다고 하였다(Kasai et al., 1992). 이외에도 쥐를 대상으로 한 연구에서 전신진동운동이 골격근의 지근과 속근을 증가시켰다고 보고하였고(Necking, Dahlin, Frieden, Lundborg, Lundstorm & Thornell, 1992), 쥐의 사지를 매달아 둔 상태에서 가자미근의 위축 방지 효과를 살펴본 결과 진동자극의 적용이 근육의 위축을 완전히 예방할 수는 없었지만 대조군에 비해 근위축시간을 유의하게 지연시켰다고 보고하였다(Falempin & In-Albon, 1999).

이상에서 보는 바와 같이 전신진동운동의 실시는 근기능 강화 트레이닝을 지속적으로 해 온 선수들의 근육계에 새로운 형태의 자극을 주므로써 추가적인 신경적응을 일으킬 뿐만 아니라 근섬유 자체의 형태적, 기능적 발달을 일으킴으로써 다양한 측면에서의 근기능 발달에 도움을 주는 것으로 나타났다.

#### 2. 전신진동운동이 순환계 및 골격계에 미치는 효과

전신진동운동은 근육과 주변 조직을 발달시켜 근기능

을 향상시킬 뿐만 아니라 순환계, 내분비계, 골격계에도 영향을 미친다. 이는 여러 선행 연구를 통해 확인할 수 있는데, Rittweger 등(2001)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 음파촬영술(sonography)과 초음파 기기를 이용하여 전신진동운동이 혈류량에 미치는 영향을 연구한 Kersch-Schindl 등(2001)의 연구에서는 슬와부 동맥의 혈류속도가  $6.5\text{cm/s}^{-1}$ 에서  $13.0\text{cm/s}^{-1}$ 로 두 배 가량 빨라졌으며, 혈류저항지수 또한 유의하게 감소하였다고 하였다.

전신진동운동이 호르몬 분비의 변화에 미치는 효과에 관해서도 연구되었는데, Bosco 등(2000)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 웨이트트레이닝을 실시했을 때와 유사한 결과를 나타냈다고 하였다.

또한 폐경 후 여성 25명을 대상으로 6개월간 전신진동운동과 저항운동을 실시한 후 엉덩이 골밀도를 측정하고 결과 저항운동집단에서는 실시 전과 후 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 전신진동운동 집단의 골밀도는 유의하게 증가하였다고 하였다(Sabine, Machteld, Christophe, Stephan, Dirk & Steven, 2004).

한편 국내에서는 주로 전신진동운동이 에너지 대사나 비만에 미치는 효과에 관해 단 몇 편의 연구만이 이루어졌는데, 김진국(2000)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 신전파위, 전신반응속도, 민첩성 등이 유의하게 증가하였다고 하였으며, 전민석(2001)도 유사한 연구에서 피부두겹집기법을 이용하여 측정된 상완삼두근부, 견갑골 하부, 장골능 상부, 가슴부, 대퇴부, 하퇴부의 피하지방 두께가 유의하게 감소하였다고 하였다. 또한 문황운과 선우섭(2003)은 진동운동 및 식이 병행요법이 비만 중년여성의 신체조성과 체력, 혈중지질에 미

치는 영향에 관한 연구에서 체지방율과 VLDL이 유의하게 감소하였으며, 이진호, 방영진, 선우섭(2003)은 강도별 진동운동시 에너지 대사의 변화에서 남·녀 대학생 18명을 대상으로 다양한 자세에서의 진동운동시 에너지 대사를 관찰한 결과 강도(Hz)에 관계 없이 산소섭취량은 자전거에르고메터를 이용한 최대운동시의 약 31.0%에 해당하고, 평균심박수는 58.0%, 수축기혈압은 83%, 혈중 젓산농도는 27% 정도라고 보고하였다.

위와 같은 선행연구들을 고찰해 볼 때, 전신진동운동이 근육계, 골격계, 순환계 등에 이로운 영향을 미친다는 사실에는 대부분 일치하는 연구결과를 보였다. 그러나 이러한 실험들이 대부분 일부 진동수(대부분 26Hz/sec)에서 이루어졌으며, 그 강도 또한 제시되지 않았다. 따라서 보다 전신진동운동에 관한 보다 자세하고 체계적인 정보를 제공해 주기 위해서는 진동을 일으키는 기전이나 진동수, 진동의 강도 등을 다양하게 설정한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

## IV. 전신진동운동에 관한 실험 결과

본 연구에서는 전신진동운동이 혈중지질과 근육계에 미치는 가장 기본적인 효과를 규명하고자, 10분간의 전신진동운동이 혈중 유리지방산(FFA)에 미치는 효과와 각 진동수별 근전도의 변화를 관찰하였다. 본 연구에 사용된 전신진동운동기는 음파를 이용한 정밀 수직 진동을 제공하는 티보소닉음파진동운동기(TSKOREA社, KOREA)를 이용하였으며, 따라서 진동을 일으키는 방식이 다른 진동운동기를 사용할 경우에는 본 연구와 상이한 효과가 나타날 수 있다.

### 1. 전신진동운동이 혈중 유리지방산(FFA) 농도에 미치는 효과

본 연구에서는 전신진동운동이 혈중 FFA 농도에 미치는 효과를 규명하고자 전신진동운동만을 실시했을 때 혈중 FFA 농도의 변화와 유산소운동의 준비운동으로서 전신진동운동을 실시했을 때 유산소 운동 중과 회복기 혈중 FFA 농도의 변화를 관찰하였다.

본 연구에 앞서 연구자는 전신진동운동의 유산소성

운동효과에 관한 기초정보를 얻고자 일차적으로 가스분석기를 착용한 채로 직립자세에서 다양한 진동수의 진동을 가하여 산소섭취량의 변화를 관찰하였으며, 그 결과 산소섭취량이 가장 큰 폭으로 증가한 것으로 나타난 8Hz, 10Hz, 12Hz에서 운동시 혈중 유리지방산의 농도 변화를 분석하였다.

### 1) 연구대상

현재 K대학교 체육교육과에 재학중인 20대 초반의 학생 8명(남 5명, 여 3명)을 대상으로 하였으며, 연구대상자의 신체적 특성은 다음의 <표 1> 과 같다.

표 1. 연구대상자의 신체적 특성

항목 집단	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	체지방 율 (%)	M±SD
					복부지 방울
실험집단 (N=8)	22.53 ±3.11	175.25 ±7.30	64.46 ±12.04	13.29 ±3.80	0.77 ±0.03

### 2) 연구방법

본 연구는 동일한 피험자 집단을 대상으로 2회를 실시하였다. 1차 실험에서는 특별한 준비운동 없이 본운동인 트레드밀 달리기(걷기)를 실시하였으며, 2차 실험에서는 본운동에 앞서 10분간 전신진동운동을 실시하였다(그림 1), (그림 2).

(1) 전신진동운동 : 전신진동운동은 강도(volume) 70%에서 진동수(Hz)를 12Hz(3분) - 10Hz(3분) - 8Hz(4분)으로 실시하였다.

(2) 본운동(트레드밀 달리기) : 본운동은 일반인들이 평상시에 행하는 운동강도에 맞추기 위해 30분 동안 실시하였으며, 속도는 매 10분마다 2.5mph(약 4km/h; 가볍게 걷기) - 3.8mph(약 6km/h; 속보로 걷기) - 5.0mph(약 8km/h; 가볍게 달리기)로 증가시켰다.

(3) 혈액분석 : 채혈은 각 측정시점(그림 1, 2)마다 상완 정중정맥혈관에서 카테터를 이용하여 가능한 달리는(걷는) 자세를 유지한 채로 실시하였으며, 원심분리기를 이용하여 혈장을 분리한 후 혈액분석 전문기관인 (주)네오

딘에 분석을 의뢰하여 혈중 유리지방산(FFA)를 분석하였다.



그림 1. 1차 실험절차

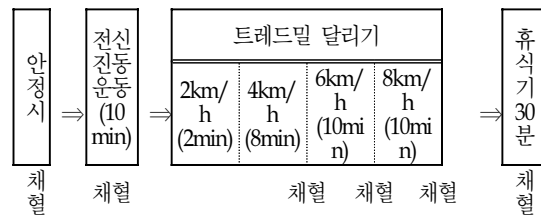


그림 2. 2차 실험절차

### 3) 연구결과 및 논의

8명의 피험자를 대상으로 1차와 2차 실험을 통해 얻은 혈액을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

#### (1) 전신진동운동 전·후 혈중 FFA 농도의 변화

10분간의 전신진동운동 실시에 따른 혈중 FFA 농도는 실시 전 358.00±140.64(Eq/l)에서 실시 후 528.63±228.83(Eq/l)으로 증가하였으며(그림 3), 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다(p= .021).

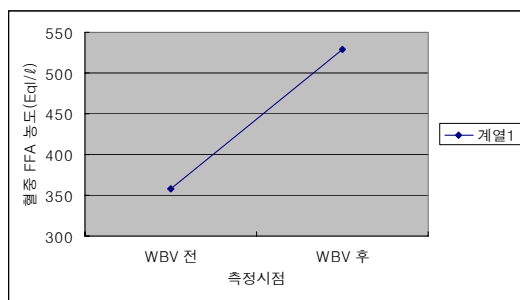


그림 3. 전신진동운동에 따른 혈중 FFA 농도의 변화

위의 (그림 3)에서 보는 바와 같이 10분간의 전신진동 운동 실시는 혈중 FFA 농도를 유의하게 증가시키는 것으로 나타났다.

이러한 결과로 볼 때, 전신진동운동의 실시는 혈중 FFA 농도를 증가시킴으로써 이후의 일상생활이나 신체 활동시 에너지원으로서 지방의 동원율을 향상시켜 줄 수 있을 것으로 생각된다.

(2) 전신진동운동 처치에 따른 각 측정시점별 혈중 FFA 농도의 변화

본운동 전에 준비운동으로서 실시하는 전신진동운동이 본운동중과 회복기 혈중 FFA 농도의 변화에 미치는 영향을 측정된 결과 전신진동운동을 실시하지 않고 본운동만을 실시한 경우에는 432.50±156.99Eq/ℓ(운동 10분 후), 502.75±179.51Eq/ℓ(운동 20분 후), 430.50±150.01Eq/ℓ(운동 30분 후), 499.50±148.77Eq/ℓ(휴식기 30분)으로 나타났으며, 본운동 실시에 앞서 10분간 전신진동운동을 실시한 경우에는 480.00±154.89Eq/ℓ(운동 10분 후), 568.13±181.75Eq/ℓ(운동 20분 후), 463.63±178.11Eq/ℓ(운동 30분 후), 552.13±171.69Eq/ℓ(휴식기 30분)으로 나타났다(그림). 유의성 검증을 위한 중속 t-검증 결과 운동 10분 후(p=.055), 20분 후(p=.172), 30분 후(p=.340)에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 회복기 30분에서는 유의한 차이가 나타났다(p=.040).

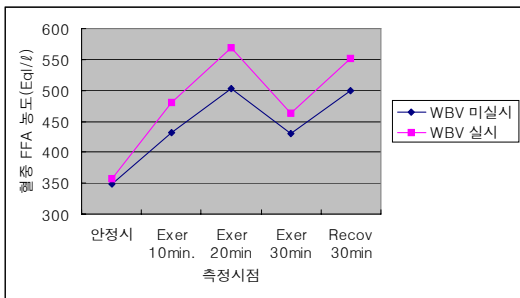


그림 4. 전신진동운동 처치에 따른 운동 중 혈중 FFA 농도의 변화

위의 (그림 4)에서 보는 바와 같이 전신진동운동을 실시한 후 달리기(걷기) 운동을 실시한 경우 운동 중 혈중

FFA 농도가 높은 것으로 나타났으며, 종료 후 회복기에도 유의하게 높은 상태가 유지되었다.

이러한 결과로 볼 때, 전신진동운동은 혈중 유리지방산의 동원 속도를 신속하게 하고, 그 양을 증가시킴으로써 지방대사를 활성화시켜 체지방 소모 측면에서 보다 짧은 시간의 유산소 운동만으로도 보다 높은 운동효과를 거둘 수 있을 것으로 생각된다.

2. 직립자세에서의 각 진동수(Hz/sec)별 근전도의 변화

선행 연구들을 고찰해 볼 때 전신진동운동이 전신의 근육계에 고루 영향을 미친다는 것은 자명한 사실로 받아들일 수 있다. 특히 Delecluse 등(2003)은 전통적인 웨이트트레이닝을 실시한 집단에서보다 전신진동운동을 실시한 집단에서 보다 큰 폭의 하체근력 증가를 보였다고 하였으며, Bosco 등(2000)은 전신진동운동 후 혈중 호르몬 농도를 분석한 결과 GH와 testosterone의 농도가 증가하고, cortisol 농도가 감소하여 고강도의 웨이트트레이닝을 실시했을 때와 비슷한 결과를 보였다고 하였다.

그러나 두 연구가 모두 26Hz/sec의 진동수를 이용하여 이루어져 다른 진동수에 관한 정보를 제공해 주지 못하고 있어, 본 연구에서는 각 진동수별 근육에 미치는 효과에 관한 보다 많은 정보를 제공해주기 위해 직립자세에서 다양한 진동수의 진동을 10초간 제공한 후 나타난 근전도를 측정하였다.

1) 연구대상

현재 K 대학교 체육교육과에 재학중인 20대 초반의 남학생 10명을 대상으로 하였으며, 연구대상자의 신체적 특성은 다음의 <표 2> 와 같다.

표 2. 연구대상자의 신체적 특성

항목	M±SD			
	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	근육량 (kg)
실험집단 (N=10)	22.75 ±2.92	179.13 ±4.52	73.35 ±7.53	60.65 ±5.88

## 2) 연구방법

본 연구는 피험자가 전신진동운동기 위에 서서 주기적(10초 간격)으로 진동과 무진동을 반복하면서 진동수를 서서히 올려가면서 근전도를 측정하는 방식으로 실시하였다.

(1) 근전도 측정 : 8채널 무선 근전도측정기(WEMG8, LAXATHA INC. KOREA)를 이용하여 8부위(대흉근, 복직근, 이두근, 승모근, 척추기립근, 대둔근, 대퇴사두근, 가자미근)를 측정하였으며, 전용 소프트웨어를 사용하여 RMS(root mean square; 일정 시간 동안 발휘된 근력의

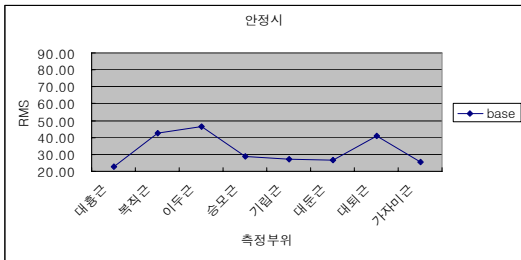


그림 5. 안정시의 부위별 근전도

합)로 환산하여 평균치를 구하였다.

(2) 전신진동운동 : 진동플레이트에 올라 선 상태로 진동이 없는 상태에서 10초간 자세를 유지한 후 10초 간격으로 4Hz-6Hz-8Hz-12Hz-16Hz-20Hz-24Hz-30Hz-40Hz 순으로 진동수를 증가시켰다.

## 3) 연구결과

피험자 10명을 대상으로 10초간 각 진동수별 근전도를 측정하여 RMS값으로 환산한 후 그 평균값을 산출하였으며, 그 결과는 다음의 (그림 5)~(그림 14)와 같다.

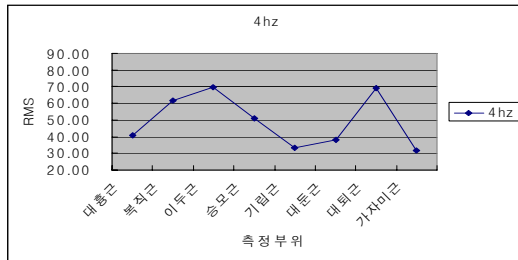


그림 6. 4Hz시의 부위별 근전도

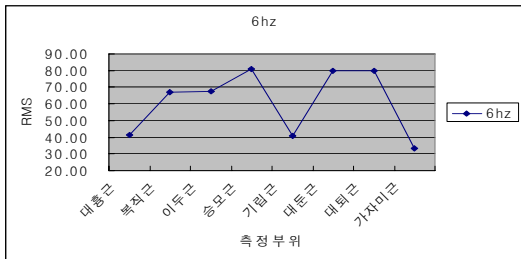


그림 7. 6Hz시의 부위별 근전도

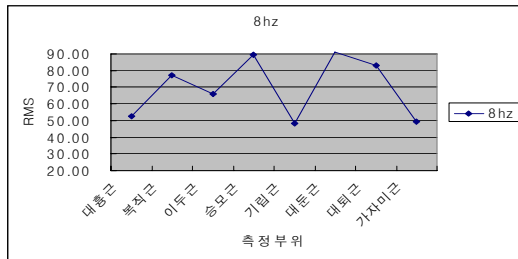


그림 8. 8Hz시의 부위별 근전도

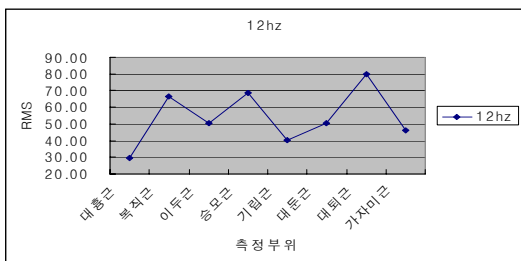


그림 9. 12Hz시의 부위별 근전도

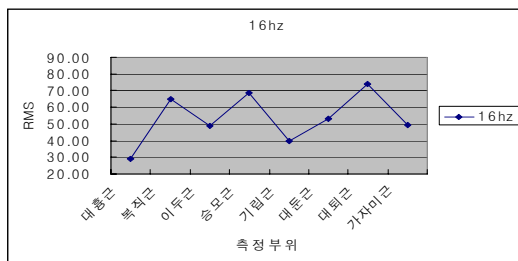


그림 10. 16Hz시의 부위별 근전도



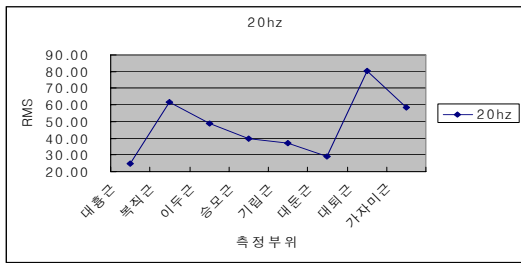


그림 11. 20Hz시의 부위별 근전도

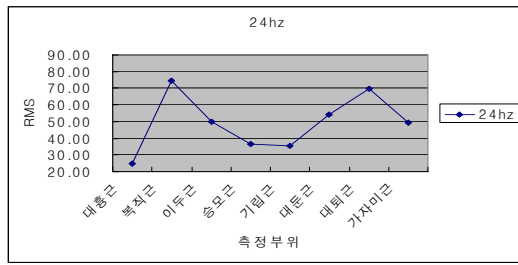


그림 12. 24Hz시의 부위별 근전도

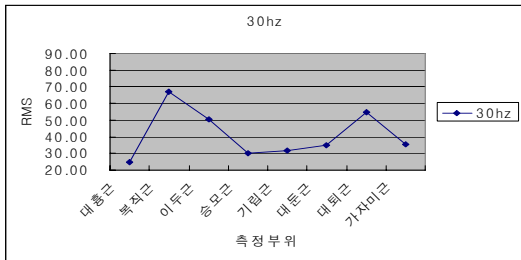


그림 13. 30Hz시의 부위별 근전도

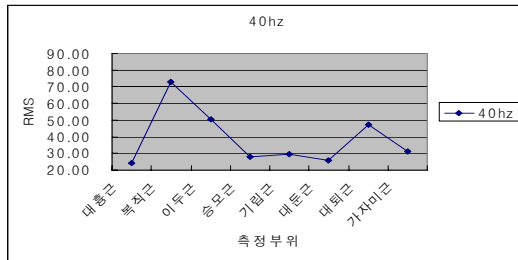


그림 14. 40Hz시의 부위별 근전도

위의 (그림 5) ~ (그림 14)의 결과를 정리하여 각 근육이 활발하게 활성화되는 진동수를 구한 결과는 다음의 <표 3> 과 같다.

표 3. 각 근육별 활성화 진동수

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

## V. 맺음말

경기력 향상을 목적으로 하는 선수들이나 건강증진을 목적으로 하는 일반인들 모두 운동의 효율성을 높이기 위해 스포츠 과학적 정보를 활용하여 다양한 트레이닝, 또는 운동프로그램들을 실시하고 있다.

과거에는 운동이란 "자의적인 대근의 수축(voluntary muscle contraction of gross motor)"이 필수적인 요소로 여겨졌지만, 비록 그러한 정의에는 부합되지 않다 하더라도 선수들에게 있어 훈련의 효과를 증폭시키거나 일반인들이 보다 적은 노력을 들이고서 힘든 운동의 효과를 거둘 수 있는 방법이 있다면 선수나 일반인들 모두에게서 크게 환영받을 것이다.

2000년을 전후하여 유럽을 중심으로 급속도로 보급된 전신진동운동(WBV ; whole body vibration)은 본래는 골다공증 환자들을 위한 골밀도 향상용 운동기구로 개발되었으나, 이후 여러 연구자들에 의해 다양한 운동기능의 향상과 에너지 대사에도 긍정적인 영향을 미친다고

보고되었다. 운동기능 향상과 관련된 선행연구들을 간략하게 정리해보면 전신진동운동은 짧은 시간(10분 1회)동안의 운동만으로도 점프능력과 같은 순발력의 발현능력을 유의하게 향상시킨다고 하였으며, 산소섭취량을 증가시키며, 혈류량을 증가시키고, 근육의 수행력과 관련된 각종 혈액요소들(testosterone, growth hormone, cortisol, norepineprine 등)의 변화를 일으킨다고 하였다.

본 연구에서는 이러한 다양한 효과를 가진 전신진동운동을 일선의 지도자들과 선수들에게 소개하고자 선행연구들을 고찰하고, 본연구자가 실험을 통해 얻은 결과를 제시하였다.

선행연구를 고찰한 결과 대부분 초기 연구에서 사용되었던 형태의 전신진동운동기와 진동수를 이용한 반복적인 연구가 이루어져 왔으며, 전신진동운동이 진동을 일으키는 기전, 진동의 형태(수직진동, 수평진동, 또는 복합진동 등), 진동수(Hz/sec), 진동의 강도 등의 변수에 따른 연구는 아직까지 구체적으로 이루어지지 않고 있다. 물론 본 연구자도 특정 업체의 전신진동운동을 사용하였고, 본 연구자가 예비실험을 통해 얻은 자료를 토대로 연구를 진행한 바 본 연구결과를 일반화시키기에는 무리가 따른다는 것을 부인할 수 없다. 그러나 이러한 다양한 변수에도 불구하고 선행연구와 본 연구자의 연구결과를 종합해 볼 때 전신진동운동이 안전하고 편안한 상태에서 근육과 골격계, 순환계에 자극을 주므로써 전신진동운동 자체가 갖는 운동효과뿐만 아니라 전통적인 운동의 준비운동이나 정리운동과정에 활용할 경우 부가적인 운동효과를 얻을 수 있다고 할 수 있다.

앞에서 밝힌 바와 같이 본 연구의 목적은 새로운 운동 형태인 전신진동운동을 현장의 지도자들과 선수들에게 소개하는데 있다. 전통적인 운동형태에 비해 그 역사가 매우 짧고 학문적 연구 또한 턱없이 부족하여 아직까지는 자세하고 많은 정보를 제공해 줄 수는 없지만, 추후에 다양한 변수들을 고려한 연구들이 지속적으로 이루어질 경우 다른 어떤 형태의 전통적 운동과 비교해서도 그 효과면에서 뒤떨어지지 않고 안전한 운동형태가 될 것이다.

## 참고문헌

- 김영수, 박현, 이명천(1999). 운동을 위한 영양학적 에르고제닉 에이드에 관한 고찰. *체육과학연구*. 10(3), 78-109
- 김진국(2000). 진동 트레이닝이 비만 중년 여성의 체력 및 혈중지질에 미치는 효과. *경희대학교 대학원 스포츠과학과 미간행석사학위논문*
- 문황운, 선우섭(2001). 진동운동 및 식이 병행요법이 비만 중년 여성의 신체조성과 체력, 혈중지질에 미치는 영향. 제 39회 한국체육학회 학술발표회 논문집. 654-664
- 이진호, 방영진, 선우섭(2003). 강도별 진동운동시의 에너지 대사 변화. *한국학교체육학회지*. 13(2), 95-104
- 전민석(2001). 진동트레이닝이 비만중년 여성의 신체구성, 체력 및 혈중지질에 미치는 영향. *경희대학교 대학원 스포츠과학과 미간행석사학위논문*
- Bosco, C. & Komi, PV(1981). The influence of vibration on muscle fiber composition of human leg extensors muscles. *Eur J Appl Physiol*. 41, 275-284
- Bosco, C., Komi, PV., Pulli, M., Pittera, C. & Montonen, H.(1981). Considerations of the training of the elastic potential of the human skeletal muscle. *IFVB Official magazine*. 2, 22-30
- Bosco, C.(1985). Adaptive responses of human skeletal muscle to simulated hypergravity condition. *Acta Physiol Scand*. 124, 507-513
- Bosco, C.(1992). 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.*
- Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O.(1999a).

- Influence vibration on mechanical power and electrogram activity in human arm flexor muscle. *Eur J Appl Physiol.* 79, 306–311
- Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O., Colli, R., Tihany, J., Duillard, S. P. & Viru, A.(1998). The influence of whole body vibration on jumping performance. *Biol Spor.* 15, 157–164
- Bosco, C., Colli, R., Introini, E., Cardinale, O., Tsarpela, A., Madella, J., Tihanyi, J. & Viru, R.(1999b). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol.* 19, 183–187
- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsaroela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A. & Viru, A.(2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol.* 81, 449–454
- Bosco, C., Zenon, S., Rusco, H., Dal Monte, A., Latteri, F., Bellotti, P., Candeloro, N., Locatelli, E., Azzaro, E., Pozzo, R. & Bonomi, S.(1984). The influence of extra loads on the mechanical behavior of skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol.* 53, 149–154
- Burke, J. R., Schutten, M. C., Koceja, D. M. & Kamen, G.(1996). Age dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response. *Arch Phys Med Rehabil.* 77, 600–604
- Cardinale, M.(2002). The effect of vibration on human performance and hormonal profile. Published Doctoral Thesis. Semmelweis University Doctoral School, Budapest.
- Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S.(2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Spor Exer.* 35(6), 1033–1041
- Falempin, M. & Albon, S. F.(1999). Influence of brief daily tendon vibration on rat soleus muscle in non-weight-bearing situation. *J Appl Physiol.* 87, 3–9
- Issurin, V. B., Liebermann, D. G. & Tenenbaum, G.(1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Spor Sci.* 12, 562–556
- Kasai, T., Kawanishi, M. & Yohagi, S.(1992). The effect of wrist muscle vibration on voluntary elbow flexion–extension movements. *Exp Brain Res.* 90, 217–220
- Kersch-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V. & Imhof, H.(2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol.* 21(3), 377–382
- Lebedev, M. A. & Peliakov A. V.(1991). Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration(in Russian). *Neirofiziologia.* 23, 57–65
- Necking, I. E., Dahlin, L. B., Frieden, J., Lundborg, G., Lundstorm, R. & Thornell, L. E.(1992). Vibration induced muscle injury. An experimental model and preliminary findings. *J Hand Surg.* 17, 270–274
- Rittweger, J., Just, K., Kautzsch, K., Reeg, P. & Felsenberg, D.(2002). Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension whole-body vibration exercise. *Spine.* 27(17),

- Rittweger, J., Mutschelknauss, M. & Felsenberg, D.(2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Func Im*. 23, 81–86
- Rittweger, J., Schiessl, H. & Felsenberg, D.(2001). Oxygen uptake during whole-body vibration exercise : comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol*. 86, 169–173
- Runge, M., Rehfeld, G. & Resnick, E.(2000). Balance training and exercise and geriatric patient. *J Musculoskelet*. 1, 61–65
- Sabine, V., Machteld, R., Christophe, D., Stephan, S., Dirk, V. & Steven, S.(2004). Effect of 6-months whole body vibration training on hip-density, muscle strength and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study. *J Bone Mineral*. 19(3), 352–359
- Trovinen, S., Kannus, P., Sievaenen, H., Jaervinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S., Jaervinen, T. L., Oja, P. & Vuori, I.(2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Spor Exer*. 34(9), 1523–1528
- Verschueren, S. M., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Verderschueren, D. & Boonen, S.(2004). Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study. *J Bone Mine Res*. 19(3), 352–359

## ABSTRACT

# The Study on Whole Body Vibration as a New Exercise-Training Prescription Method

Yong-Taek Rhim (Korea Univ.)

Originally, whole body vibration(WBV) was developed for patients with osteoporosis and came into wide use as instrument for increasing bone density centering around Europe since 2000. Recently, many researchers have reported that WBV has various positive effects on improving physical performance, energy metabolism, blood flow, and so on during exercise. In addition, it has been suggested that WBV is more safe and useful exercise method in exercise field compared to the traditional type of exercise such as running and weight training. However, there is few information and study for scientific evidence on WBV in our country. In the present study, we investigated the effect of WBV on aerobic and anaerobic exercise and also reviewed previous studies on WBA exercise in order to introduce WBV as a new method for exercise-training prescription to all kinds of exercise instructor and athletics.

Together with previous studies and the present results, it can be suggested that WBV has effect on enhancing muscle functions, bone density,  $VO_{2max}$ , and blood flow, while WBV exercise decreases body fat mass. Although it is still short of study on the effect of type of vibration and changes of vibration number during WBV, it is considered that WBV would be pretty worthwhile prescription and training method for athletics, instructor, and exercise specialist.

**Key Words** : whole body vibration, exercise prescription, training, muscle function, fat metabolism