

기립경사대 각도 증가에 따른 천골과 둔부 압력 변화

육군창

영남대학교의료원 물리치료실

Pressure on Sacrum and Buttock according to Tilt Table Inclination

Goon-Chang Yuk

Department of Physical Therapy, Yeungnam University Medical Center

Purpose: Although use of a tilt table is recommended in clinical practice, there are no published guidelines regarding pressure and inclination for tilt table use. The aim of the current study was to assess the changes of pressure on sacrum and buttock according to different inclination of the tilt table in healthy subjects.

Methods: Thirty two healthy subjects participated in this study. Subjects were positioned supine on the tilt table and safety straps were secured across the chest, pelvic, and knee with sufficient tension to prevent the subjects from falling. Pressure and peak pressure of sacrum and buttock were measured using pressure mapping system with the tilt table standing at 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, and 85° inclination.

Results: A significant decrease in the pressure of sacrum and buttock was achieved by increasing tilt table inclination ($p < 0.05$): 0°~15° (8.16%), 15°~30° (8.02%), 30°~45° (11.61%), 45°~60° (16.18%), 60°~75° (16%), and 75°~85° (11.48%). A significant decrease in the peak pressure was achieved by increasing tilt table inclination ($p < 0.05$): 30°~45° (9.91%), 45°~60° (19.24%), 60°~75° (19.93%), and 75°~85° (11.48%). No significant peak pressure change was observed in 0°~15°, 15°~30° tilt table inclination ($p > 0.05$).

Conclusion: The results of this study showed that the pressure of sacrum and buttock were decreased according to increasing tilt table inclination in healthy subjects. Guidelines are needed in order to optimize patient safety and overall outcome for tilt table standing.

Keywords: Tilt-table test, Pressure, Physical therapy modalities

I. 서론

다양한 질환으로 인해 상당한 도움 없이는 움직이거나 설 수 없는 환자들의 기립을 보조하거나 자율신경계의 기능을 검사하기 위해서 여러 가지 형태의 기립대(standing table)를 사용하고 있다. 기립경사대(tilt table)¹⁻³를 이용한 지속적 체중지지는 근육의 길이 유지에도 도움이 될 뿐만 아니라 고관절, 슬관

절, 족관절의 관절구축 예방, 골밀도 유지 및 심혈관 지구력 향상에도 기여하는 것으로 알려져 있으며 특히 신경계 손상 환자들을 위한 재활에서는 호흡기능 증진, 각성수준 향상, 기립성 저혈압 관리, 강직 감소, 항중력 근육 자극 등의 효과를 위해 치료 초기부터 경사기립을 실시하게 된다.³ 기립경사대에 환자를 세울 때 안정적 기립을 위해 흉부, 골반, 슬관절을 벨트로 고정시킨다. 기립대에서의 체중지지는 초기에는 부분적으로 시행하다가 점진적으로 전체 체중을 실어주게 되고 기립시간은 20~30분 정도이며 이와 같은 보조장비를 이용한 기립훈련은 조기 보행을 촉진하는 효과도 있다.⁴

압박성 욕창은 외부로부터 가해진 신체 조직 압박 때문에 조직 내 모세혈관의 혈액순환이 차단되어 조직내부로의 산소와 영양공급이 제한되어 발생하는 것이며, 신체 외부로부터

Received March 13, 2013 Revised April 9, 2013

Accepted April 15, 2013

Corresponding author Goon-Chang Yuk, goonchang@gmail.com

Copyright © 2013 by The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

터 가해진 압력은 피부와 그 아래에 위치한 근육을 압박할 뿐만 아니라 그 강도에 따라 골격 조직까지도 전달되면서 그 사이에 낀 모든 조직들을 압박할 수 있다.^{5,6} 압박성 욕창을 일으키는 주요한 요인으로는 미끌림(shear), 마찰(friction), 압박(pressure), 습도(moisture)가 있다. 압박성 욕창이 주로 호발하는 곳은 신체 좁은 부위로 높은 국소적 압박이 가해지는 천골, 좌골결절, 대전자, 발뒤꿈치, 발목상과, 대퇴골 내측상과, 팔꿈치, 견갑극, 척추골극, 후두부 등이 있다. 압박과 혈행에 대한 기존 연구에서 모세혈관은 32 mmHg의 압박에서 혈액순환이 차단되었으며,⁷ 이보다 큰 외부압력이 가해지면 혈관폐쇄가 올 수 있으므로 조직내부로의 원활한 혈액순환과 감압을 위해 침상에서는 2시간, 휠체어에서는 15분 간격으로 체위 변경할 것을 권고하고 있다.⁵

척수 손상, 뇌 손상, 화상 환자의 재활과 이차적인 장애 예방을 위해서 기립경사대에서의 기립은 거의 필수적이다.¹ 그렇지만 피부 혈행이 불량하거나 욕창이 있는 환자들의 경우 기립성 저혈압과 같은 이유로 인해 기립경사대에서 낮은 각도로 누워 있으면서 신체가 지속적 압박과 고정을 받아 욕창이 발생되거나 악화될 수도 있다는 우려 때문에 물리치료사들은 기립경사대의 적용을 기피했다. 그러나 기립경사동안 실제 피부 접촉면상에서의 압력변화에 대한 연구는 저자의 견해로는 아직 시행되지 않았으며 기립경사대에 대한 이전 연구들은 주로 중환자실에서의 기립경사대 활용, 호흡, 심혈관 반응, 체중 이동에 대한 것들이었다.^{1,2,8,9} 따라서 본 연구에서는 정상인들을 대상으로 기립경사대에서의 각도 변화가 욕창 호발 부위인 면서 가장 많은 체중과 압박을 받는 천골과 둔부에서의 압력 변화에 미치는 영향을 비교함으로써 환자들을 위한 기립경사대 치료의 이론적 배경을 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구 대상자의 일반적 특징은 Table 1에 제시한 바와 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (n=32)

Male/female	13/19
Age (yr)	30.4±4.7
Height (cm)	166.4±7.9
Weight (kg)	58.3±10.3
BMI (kg/m ²)	20.9±2.1

Values are presented as mean±standard deviation.

BMI: body mass index.

신경계, 근골격계, 피부계 문제가 없는 건강한 성인 남자 13명, 여자 19명 총 32명을 대상으로 하였으며 연구에 참여한 대상자들의 평균나이는 30.4세, 평균키는 166.4 cm, 평균체중은 58.3 kg이었다. 연구를 수행하기 전에 모든 대상자들에게 본 연구의 취지에 대하여 충분히 설명하였으며 대상자들로부터 연구참여에 대한 자발적 동의를 받은 후 연구를 진행하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구

(1) 기립경사대

연구에 사용된 전동 기립경사대(GR-9000, N-Tech Co., Korea)는 0°~90° 범위로 경사각도 변경이 가능하며 크기는 215 cm×80 cm이다. 기립경사대의 표면은 부드러운 스펀지와 인조가죽으로 덮여 있다. 그리고 기립경사대의 각도 측정을 위해서는 1° 단위로 각도로 측정이 가능한 Saunders digital inclinometer (Saunders Inc., Chaska, MN, USA)를 사용하였다.

(2) FSA pressure mapping system

기립경사대의 각도변화에 따른 둔부 압력분포를 측정하기 위해 FSA pressure mapping system (VISTA Medical, Winnipeg, MB, Canada)을 이용하였으며, 압력분포를 분석하기 위해서는 Force Sensitive Application 4.0 software (VISTA Medical)를 사용하였다. FSA pressure mapping system은 컴퓨터와 연결된 모듈 그리고 256 (16×16)개의 센서들이 들어있는 유연한 압력감지매트로 구성되어 있으며, 전제압력, 최대압력, 압력중심(center of pressure) 등을 색 등압선과 등고선으로 분석하여 출력 및 저장할 수 있다. 압력감지매트의 두께는 0.2 cm이며 각 센서의 직경은 2.38 cm×2.38 cm이며 최대 200 mmHg 단위까지 압력 측정이 가능하다.

2) 측정방법

기립경사대를 바닥과 평행하게 0°로 맞춘 후 FSA 매트를 편평하게 펴서 경사대 위에 깔아 두었다. 대상자를 기립경사대 위에 눕힌 후 FSA 매트가 둔부의 중심에 놓이도록 위치를 조정하였다. 기립경사 동안 대상자가 기립경사대에서 떨어지는 것을 막기 위해 흉부, 골반, 양쪽 무릎을 벨크로로 된 벨트를 이용하여 대상자를 고정하였으며 벨트 부착 압력은 실제 임상적용 환경과 동일하도록 병원에서 일상적으로 환자들에게 적용하는 강도로 하였으며 대상자가 안정감을 느끼는 범위에서 압박감을 느끼지 않도록 조정하였다. 대상자의 두 손은 벨트 밖으로 내어 편안하게 몸에 붙이도록 하였으며 기립경사대의 발

판 각도는 90°로 고정해 두었다. 압력 측정은 10 Hz로 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 85°에서 이루어졌으며, 각 각도에서 5초간 압력을 기록한 후 중간 3초의 측정값들을 분석에 사용하였다. 천골과 둔부의 압력 측정은 화면상에 나타난 압력중심을 기준점으로 하여 좌우상하 10×8 압력센서(23.8 cm×19.04 cm)구역의 값들을 추출하였다. 개인별로 체중이 다르기 때문에 0°일 때 측정된 압력을 100%로 보고 각도별 측정된 압력을 %로 변환하여 분석에 이용하였다. 그리고 최대압력을 알아보기 위해서는 측정된 80개의 압력센서의 값들 중 최대 압력을 보인 센서의 기록치를 분석에 이용하였다(Figure 1).

$$\% \text{ 압력} = (\text{측정된 압력} / 0^\circ \text{의 압력}) \times 100$$

3) 분석방법

측정된 자료는 상용프로그램인 SPSS for Window ver. 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 각도에 따른 천골과 둔부 압력과 최대압력 변화를 각각 비교하기 위해 일원 반복측정분산분석(repeated measurement one factor analysis)을 실시하였다. 통계학적 유의수준을 검증하기 위한 유의수준은 p<0.05로 하였다.

III. 결과

1. 기립각도에 따른 천골과 둔부의 압력 변화

기립경사대의 각도가 증가함에 따라 천골과 둔부 압력은 모든 각도에서 유의하게 감소되었다(p<0.5) (Table 2, Figure 2A). 기립경사대의 각도가 0°에서 15°로 증가하면 압력은 8.16% 감소되었고(p<0.5), 15°에서 30°로 증가하면 8.02% 감소되었고(p<0.5), 30°에서 45°로 증가하면 11.61% 감소되었고(p<0.5), 45°에서 60°로 증가하면 16.18% 감소되었고(p<0.5), 60°에서 75°로 증가하면 16% 감소되었고(p<0.5), 75°에서 85°로 증가하면 11.48% 감소하였다(p<0.5).

2. 기립각도에 따른 천골과 둔부의 최대압력 변화

기립경사대의 각도가 증가함에 따라 천골과 둔부 최대압력도 유의하게 감소하였다(p<0.5) (Table 2, Figure 2B). 구간별 비교에서 기립경사대의 각도가 0°에서 15°로 증가하면 최대압력은 3.2% 감소하였고(p>0.5), 15°에서 30°로 증가하면 0.19% 감소되었고(p>0.5), 30°에서 45°로 증가하면 9.91% 감소되었고(p<0.5), 45°에서 60°로 증가하면 19.24% 감소되었고(p<0.5), 60°에서 75°로 증가하면 19.93% 감소되었고(p<0.5), 75°에서

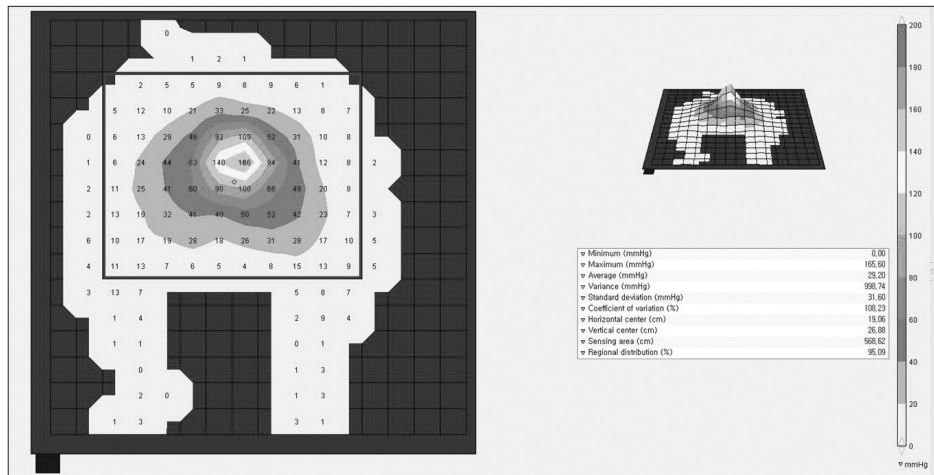


Figure 1. Interface pressure measurement. A graphical display of the pressure distribution on the tilt table.

Table 2. Change of the interface pressure on the tilt table

	0°	15°	30°	45°	60°	75°	85°	F	p
P (mmHg)	2219.22±522.31	2033.14±480.69	1843.83±410.75	1595.24±418.75	1239.14±378.46	890.94±335.03	639.90±324.81		
% P (%)	100	91.84± 6.16	83.82± 8.42	72.21±10.62	56.10±11.92	40.09±11.14	28.61±11.84	260.251	0.00
PP (mmHg)	123.07±51.32	117.41±48.04	115.80±47.88	103.06±47.11	80.18±42.81	53.85±26.95	38.48±19.13		
% PP (%)	100	96.80±11.37	96.62±17.98	86.70±23.28	67.46±22.27	47.53±19.55	34.26±17.27	106.875	0.00

Values are presented as mean±standard deviation

P: pressure, % P: %pressure. PP: peak pressure, % PP: % peak pressure.

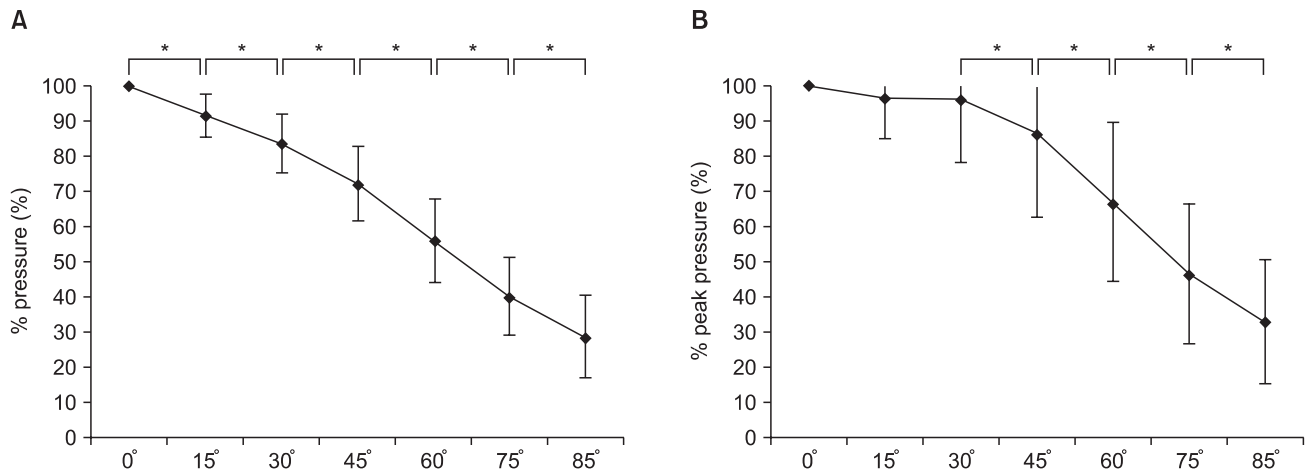


Figure 2. Changes of the interface pressure according to tilt table inclination. (A) % pressure, (B) % peak pressure.

85°로 증가하면 13.28% 감소하였다($p < 0.5$).

IV. 고찰

관절가동범위 제한, 근육 길이 단축, 강직, 기립성 저혈압 등을 예방 또는 치료하기 위해 기립경사대 훈련을 실시할 수 있지만 경사기립 동안 신체와 기립경사대 접촉면 간에는 지속적인 압박이 발생하게 된다. 특히 마비로 인해 신체를 자유롭게 움직일 수 없는 환자들의 경우 이런 작은 압박으로도 욕창이 유발되거나 악화될 수 있기 때문에 물리치료사들은 욕창이 있거나 발생이 의심되는 환자들에게 기립경사대 사용을 금기 또는 꺼리지만¹ 조기 기립을 통해 얻을 수 있는 여러 가지 잇점들 때문에 심각하게 기립경사대의 적용 시점과 각도에 대한 고민을 하게 된다. 그러나 기립경사대와 신체접촉면 상에서의 압력에 관해 참조할 만한 선행연구가 없었기에 본 연구에서는 정상인들을 대상으로 기립경사대 기립각도 변화에 따른 천골과 둔부의 압력과 최대압력이 어떻게 달라지는가를 알아보고자 했으며 연구결과 기립각도가 높아질수록 천골과 둔부에 가해진 압력과 최대압력이 감소하지만 30° 미만의 낮은 각도에서는 국소적인 최대압력이 크게 줄지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 각도 변화에 따른 압력감소는 중력, 신체와 기립경사대 접촉면간의 마찰력과 관련이 있으며 경사 각도가 낮을 때는 체중의 대부분이 기립경사대의 접촉면에 실리지만 각도가 증가함에 따라 체중이 급격히 하지로 전달되면서 신체와 접촉면간의 압력도 감소된 것으로 생각된다.

개인의 체중, 체지방 또는 체형에 따라 압력 차이를 보일 수 있지만 본 연구에 참여한 대상자들의 평균 body mass index

는 20.9로 보통의 체형이었으며 0°에서 측정된 국소부위의 최대압력 평균은 123.07 mmHg이었다. 본 연구에서 경사 각도가 증가함에 따라 천골과 둔부의 측정 압력은 모든 각도에서 지속적으로 감소되었고 최종 기립인 85°에서는 압력이 28.61%까지 떨어졌다. 반면에 국소적인 최대압력은 기립 초기에는 큰 변화를 보이지 않다가 30° 이후부터 유의한 감소를 보이기 시작하여 85°에서는 최대압력이 34.26%까지 떨어졌다. 기립경사 각도와 체중이동에 대한 Sheldon의 연구⁸에서도 25°~75° 경사 구간에서는 실제 측정된 체중이 삼각방정식(trigonometric equation)에 따른 이론적 예측치보다 10% 이상 높게 측정되었으며, 이는 30° 이상의 각도에서 최대압력 변화를 보이기 시작한 본 연구와도 비슷한 결과이다. 기립경사 동안 이상적인 체중 분산을 위해서는 국소 최대압력이 32 mmHg를 넘지 않아야 하지만⁷ 본 연구에서는 압력이 가장 낮게 측정된 85°에서도 최대압력이 38.45 mmHg로 이상적인 압력보다는 약간 높게 나타났다. 이는 아마도 체중 외에도 신체 고정을 위한 골반 벨트의 부착압력과 흡기 동안 증가된 복강내압이 골반에 부착된 고정 벨트에 전해지면서 발생한 둔부의 후방 압력 때문일 것으로 생각된다.¹⁰ 그러나 기립경사대 적용이 꼭 필요하지만 욕창 때문에 기립경사대를 시도하지 못했던 환자들이라면 벨트의 고정 압력을 낮추고 높은 각도로 세워줌으로써 둔부와 천골 압박을 최소화한 상태로 기립경사대에서의 기립도 가능할 것이다. 압력과 혈행에 대한 기존 연구들^{5,7}에서 조직손상을 일으키는 모세혈관의 폐쇄압력 역치를 32 mmHg로 보고 이 기준을 환자들을 위한 매트리스나 방석 등의 제작 지침을 삼고 있지만 이 압력은 손가락 끝 피부 모세혈관에서 측정된 국소적인 간질 혈압을 반영한 것이기 때문

에 이 압력을 체중이나 하중이 가해진 신체 접촉면의 육창 유발 압력 역치로 사용하는 것은 문제가 있을 수 있다. 그렇지만 약한 압력이라도 지속적으로 가해진다면 허혈과 함께 조직손상을 유발할 수 있기 때문에 척수손상이나 피부에 문제가 있는 환자들의 경우 육창이 있다면 낮은 각도에서는 기립경사를 시도하지 않는 것이 바람직하며 일반 환자들의 경우에도 골반 벨트의 위치나 압력을 조정하여 천골이나 둔부에 과도한 압력이 가해지지 않도록 하는 주의가 필요하다.

육창 방지를 위해서는 기립경사대에서 뿐만 아니라 침상생활이나 휠체어에서도 주의가 필요하다. 장시간 동안 중환자실이나 병실에서 침상안정을 취할 경우 압박성 육창의 발생률이 높아지며 육창 방지를 위한 특별처치 없이 일반 병원침대 위에 누웠을 때 대전자와 발 뒤꿈치에서의 압력은 50~95 mmHg, 의자에 앉았을 때 좌골결절에서의 압력은 300~500 mmHg로 측정 되었다.⁵ 휠체어에서의 압력분포에 대한 연구에서 Park과 Jang¹¹은 척수손상환자들의 경우 휠체어 등받이를 높히게 되면 접지면 증가로 인해 좌골결절에서의 최대압력은 감소되지만 골반후방경사는 그대로 유지되기 때문에 천골에서의 압력 변화는 없었다고 했다. 뇌졸중 환자에 대한 휠체어 압력연구에서 Park 등¹²은 휠체어 탑승동안 비마비측에서의 압력이 마비측에 비해 높게 나타나며 Lee 등¹³은 휠체어 상에서 비대칭을 보인 뇌졸중 환자들의 환측을 받쳐주면 체중분배가 더 대칭이 되었다고 했다. 따라서 원활한 혈액순환과 육창 예방을 위해 휠체어 등받이를 조절하거나 방식 등을 이용함으로써 중력의 방향을 변화시키거나 환자의 접촉면을 넓게 하여 신체에서의 국소적인 압력을 분산시킬 수 있다.

압박 지속시간이 피부관류에 미치는 영향에 대한 연구에서 Aust 등¹⁴은 피부관류압(skin perfusion pressure)이 30~40 mmHg 이하가 되면 육창 치유가 지연된다고 했으며, Jan 등¹⁵은 척수손상환자들에게 체중을 이용한 30 mmHg 이하의 압박을 20분간 지속적인 가했을 때 피부관류가 정상인에 비해 크게 떨어졌지만 압박의 형태를 바꾸어 간헐적인 압박을 적용했을 때는 피부관류가 안정적으로 유지되었다고 했다. 따라서 압박성 육창을 예방하기 위해서는 일정시간마다 환자가 주기적으로 움직여 주거나 가족이나 보호자가 체위변경을 시행해주는 것이 필요하다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 환자가 아닌 정상인을 대상으로 연구가 이루어졌고 대상자를 기립경사대에 고정하기 위한 벨트의 압력을 정량적으로 통제하지 못했기 때문에 본 연구에서 측정된 압력수치를 환자치료를 위한 자료로 직접 적용하기는 무리가 있다. 그렇지만 본 연구는 임상적 활용이 높

은 기립경사대의 올바른 사용에 도움이 될 수 있는 기립각도 증가와 관련된 천골과 둔부의 각도별 압력 감소를 확인 했다는 점에서 의미가 있다고 생각된다. 향후 기립경사대에서의 환자 안전과 효과적 사용을 위한 지침을 만들기 위해 다양한 환자들을 대상으로 기립경사대에서의 신체 압력 변화에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Chang AT, Boots R, Hodges PW et al. Standing with assistance of a tilt table in intensive care: a survey of Australian physiotherapy practice. *Aust J Physiother.* 2004;50(1):51-4.
2. Chang AT, Boots RJ, Brown MG et al. Ventilatory changes following head-up tilt and standing in healthy subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95(5-6):409-17.
3. Newman M, Barker K. The effect of supported standing in adults with upper motor neurone disorders: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2012;26(12):1059-77.
4. Choi HJ, Nam KW. The effect of weight-support treadmill training on the balance and activity of daily living of children with spastic diplegia. *J Korean Soc Phys Ther.* 2012;24(6):398-404.
5. Hamm RL. Tissue healing and pressure ulcers. In: Cameron MH, Monroe LG, eds. *Physical rehabilitation: evidence-based examination, evaluation, and intervention.* St. Louis, Saunders, 2007:733-76.
6. Moore ZE, Cowman S. Repositioning for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;9:CD006898.
7. Landis EM. Micro-injection studies of capillary blood pressure in human skin. *Heart.* 1930;15:209-28.
8. Sheldon MR. Comparison of two methods for calculating percent body weight on a tilt table. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(1):18-21.
9. Morgan CL, Cullen GP, Stokes M et al. Effects of knee joint angle and tilt table incline on force distribution at the feet and supporting straps. *Clin Rehabil.* 2003;17(8):871-8.
10. Yuk GC, Park SH, Kim CS. Kinematics Analysis of Lumbar Spine during Breathing in Lying Position. *J Korean Soc Phys Ther.* 2011;23(5):15-21.
11. Park UJ, Jang SH. The influence of backrest inclination on buttock pressure. *Ann Rehabil Med.* 2011;35(6):897-906.
12. Park SY, Lee IN, Geon CB et al. Comparison of the sitting pressure of stroke patients according to seat shapes. *J Engon Soc Korea.* 2010;10:15-9.
13. Lee IH, Choi JH, Park SY. Supporter to rectifying the asymmetric sitting posture of post stroke. *J Korean Soc Phys Ther.* 2011;23(3):43-7.
14. Aust MC, Spies M, Guggenheim M et al. Lower limb revascularisation preceding surgical wound coverage - an interdisciplinary algorithm for chronic wound closure. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2008;61(8):925-33.
15. Jan YK, Brienza DM, Boninger ML et al. Comparison of skin perfusion response with alternating and constant pressures in people with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2011;49(1):136-41.