

# 동력형 욕창예방제품의 교대부양 주기변화가 천골부위 연조직의 관류특성에 미치는 영향

## Effects of Alternating Pressure Cycle Time of Powered Pressure Ulcer Preventing Devices on The Soft Tissue Perfusion Characteristics at Sacrum

\*#원병희<sup>1,2</sup>, 최윤정<sup>2</sup>, 전경진<sup>2</sup>, 송창섭<sup>1</sup>

\*#B. H. Won(bhwon@kitech.re.kr)<sup>1,2</sup>, Y. J. Choi<sup>2</sup>, K. J. Chun<sup>2</sup>, C. S. Song<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한양대학교 대학원 기계설계·메카트로닉스공학과, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 실버기술개발단

Key words : Pressure ulcer, Alternating pressure cycle time, Soft tissue perfusion, Powered pressure ulcer preventing devices

### 1. 서론

욕창은 지속적인 압박이 주로 골돌출부에 가해짐으로써 허혈성 조직괴사로 생긴 상처를 말하는데, 골수염, 패혈증 등의 합병증 발생으로 사망률이 높아지기 때문에 더욱 주의가 필요하다 [1]. 지난 수 세기 동안 원인 및 병태생리에 대해서 많은 기본 지식의 축적에도 불구하고 아직도 심각한 위협요인이며 특히 급격한 고령화 진전에 따라 노인층에서 잠재적 발생위험이 높아지고 있으며 그 밖에 쇠약한 환자, 마비환자, 감각소실 환자에서 생길 수 있는 중요한 의학적 문제 중의 하나이다 [2].

생체역학적인 측면에서 욕창발생과 진행에 영향을 미치는 가장 중요한 인자는 조직내부에 발생하는 전단응력(shear), 피부에 작용하는 미끄럼(friction) 및 접촉압력(interface pressure)을 들 수 있으나 욕창발생과 진행에 대한 공학적인 기전은 아직도 정확히 이해되지 못하고 있다 [3]. 특히 시간에 따라 외부 부하조건이 변하는 경우 연조직 내의 관류특성(perfusion characteristics) 변화에 대한 이해를 통한 욕창과의 상관관계 규명은 향후 많은 과제를 안고 있는 분야이다.

가장 대표적인 동력형 욕창예방제품인 교대부양 공기매트리스 (APAM, alternating pressure air mattress)는 각 공기 셀에 순차적으로 공급압력이 유입되어 급기, 유지, 배기가 진행된다. 이에 따라 인체에 압박과 해제가 반복되며 이러한 과정에서 연조직 내부에서는 관류와 폐색현상이 주기적으로 일어나며 [4,5], 접촉면에서는 공기 셀의 형상과 물성에 따라 접촉조건이 완성되어 피부에서 접촉압력이 발생한다. APAM의 특성을 평가하기 위해서 전통적으로 압력센서 매트릭스를 사용하여 접촉압력을 측정하는 방법이 일반적으로 사용되고 있으나 피부에서 작용하는 압력만으로 조직 내에서 발생하는 역학적, 생리적 현상을 정확히 이해하는 데는 한계가 있다. 이러한 어려움을 해결하기 위한 방법으로 압박을 받는 연조직의 생리적 현상을 규명하기 위해 경피적 가스 분압(transcutaneous gas tension)을 측정하는 방법을 사용하는 시도가 이어지고 있다 (Fig. 1) [6].

본 연구에서는 부하조건에 따른 연조직의 주기적 변화가 인체 연조직에 미치는 영향을 평가하기 위해 공기 셀 공급압력, 접촉압력의 측정뿐 아니라 경피적 가스 분압 측정을 병행하여 관류특성의 변화를 정량적으로 분석하여 적합한 교대부양 조건 설정에 대한 새로운 설계기준을 마련할 수 있도록 하였다.

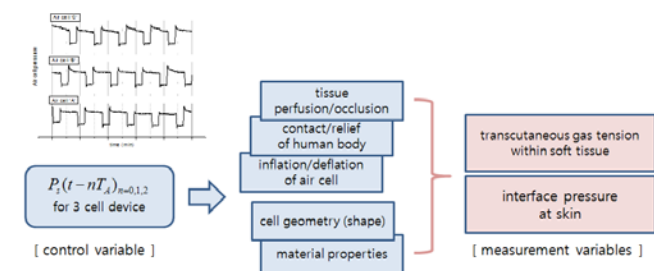


Fig. 1 Physiological, mechanical relation between air cell pressure and measurement variables.

### 2. 실험방법

#### 2.1 피험자

실험을 위해 평균 65세 전후의 피험자를 남, 여 각 6명씩 12명을 선정하였다. 실험에 앞서 실험과 관련된 주의사항 등을 주지시키고 만성질환 등 특이사항에 대해 사전조사를 이행하여 특이사항이 없음을 확인하였다. 또한 사전에 신장, 몸무게, BMI(body mass index) 등 기본 신체정보를 측정하였다 (Table 1).

Table 1 Basic informs of subjects

Age	Height	Weight	BMI
67.5±4.6	156.4±8.9	61.3±8.5	25.1±2.8

#### 2.2 실험장비

부하조건을 바꾸면서 연조직의 관류특성을 평가하기 위해 하나의 전극에서 경피적 산소분압(tcPO<sub>2</sub>, transcutaneous partial pressures of oxygen)와 경피적 이산화탄소분압(tcPCO<sub>2</sub>, transcutaneous partial pressures of carbon dioxide tension)를 동시에 측정이 가능한 경피성 가스분압 측정장비 (Radiometer, Denmark)를 사용하였다. 또한 관류특성과 교대부양의 주기적 특성을 비교분석하기 위해 1조, 3개의 에어셀에 공급되는 압력을 동시에 측정하였다. 그 밖에 2048개의 고정도 압력센서가 내장된 압력측정매트 (Novel, Germany)를 매트리스와 피험자 사이에 위치시켜 접촉압력을 측정하였다.

실험에 사용한 욕창예방 매트리스는 3셀 1:2 교대부양 방식으로 개별 공기 셀 직경 100mm, 21개 원통형 공기 셀이 길이방향으로 1단 배치된 가장 전형적인 제품을 사용하였다.

측정장비 및 센서는 모두 각각의 특징에 따라 USB와 개별 통신 프로토콜 혹은 ADC (Analog to Digital Converter)를 통해 일체형 콘솔에 하드웨어적으로 통합하였다. 또한 외부 측정장비 및 센서의 인터페이스 관리, 측정 데이터의 수집과 분석, 데이터 베이스의 관리를 실시간으로 운영하는 소프트웨어를 개발해서 사용하였다.

#### 2.3 실험프로토콜

실험에 사용한 교대부양 주기는 기존 제품에서 일반적으로 많이 사용하는 3분, 5분, 10분 모드 3가지 조건으로 선정하고, 주기적인 특성을 충분히 반영하기 위해 각 교대부양 주기별로 1시간 동안 측정하였다. 측정 시간 동안 3개의 공기셀에 공급된 유지주기 설정압력은 평균 34~37mmHg이었다.

경피적 가스분압을 측정하기 위한 전극은 3채널을 사용하여 1채널은 심장 부위에 기준신호 검출을 위해 부착하고, 나머지 2채널은 욕창 발생 리스크가 가장 큰 부위인 천골(sacrum)과 발꿈치(heel)의 골돌출부에 부착하였다.

교대부양 주기의 변화에 따른 연조직의 관류특성을 비교평가하기 위해 천골부에 부착한 가스분압 측정 전극과 접촉면 공기 셀의 상대위치를 잘 선정해서 부하조건을 맞추고, 매트리스 초기 조건을 동일하게 관리하여 피험자 실험을 수행하는 것이 중요하다.

### 3. 실험결과

#### 3.1 공급압력과 경피성 가스분압의 양상

3개의 공기셀이 1조로 작동하는 1:2 교대부양 방식의 경우 각각의 공기셀은 설정된 교대부양주기에 따라 공급주기(Tc, charging period) → 유지주기(Ts, sustaining period) → 배기주기(Td, discharging period)에 따라 순차적으로 압력이 변화한다. 이 경우에 외부압박을 받는 연조직에서 경피적으로 측정된 산소와 이산화탄소 분압도 주기적인 변화를 보인다. 특히 tcPO<sub>2</sub>는 공기셀이 충전되어 외부압박이 발생하기 시작하면 서서히 조직 내 관류가 줄어들어 다음 공급주기가 시작되기 전까지 최저상태를 유지하다가 공기셀이 배기되어 압박이 해소되면 회복되는 주기적 특징을 명확하게 보여준다.

관류특성을 정량화하기 위해 tcPO<sub>2</sub>의 값이 최저 상태에서 최고로 회복할 때까지의 시간을 관류회복시간(t<sub>R</sub>, recovery time), 이 동안의 tcPO<sub>2</sub>의 차이를 관류회복압력(P<sub>R</sub>, recovered pressure)로 정의하였다.(Fig. 2)

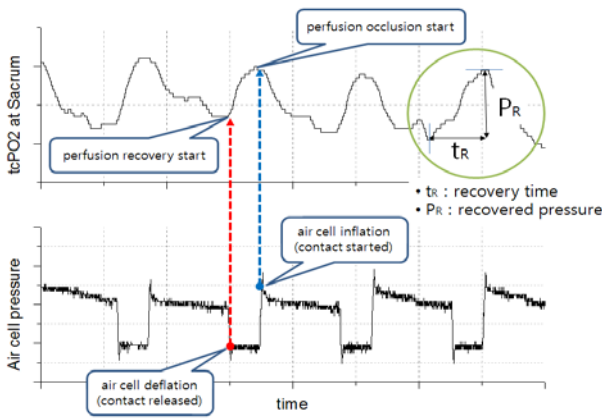


Fig. 2 Comparative plot of tcPO<sub>2</sub> at sacrum with air cell pressure and definition of recovery time(t<sub>R</sub>), recovered pressure(P<sub>R</sub>).

#### 3.2 관류회복시간(t<sub>R</sub>)과 관류회복압력(P<sub>R</sub>) 분석

생리학적으로 관류는 조직 내에서 동맥혈이 모세혈관계로 혈류를 통해 영양물질을 전달하는 과정으로 정의된다. 관류는 동맥과 정맥 사이의 혈압차에 비례하고 혈관저항에 반비례하는 특성에 따라 욕창과 같은 폐색에 의한 연조직 내 혈류장애가 발생하면 tcPO<sub>2</sub>가 낮아지고 tcPCO<sub>2</sub>는 증가하는 경향을 나타낸다. 특히 tcPO<sub>2</sub>는 조직 내 대사와 밀접한 관련이 있어 욕창의 진행 및 발생에 악영향을 미치게 된다.

본 실험에서 교대부양주기가 3분, 5분, 10분일 때 천골부위의 관류회복시간을 분석하였다(Fig. 3). 교대부양주기간 통계적 유의성을 파악하기 위하여 일원배치 분산분석(One Way ANOVA)을 수행하였고, 유의수준 0.05에서 교대부양주기간 유의한 차이가 존재하였다(p=0.005<0.05). 교대부양주기별 관류회복시간의 평균치를 보면 3분 주기일 때 106.4초, 5분 주기일 때 169.2초, 10분 주기일 때 261.5초를 나타내어 3분 주기일 때가 5분 주기일 때 보다 약 37.2%정도, 10분 주기일 때 60%정도 빨라지는 것을 알 수 있다. 교대부양주기별 관류회복압력은 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있지는 않지만(p=0.354>0.05), 교대부양 주기가 작아질수록 증가하여(3분 : 31.9mmHg, 5분 : 30.7mmHg, 10분 : 23.8mmHg) 짧은 교대부양 주기에서 압력을 빠르게 회복하는 경향을 보임을 추측할 수 있다. 하지만 교대부양주기에 따른 관류회복압력의 변화는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 이상의 분석결과를 통하여 여러가지 교대부양 주기에서 측정된 관류회복시간이 짧을 때

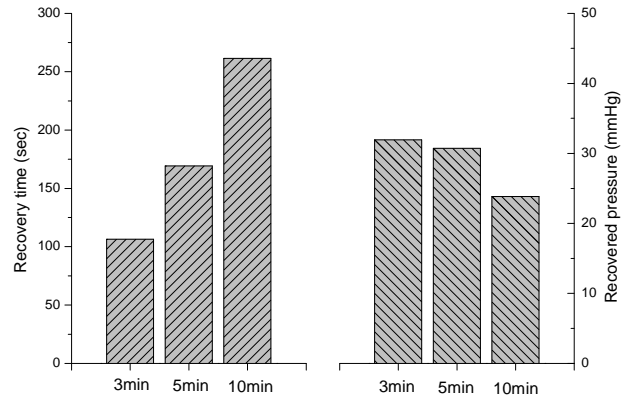


Fig. 3 Recovery time and recovered pressure for each alternating cycle time.

연조직의 관류회복이 빠른 것을 알 수 있다. 여기서 관류 특성을 고려해보면 빠른 관류의 회복은 관류 특성에 긍정적인 영향을 미치고, 또한 관류 특성이 좋으면 욕창의 발생 및 진행을 예방하는데 상대적으로 효과적임을 판단할 수 있다.

### 4. 결론

급격한 인구 고령화의 영향으로 욕창의 발생위험은 더 높아질 것으로 예상되고 있으며 현재 다양한 욕창예방제품이 개발되어 사용되고 있다. 그러함에도 동적으로 외부의 부하가 바뀌는 동력형 욕창예방제품의 경우 인체 연조직과의 상호관계 규명에 어려움이 많았다.

본 연구에서는 가장 대표적인 교대부양 공기 매트리스의 교대부양 주기를 변화시키면서 연조직 내에서 발생하는 경피성 가스분압과 관련 보조신호를 측정하여 설정된 부하조건이 바뀔 때 조직 내부의 관류특성 변화를 관류회복시간과 관류회복압력을 통해 정량적으로 평가하였다.

각 지표의 측정결과로부터 교대부양 주기가 짧아지는 경우의 관류특성이 좋아지는 경향을 확인할 수 있어 교대부양 주기를 짧게 관리하는 것이 상대적으로 효과적임을 알 수 있었다.

다만 짧은 교대부양 주기의 한계는 제품의 성능구현의 한계 측면, 사용자의 사용 안락함 등을 평가하여 결정되어야 할 것으로 추정된다. 추가적으로 공기셀 공급압력을 변화시키면서 조직의 관류특성을 평가하여 새로운 설계기준으로 활용될 수 있는 객관적 타당성을 확보하는 노력이 필요할 것으로 보인다.

### 참고문헌

1. NPUAP & EPUAP, "Pressure ulcer prevention & treatment(clinical practice guideline)," National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009.
2. Sandra Bergquist, "The quality of pressure ulcer prediction and prevention in home health care," Applied Nursing Research, 18, 148-154, 2005.
3. Lina F. Kanj, Spencer Van B. Wilking, "Pressure ulcers," Journal of the American Academy of DERMATOLOGY, 38, 517-538, 1998.
4. Rithalia S., "Assessment of patient support surfaces: principle, practice and limitations," Journal of Medical Engineering & Technology, 29, 163-169, 2005.
5. A publication of national healing corporation, "A clinical pathway to success healing perspectives," National healing, 1, 1-8, 2004.
6. Katrien Vanderwee, Maria Grypdonck, Tom Defloor, "Alternating pressure air mattresses as prevention for pressure ulcers: A literature review," International Journal of Nursing Studies, 45, 784-801, 2008.