

접촉조건이 인체에 미치는 영향평가를 위한 교대부양형 공기 공급 및 측정시스템 개발

Development of Alternating Pressure Air Supplying and Measuring Systems for Evaluation of Interface Condition Effects

*#원병희^{1,2}, 최윤정², 전경진², 송창섭¹

*#B. H. Won(bhwon@kitech.re.kr)^{1,2}, Y. J. Choi², K. J. Chun², C. S. Song¹

¹ 한양대학교 대학원 기계설계·메카트로닉스공학과, ²한국생산기술연구원 실버기술개발단

Key words : Pressure ulcer, Interface condition, Alternating pressure air supply,

1. 서론

욕창은 환자의 건강상태, 연조직의 활력정도, 지속적 압박을 받는 자세 등 매우 다양한 영향을 받아 발생한다. 그 중에서도 외부의 부하와 관련해서는 인체의 접촉압력(interface pressure), 조직 내부의 전단응력(shear)과 피부에 작용하는 미끄럼(friction)이 복합적으로 작용하여 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이러한 외부 부하에 의한 영향을 줄여서 욕창을 예방하거나 치료과정에 도움을 주기 위해 인체에 작용하는 압력을 분산시키는 비동력형 지지장치(non-powered support surface)와 동력형 지지장치(powered support surface)가 개발되어 사용되고 있다[1].

기본적으로 비동력형 방식은 인체와 바닥 지지면 사이의 접촉면적을 넓혀서 압력을 감소(pressure reduction)시키는 작용을 하는데 지지장치의 물성, 형상 및 구조 등에 의해 지지특성이 시간에 따라 일정하게 유지되며 상대적으로 해석적인 접근과 이해가 많이 되고 있다. 동력형은 인체를 지지하는 바닥면의 지지특성과 접촉조건이 시간에 따라 변화하도록 설계되어 인체 접촉부에서 주기적으로 압력을 해소(pressure relief)시켜 압박 부하의 영향을 줄이는 것을 목표로 한다[2]. 교대부양 공기 매트리스(APAM, alternating pressure air mattresses)는 가장 대표적인 동력형 방식으로 접촉조건이 지지구조의 형상과 치수 외에 추가적으로 공급압력 세기, 교대부양 주기 등 설정조건에 따라 변화한다.

그 동안 APAM을 대상으로 욕창예방에 대한 연구가 많이 이루어져 왔으나 동적인 부하조건에 따라 인체조직에 미치는 영향에 대한 실험적, 해석적인 규명에 많은 어려움을 겪고 있다. 이것은 동적인 부하를 받는 조직의 특성을 분석하는데 기존의 상용제품을 사용하므로써 연구자가 원하는 실험조건을 구현하는데 한계가 있을 뿐 아니라 제조사별 제품 간 작동특성에 차이가 있어 일관되고 정량적인 실험결과와 확보와 비교분석이 현실적으로 어렵기 때문이다.

전통적으로 외부 부하조건에서 피부의 접촉압력을 측정하여 조직 내 특성을 평가하는 방식은 측정값이 간접적이고 제한적이어서 충분한 현상규명에 한계가 있으나, 최근에는 조직 내의 관류특성(perfusion characteristics) 측정을 병행하여 더욱 직접적이고 많은 이해가 가능해지고 있다[3]. 이러한 실험 환경변화에 맞춰 동적인 부하조건에서 욕창과 관련된 조직 내 현상에 대한 정량적 비교연구 수행을 위해 다양한 접촉조건 구현이 가능한 외부부하 장치는 매우 중요한 도구가 될 것이다. 이러한 장치는 동일한 공급조건에 발생, 연구에 필요한 압력 프로파일의 구현, 실시간으로 센서, 기기신호의 동시 측정 기능 등을 필요로 한다(Fig. 1). 특히 시간에 따라 주기적으로 변화하는 교대부양 압력 프로파일을 일관되게 잘 정의하고 구현하는 것은 인체에 가해지는 외부의 부하조건을 결정하는 가장 중요한 요소이다.

본 연구에서는 접촉압력 특성이 동적으로 변화하는 교대부양 방식의 욕창예방 장치에 대해 목적에 맞게 교대부양 프로파일을 자유롭게 설정하고 구현할 수 있는 공기 공급장치와 다양한 측정신호를 실시간으로 동시에 측정할 수 있는 시스템을 개발하여 다양한 동적 부하 조건이 인체 조직에 미치는 영향을 체계적으로 규명할 수 있는 장치로 활용할 수 있는 가능성을 검토하였다.

2. 공기 공급장치 구성

APAM의 작동을 위한 가장 기본적인 설정은 교대부양 주기, 공기 셀 공급압력이다. 또한 매트리스의 구성에 따라 2조(1:1), 3조(1:2) 교대부양 및 체위변환 등의 기능과 조합되어 작동된다. 본 개발에서는 다양한 동적 부하 조건을 생성, 활용하기 위해 공기 셀 공급압력, 교대부양 주기, 교대부양 프로파일을 임의로 설정할 수 있는 장치를 고안하였다.

2.1 장치구성

2.1.1 하드웨어 구성

공기 공급장치는 압축기, 공기의 급·배기를 조절하는 밸브, 공기유로용 관로와 각 공기 셀의 공기압을 측정하는 압력센서로 구성되어 있다(Fig. 1). 동력형 욕창예방 제품에 필요한 압축공기는 상대적으로 저압, 저유량 특성을 가지고 있어 일반적으로 전자식으로 다이아프램을 구동하여 압축공기를 토출하는 방식을 사용하고 있다. 본 시스템에서는 직동형 다이아프램 방식의 공기펌프를 적용하였다. 공급주기와 배기주기에서 급·배기의 유량을 조절하기 위해 고속 전자식 방식의 유량제어밸브를 사용하였고 솔레노이드 밸브의 on/off 동작에 따라 각각의 공기 셀로 유로가 개방/차단이 되도록 하였다(Fig. 2). 배기 동작을 위해 별도의 솔레노이드 밸브를 유로별로 병렬 연결하여 구성하였다. 각각의 공기 셀에 공급되는 압력을 측정하기 위해 공기 매트리스로 연결되는 관로에 T자관을 설치하여 유로를 분기하고 압력센서와 연결하였다.

2.1.2 소프트웨어 구성

공급장치의 소프트웨어는 공기압 프로파일 편집기, 센서 및

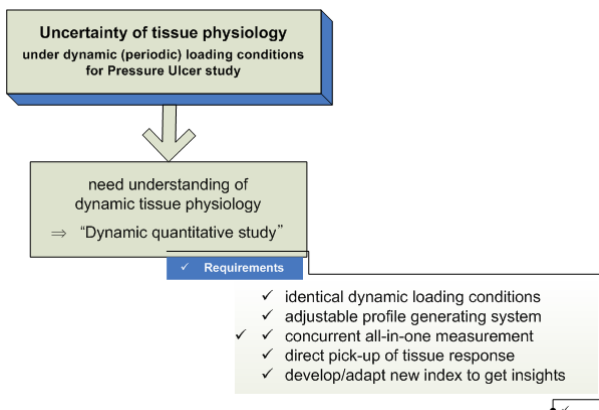


Fig. 1 Necessity and requirements of dynamic quantitative study for preventing pressure ulcer under dynamic loading conditions

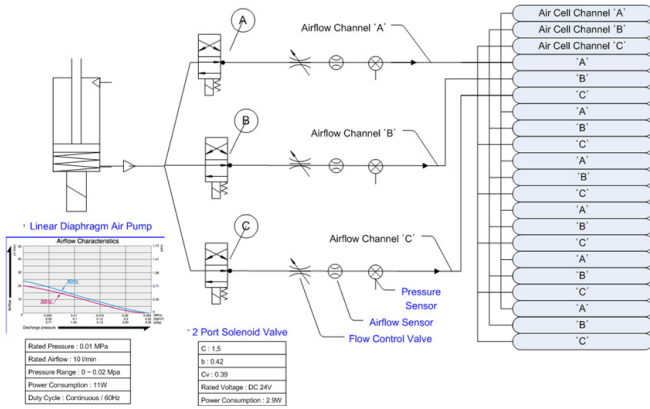


Fig. 2 Configuration of alternating profile air supplying system

측정기와 연동되는 실험 자동화 모듈로 구성된다. 프로파일 편집기는 공급장치의 작동상태에 대한 기본정보와 각 채널별로 교대부양 프로파일의 생성, 저장, 편집 등의 기능을 갖추어 실험의 목적에 맞게 설정이 가능하다. 실험 자동화 모듈은 다양한 측정장치, 센서로부터 수집된 정보들을 통합된 GUI 화면에 실시간으로 나타내고 측정 데이터를 필요한 체계에 맞춰 데이터베이스로 저장 및 이전 실험결과를 재생하는 기능을 구현하였다.

2.2 공급장치 작동

공급장치의 설정 순서는 실험에 앞서 연결되어 있는 측정장치 상태를 점검하여 이상이 없음을 확인한 후 교대부양 프로파일을 편집하는 과정을 거친다. 프로파일 편집이 이루어진 후 각각의 피험자별 실험이 동일한 초기조건 상태에서 시험이 이루어질 수 있도록 하였다. 3조의 공기 셀이 1:2 교대부양 조건으로 작동하는 경우에 설정한 교대부양 프로파일에 따라 공급주기→유지주기→배기주기의 순서로 전체 실험시간이 경과할 때까지 각 공기 셀에 순차적으로 압력이 공급된다.

3. 공급 및 측정시스템 구현 및 검증

3.1 시스템 구현

측정 시 설정된 파라미터별 데이터의 모니터링 및 수집을 위해 통합 측정시스템은 공기 셀에 공급되는 압력 측정센서, 경피성 가스분압 측정장비(Radiometer, Denmark), 접촉압력 측정 매트(Novel, Germany), 접촉 상태에서의 체온 변화를 모니터링하기 위한 온도측정 모듈을 포함한다. 측정을 위한 모듈은 USB 데이터 형태로 메인 콘솔부에 전달되고, PC에 USB 포트를 통해 연결된다(Fig. 3).

경피성 가스분압 측정장비는 피부에 부착된 전극이 가열됨에 따라 조직 내 가스분압을 증가시켜 이를 측정하는 것으로 조직 내 관류특성에 따라 전달되는 산소 및 대사 후 발생하는 이산화탄소 양을 정량화한다. 이를 통해 말초 혈액순환 상태 변화를 평가할 수 있으며 하나의 전극으로 산소분압과 이산화탄소분압을 동시에 측정할 수 있다. 압력측정 매트는 2048개의 고정도압력 센서가 2차원으로 고르게 분포되어 실시간으로 정밀한 압력 측정이 가능하고, 압력분포는 수치 및 등고선 형태로 확인이 가능하다. 체온 측정 모듈은 0.5cm 크기의 유선형 전극으로 빠른 응답성으로 측정시간동안 피험자의 체온 변화를 확인 할 수 있다.

3.2 프로파일 구현특성 검증

구현된 공기공급 및 측정 시스템에서 소프트웨어적으로 편집, 설정한 기준 교대부양 프로파일(reference profile)에 대한 실제 측정압력의 추종성을 실험적으로 검증하였다(Fig. 4). 실험 결과 프로파일 추종특성이 비교적 잘 나타나고 있음을 알 수 있다.

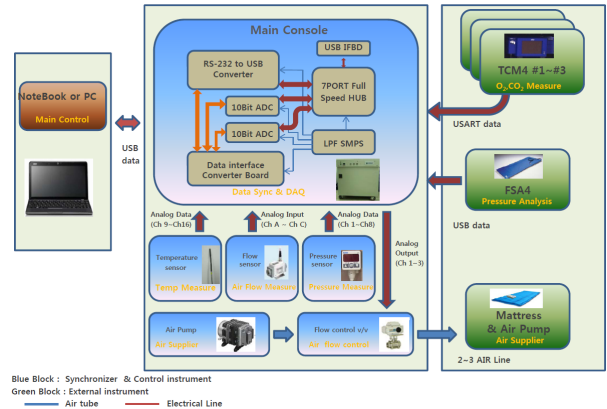


Fig. 3 Block diagram of alternating pressure air supplying and measurement system

배기 프로파일은 직선으로 가정하여 정의하였으나 실제로는 지수적으로 압력이 감소하면서 배기되는 것을 알 수 있다.

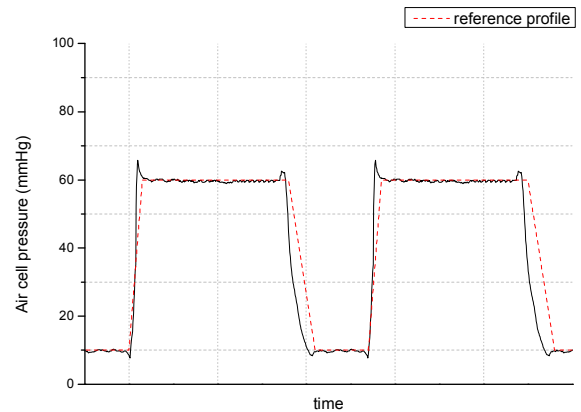


Fig. 4 Comparison of reference alternating pressure profile vs. measured air cell supply pressure

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 부하조건 변화가 인체에 미치는 영향의 상관관계에 대해서는 충분한 연구가 이루어지지 못하고 있다.

본 연구에서는 접촉압력 특성이 동적으로 변화하는 교대부양 방식의 욕창예방 장치에 대해 교대부양 프로파일을 목적에 맞게 설정하고 구현할 수 있는 공기 공급장치와 측정시스템을 개발하였다. 또한 개발된 장치를 통해 다양한 동적 부하 조건을 생성하고, 인체와의 상관관계를 규명할 수 있는 장치로 활용할 수 있는 가능성을 확인하였다. 추가적으로 개발된 장치를 활용하여 교대부양 주기의 변화, 공급압력 크기의 변화 및 프로파일 듀티 비의 변화에 따른 인체의 특성평가를 통해 다양한 동적부하 조건에서의 상관관계 규명을 위한 노력이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

1. NPUAP & EPUAP, "Pressure ulcer prevention & treatment(clinical practice guideline)," National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009.
2. S. Rithalia, "Assessment of patient support surfaces: principle, practice and limitations," Journal of Medical Engineering & Technology, 29, 163-169, 2005.
3. Jeffrey L. Ballard, "Transcutaneous Oxygen Tension: Principles and Applications," Springer London, 491-496, 2007