

TITLE: Ergonomic Design of Medic Work Table (MWT) for Medical Technologist

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to develop and validate the guidelines for MWT (Medic Work Table) based on the anthropometric data of medical technologists.

Background: Anthropometric data such as sitting height, sitting elbow height, knee height and so on of users are very important factors for designing of comfortable and useful furniture. Thus, there are many researchers have been suggested many guidelines for different types of desks and chairs based on the users' anthropometric data. However, few researches have been conducted to provide design guidelines of the MWT (Medic Work Table) for blood collecting task. Medical technologists usually used their upper extremities to perform the blood collecting task with high repetitions. These repeated motions could be a critical factor for increasing the prevalence rate of Work-related Musculoskeletal Disorders (WMSDs). Therefore, the study for ergonomic design of MWT would be very important to prevent the WMSDs and improve the quality of working environment of medical technologists.

Method: This study suggested the design guidelines for ergonomic MWT (Medical Work Table) by focusing on the heights of upper side and base side, depths of inside and outside, and width of MWT through the anthropometric study and literature reviews. Then, a new MWT was made using the suggested design guidelines for this study. Five healthy medical technologists participated to evaluate the original MWT and new MWT. All participants conducted ROM (range of motion) test, EMG (electromyography) muscle activity test and usability test to validate the suggested guidelines in this study. EMG signals of related muscles (Flexor Carpi Ulnaris, Extensor Carpi Ulnaris, Deltoid Anterior, Biceps Branchii) were recorded through the surface electromyography system from both the original MWT and the new MWT. ROM test of shoulder and elbow flexion was also assessed using motion sensors.

Results: The newly designed MWT showed decreased ROMs of shoulder and elbow up to 22% and 18% than those of original MWT, respectively. The muscle activities of the new MWT were also decreased 13% of Anterior Deltoid, 6% of Biceps Brachii, 5% of Flexor Carpi Ulnaris, and 8% of Extensor Carpi Ulnaris muscle groups compared with the original MWT. In the usability test, the satisfaction score of the new MWT also showed 56.1% higher than that of original MWT.

Conclusion: This study suggested the guidelines for designing of MWT and validated the guidelines through the qualitative and quantitative analyses. The results of motion analysis, muscle activity and usability tests demonstrated that the newly designed MWT may have less physical stress and awkward posture and better physical user interface.

Application: The recommended guidelines of the MWT would be helpful information for designing ergonomic MWT to reduce physical loads and improve performance for many medical technologists.

Keywords

MWT (Medic Work Table), Medical Technologist, Motion Analysis, Muscle Activity, Usability Test, Ergonomic Design, Musculoskeletal Disorders

1. Introduction

VDT (Visual Display Terminal) 작업환경 근로자, 치과 기공사, 임상병리사와 같이 많은 시간 동안 앉은 자세로 작업을 하는 근로자는 부적절한 자세로 인한 인체부하가 가중되고, 작업관련 근골격계질환의 발생위험이 증가하기 때문에 적절한 작업대 및 책상의 설계가 매우 필수적이다(Alexopoulos et al., 2004; 차주형 등, 2007; 정인호, 2008).

간호직 근로자의 경우, VDT 작업과 검사 작업이 각각 42%, 37%로 높은 비율을 차지하고 있으며 이들 대부분은 어깨, 허리, 손목, 팔꿈치 등 상지 부분의 근골격계질환을 겪는 것으로 보고되었다(박정근 등, 2012). 임상병리사도 이와 유사하게 반복적이고 장시간의 채혈작업을 수행하기 때문에 작업환경 개선을 위한 방안에 대한 연구가 요구되는 실정이다. 그러나 간호직 근로자와 달리 임상병리사의 작업환경에 관한 연구가 극히 드물고 선행연구 또한 전반적인 직무 만족도에 국한 되어있어(허인남, 1986), 세부적인 작업환경 개선에 관한 연구가 필수적이다.

임상병리사의 업무 중 가장 비중이 큰 작업은 채혈작업으로, 채혈작업 시 병리사의 인체부하를 줄이기 위한 채혈대의 인간공학적 설계가 요구됨에도 불구하고 현재 국내 대부분의 병원에서는 채혈작업을 위한 작업대로 일반 사무용 테이블과 같이 채혈작업의 특성을 반영하지 못한 작업대를 사용하고 있어 임상병리사의 불편이 가중되고 있다.

책상이나 작업대의 설계 시, 사용자의 불편도를 줄이고 작업효율을 향상시키기 위해서는 사용자의 생체구조와 인체치수를 충분히 고려하여야 한다(Hira, 1980). 박수찬 등(1995)의 연구에서는 학생용 책상 설계를 위한 선호높이 조사를 위하여 앉은 오금높이, 앉은 넓적다리두께, 앉은 팔꿈치높이를 측정하였으며, 유사한 기존의 연구에 의하면 작업대의 밑면의 높이는 무릎 높이, 윗면은 팔꿈치의 높이를 감안하여 설계되어야 한다고 하였다. 일반적인 사무작업을 위한 작업대의 높이는 앉은 팔꿈치 높이(Bex, 1971) 또는 이보다 3~4cm 높은 높이(Chaffin, 1991)를 적정 가이드라인으로 제시하고 있다.

그러나, 기존의 연구는 대부분 학생이나 VDT 작업환경 근로자를 대상으로 하기 때문에 임상병리사에게 적용하기에는 한계가 있다고 할 수 있다. 특히, 임상병리사의 채혈작업이 환자와의 상호작용을 통해 이루어진다는 점을 고려할 때, 임상병리사와 환자의 인체치수 모두를 함께 고려해야 할 뿐만 아니라 임상병리사의 대부분이 여성이라는 점 또한 고려하여 여성의 신체적 특성을 중점적으로 반영한 채혈대의 설계가 이루어져야 한다.

따라서, 본 연구에서는 채혈작업의 특성 분석 및 환자와 임상병리사의 신체치수 연구를 통해 채혈대의 적정치수를 도출하였다. 또한, 본 연구팀이 제안한 채혈대 설계 개선안의 적절성을 검증하기 위하여, 개선 전의 채혈대와 본 연구의 가이드라인이 적용된 개선 후 채혈대에 대한 정성적 정량적 분석을 수행하여 비교/분석하였다.

2. Method

2.1 설계변수(치수) 정의

채혈대 분석 및 개선안을 도출하기에 앞서, 채혈대 설계에 있어 중요한 요소인 ①윗면 높이, ②밑면 높이, ③깊이, ④안 깊이, ⑤너비를 Figure 1 과 같이 정의하였다. ①윗면 높이는 지면에서 채혈대 윗면까지의 높이이며, ②밑면 높이는 지면에서 채혈대 밑면까지의 높이로 정의하였다. ③깊이는 채혈대의 세로 길이, ④안 깊이는 임상 병리사 기준으로 가림막까지의 채혈대 깊이, ⑤너비는 채혈대의 가로 길이로 각각 정의하였다.

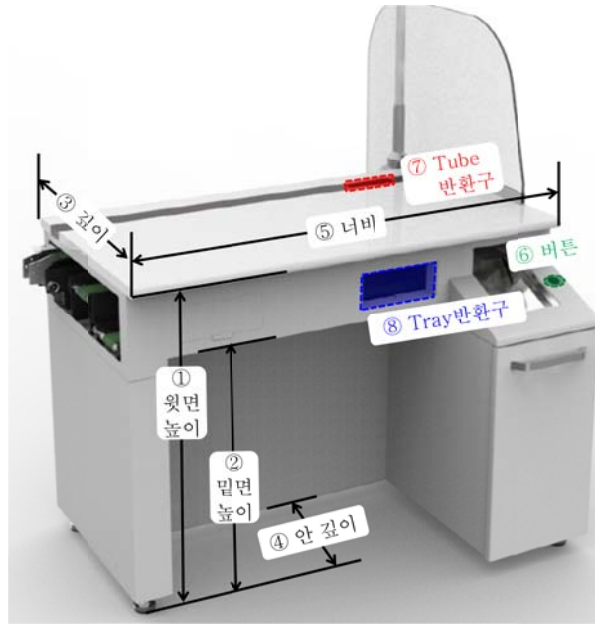


Figure 1. Definitions of the original MWT dimensions

2.2 기존 채혈대 분석 (Energium 社의 GNT-7)

기존 채혈대에 대한 문제점 분석을 위해 5 명의 임상 병리사를 대상으로 ①윗면 높이, ②밑면 높이, ③깊이, ④안 깊이, ⑤너비 등에 대한 채혈대의 치수 만족도를 5 점 척도(5: 매우 만족, 4: 만족, 3: 보통, 2: 불만족, 1: 매우 불만족)로 평가하였다. 또한 기존 채혈대의 불편한 사항이나 개선요구 사항에 대한 설문을 추가적으로 수행하였다.

만족도 설문 분석 결과, ③깊이 항목의 만족도 점수는 2.2 점으로 가장 낮게 나타났다. 기존 채혈대의 짧은 깊이로 인해 채혈 작업 시 병리사의 팔이 과도하게 벌어지거나 굽혀지는 불편함이 발생하기 때문인 것으로 사료된다. ①윗면 높이의 경우, 만족도 점수는 2.8 점으로 상대적으로 ③깊이 항목보다는 만족도가 다소 높았지만, 여성이 대다수인 병리사가 사용하기에는 여전히 높다는 의견이 도출되었다. ④안 깊이의 만족도 분석의 경우, 4.0 점으로 비교적 높은 만족도 점수를 나타냈다. 다만, 설문에 참석한 모든 임상 병리사들의 공통적인 의견으로는 휠체어를 사용하는 환자와 키가 큰 환자들의 경우 채혈작업 시에 환자가 몸을 비틀어야 하는 불편함이 있어 이에 대한 개선책이 필요하다는 의견이 제시되었다.

또한 기존 채혈대의 버튼과 ⑦Tube 반환구, ⑧Tray 반환 위치(Figure 1)가 모두 오른쪽에만 위치하고 있어 왼손을 주로 사용하는 임상병리사의 경우 많이 불편하다는 의견이 있었으며, 오른손에 대한 집중적인 피로가 발생한다는 의견이 도출되었다. 특히 ⑥버튼의 위치가 너무 아래쪽에 위치하고 있어 작업자세가 불편하다는 의견 또한 많이 제시되었다.

따라서 만족도 점수가 낮은 ①윗면 높이와 ③ 깊이에 대한 개선이 우선적으로 수행되어야 한다고 판단되었으며, 양 손의 균형 있는 사용을 위한 개선안의 도출이 필요하다고 판단되었다. 기존 채혈대의 치수 정보는 (Table 1)과 같다.

Table 1. Dimensions of original MWT(GNT-7)

| | 치수 (mm) | | | | |
|---------|---------|------|-----|-----|------|
| | 윗면높이 | 밑면높이 | 깊이 | 안깊이 | 너비 |
| 개선전 채혈대 | 800 | 581 | 595 | 305 | 1100 |

2.3 개선안 제시

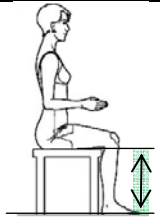
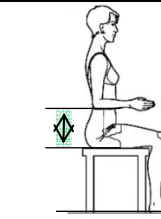
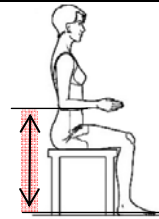
기존 채혈대의 문제점을 개선하기 위해 임상병리사(20~60대 한국 여성)와 환자(10~80대 남녀)의 신체치수 정보(Size Korea)를 사용하여 최적의 치수 가이드라인을 도출하고자 하였다. 가이드라인은 채혈대의 사용성에 중요한 요소인 ① 윗면 높이, ② 밑면 높이, ③ 깊이, ④ 안 깊이, ⑤ 너비 치수를 토대로 도출되었다. 채혈대의 치수뿐만 아니라, 사용성 평가를 통해 도출된 병리사들의 요구사항을 반영하기 위해서 양손 사용을 위한 채혈대 디자인을 제시하였다.

2.3.1 윗면 높이

채혈대의 ① 윗면 높이(Figure 1)는 작업이 이루어지는 작업대의 높이를 의미한다. 책상 높이의 경우 하지를 위한 공간의 높이를 고려한 설계가 이루어져야 한다는 [KS G 4203] 지침과 사무작업을 위한 작업대의 높이는 ‘앉은 팔꿈치 높이’가 적절하다(Bex, 1971)는 연구결과에 따라, 채혈대의 ① 윗면 높이는 ‘앉은 오금 높이’와 ‘앉은 팔꿈치 높이’의 합보다 높아야 한다는 가이드라인을 도출하였다.

도출된 가이드라인을 바탕으로 20~60 대 여성의 5th%, 50th%, 95th%ile 치수를 사용하여 윗면높이의 적정 범위를 Table 2 과 같이 도출하였다. 그 결과 여성 병리사들을 위한 채혈대 윗면높이의 적정 범위는 552~695mm 이며, 최대치 설계원리를 적용시켜 채혈대 윗면높이는 695mm 이상이 적절하다는 가이드라인을 도출하였다.

Table 1. Recommended ranges of ‘Table Height’ for 20~60 yrs. of female medical technologists

| | 인체 치수 정보 (mm) | | |
|-------------------------|---|---|---|
| |  |  |  |
| | 앉은 오금 높이 (a) | 앉은 팔꿈치 높이(b) | 윗면 높이= (a) + (b) |
| 5 th % tile | 212.5 | 339.5 | 552.0 |
| 50 th % tile | 251.5 | 373.5 | 625.0 |
| 95 th % tile | 286.5 | 408.5 | 695.0 |

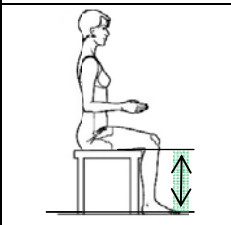
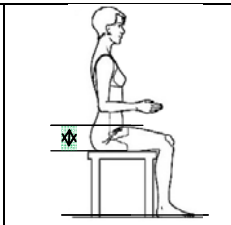
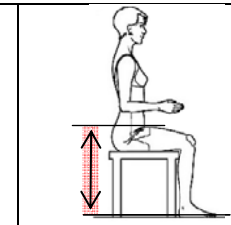
2.3.2 밑면 높이

학생용 책상 및 의자 지침(KS G 2010)에 따르면 책상의 ② 밑면 높이는 책상의 하부에 충분한 하지 영역을 확보하고, 대퇴부를 자유롭게 움직일 수 있도록 설계되어야 한다. 따라서 하지가 채혈대 밑면에 닿는 접촉스트레스를 피하고 사용자의 다리 여유 공간을 확보하기 위해서 채혈대의 밑면 높이는 ‘앉은 오금 높이’와 ‘앉은 넙다리 높이’의 합보다 높아야 한다는 가이드라인을 도출하였다.

이러한 가이드라인을 바탕으로 임상병리사(20~60 대 여성)의 5th%, 50th%, 95th%ile 에 해당하는 ‘앉은 오금 높이’ 와 ‘앉은 넙다리 높이’ 치수를 사용하여 채혈대 밑면 높이의 적정범위를

도출하였다 (Table 3). 채혈대 밀면 높이의 적정 범위는 469~580mm 이며, 최대치 설계를 적용하여 580mm 이상으로 제안하였다.

Table 3. Recommended ranges of ‘Table Height (underside)’ for 20~60 yrs. of female medical technologists

| | 인체 치수 정보 (mm) | | |
|-------------------------|---|---|--|
| |  |  |  |
| | 앉은 오금 높이 (a) | 앉은 넓다리 높이(b) | 밀면 높이= (a) + (b) |
| 5 th % tile | 339.5 | 129.5 | 469.0 |
| 50 th % tile | 373.5 | 148.5 | 522.0 |
| 95 th % tile | 408.5 | 171.5 | 580.0 |

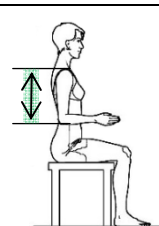
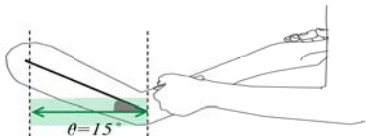
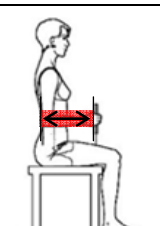
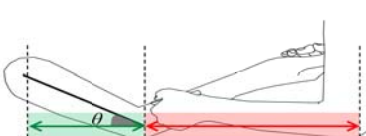
2.3.3 깊이

채혈작업은 임상 병리사가 환자의 팔을 잡은 상태에서 이루어지기 때문에, 채혈대의 ③깊이를 디자인 할 때에는 환자와 임상 병리사의 신체치수 모두를 고려해야 한다. 환자의 경우, 임상 병리사 쪽으로 팔을 내밀고, 임상 병리사는 환자의 팔을 잡은 상태로 회외근 주변의 정맥에서 혈액을 채취한다. 따라서 채혈대의 깊이는 임상병리사의 정상 작업 영역인 팔꿈치부터 손까지의 길이(Pheasant, 2005)와 환자의 상박 수평거리를 고려한 설계가 이루어져야 한다 (Table 4).

채혈대 깊이의 적정 범위를 제안하기 위해 환자의 경우 10~80 대 남녀의 5th%, 50th%, 95th%ile 에 해당하는 ‘위팔 수직 길이’를 사용하였으며, 환자의 상박각도는 15°로 가정한 뒤, 상박 수평거리를 도출(위팔 수직길이×cos15°)하였다. 환자의 상박 각도는 채혈작업 관찰을 통해 가장 빈번하게 관찰되는 각도인 15°로 선정하였다.

임상 병리사의 경우 20~60 대 여성의 5th%, 50th%, 95th%ile 에 해당하는 ‘팔꿈치 주먹 수평길이’를 사용하였다. 그 결과 환자와 병리사 모두를 고려한 채혈대 깊이의 적정 범위는 534.8~669.8mm 이며, 최소치 설계 원리를 적용하여 채혈대 깊이는 535mm 이하가 적절하다는 가이드라인을 도출하였다.

Table 4. Recommended ranges of ‘Depth’ for 20~60 yrs. of female medical technologists and 10~80 yrs. of male & female patients

| | 인체 치수 정보 (mm) | | |
|---|---|--|---|
| | 환자 | 병리사 | 깊이 |
|  |  |  |  |

| | 위팔 수직 길이 | 상박 수평 거리 (a) = 위팔 수직길이 × cosθ (θ=15°) | 팔꿈치 주먹 수평 길이 (b) | 깊이 = (a) + (b) |
|-------------------------|----------|--|------------------|-------------------|
| 5 th % tile | 270.5 | 261.3 | 273.5 | 534.8 |
| 50 th % tile | 317.5 | 306.7 | 299.5 | 606.2 |
| 95 th % tile | 356.5 | 344.3 | 325.5 | 669.8 |

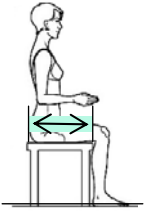
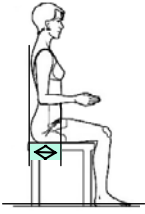

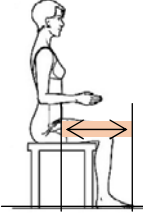
2.3.4 안 깊이

채혈대 ④안 깊이는 작업 시 하지의 충분한 여유공간을 확보해야 한다는 표준[KS G 4203]을 토대로 임상병리사의 ‘앉은 배 돌출점’과 ‘발 끝점’까지의 길이를 고려하여 안 깊이의 적정 범위를 도출하였다.

채혈대의 깊이는 병리사의 ‘앉은 배 돌출점’에서 ‘발끝 거리’를 포함할 수 있어야 한다. 따라서 임상병리사 (20~60 대 여성)의 5th%tile, 50th%tile, 95th%tile 에 해당하는 ‘앉은 엉덩이 오금 수평길이’, ‘앉은 엉덩이 배 두께’, ‘발 직선 길이’ 데이터를 이용하여 ‘앉은 배 돌출점’에서 ‘발끝 거리’(앉은 엉덩이 오금 수평길이 - 앉은 엉덩이 배 두께 + 발 직선 길이)의 치수를 구하였다 (Table 5). 이를 통해 도출된 채혈대 안 깊이의 적정 범위는 438~450.5mm 이며, 최대치 설계를 적용한 ④안 깊이의 최종적인 가이드라인은 451mm 이상으로 제시하였다.

추가적으로, 채혈작업이 어린이부터 휠체어를 사용하는 환자까지 여러 대상에서 이루어지는 것을 감안하여 가림막을 이동해 안 깊이를 조절할 수 있도록 설계 하였다.

Table 5. Recommended ranges of ‘Inner Depth’ for 20~60 yrs. of female medical technologists

| | 인체 치수 정보 (mm) | | | |
|------------------------|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |
| | 앉은 엉덩이 오금수평길이(a) | 앉은 엉덩이 배 두께(b) | 발 직선 길이(c) | 앉은배돌출점~발끝거리 = (a)-(b)+(c) |
| 5 th %tile | 410.5 | 189.0 | 216.5 | 438.0 |
| 50 th %tile | 451.5 | 229.5 | 231.5 | 453.5 |
| 95 th %tile | 489.5 | 288.5 | 249.5 | 450.5 |


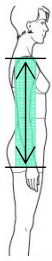
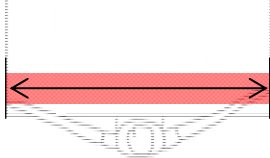
2.3.5 너비

채혈대 ⑤너비의 경우, 작업대 너비에 관한 노동부 고시에 따라 작업을 위한 충분한 넓이를 갖추도록 설계하여야 한다. 또한 미국 인간공학 표준[ANSI/HFES 100-2007]의 작업대의 너비는 최소 700mm 이상으로 설계해야 한다는 지침을 가이드라인 설계에 참고하였다.

채혈대 너비는 ‘어깨 너비’와 ‘양 팔의 길이’의 합보다 작아야 한다는 가이드라인을 도출하였으며, 이를 위해 임상병리사(20~60 대 여성)의 5th%tile, 50th%tile, 95th%tile 에 해당하는 ‘어깨 너비’, ‘팔 길이’ 치수를 활용하여 채혈대 너비의 적정범위를 도출하였다. 그 결과, 채혈대 너비의 적정

범위는 1321mm ~1543mm 로 선정되었다 (Table 6). 채혈작업 시 5th%ile 에 해당하는 병리사의 작업 또한 가능하도록 설계해야 때문에 최소치 설계를 적용하여 채혈대 너비에 대한 최종적인 가이드 라인은 1321mm 이하로 제안하였다.

Table 6. Recommended ranges of ‘Width’ for 20~60 yrs. of female medical technologists

| | 인체 치수 정보 (mm) | | |
|------------------------|---|---|--|
| |  |  |  |
| | 어깨너비 (a) | 팔 길이 (b) | 너비 = [(a) + (2 × (b))] |
| 5 th %tile | 323.5 | 498.5 | 1321.0 |
| 50 th %tile | 354.5 | 535.5 | 1426.0 |
| 95 th %tile | 382.5 | 580.0 | 1543.0 |

2.3.6 양손 작업을 위한 채혈대

기존 채혈대의 스위치 버튼, Tube 투입구, Tray 반환구는 모두 오른쪽에 위치한다 (Figure 2, left). 이로 인해 왼손을 주력손으로 사용하는 병리사들의 경우, 불편함이 크다는 의견이 도출되었으며, 오른손이 주력손인 작업자들 역시 작업이 오른쪽에 편중되어 오른쪽 상지의 부하가 매우 크다는 의견이 제시되었다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 연구팀은 스위치 버튼, Tube 투입구와 Tray 반환구를 오른쪽과 왼쪽에 모두 배치하여 작업이 양손에 적절히 분배되도록 설계하였다 (Figure 2, right).

Figure 2. Design for both hand tasks (left: original design vs. right: new design)

3. Results

3.1 동작 분석

본 연구팀의 가이드라인을 적용시킨 채혈대와 개선 전 채혈대의 비교를 통해 가이드라인의 적절성을 검증하기 위하여, 동작 분석을 수행하였다. 동작분석을 수행하기 앞서, 채혈작업을 단위 작업 별로 분류하였으며, 총 8 개의 단위작업(① 스위치 누름, ② 압박대 묶기, ③ 천자 부위 소독, ④ 채혈바늘 삽입, ⑤ Plunger 당김, ⑥ 혈액 진공튜브 옮김, ⑦ 튜브 흔들기, ⑧ 튜브 투입)으로 구성되어 있음을 확인할 수 있었다 (Figure 3). 각 단위작업에 대한 동작분석을 위하여 관성 센서 시스템(MyoMotion, Noraxon, USA)을 사용하였으며, 단위 작업 별로 팔꿈치 각도와 어깨 각도를 측정하여 개선 전/후 채혈대를 비교하였다 (Figures 4 & 5). 개선 전과 개선 후 채혈대의 신체각도 간의 유의한 차이는 SPSS 18.0(Lead Technologies, Inc., Chicago, USA) 을 이용하여 paired t-test 를 수행하였다.



Figure 3. Operations of the blood collecting task



Figure 4. Comparisons of elbow angles (left: original design vs. right: new design)



Figure 5. Comparisons of shoulder angles (left: original design vs. right: new design)

동작 분석 결과, 개선 후 채혈대의 평균 팔꿈치 각도는 90.9°로 개선 전 채혈대의 팔꿈치 각도(111.3°) 보다 통계적으로 유의한 감소(약18%)를 보였다(p-value <0.05). 어깨 각도 역시 개선 후(35.3°)가 개선 전(45.1°)에 비하여 약 22% 감소한 것으로 나타났다(p-value <0.05). 특히 튜브 투입 작업에서 어깨 각도가 78%, 팔꿈치 각도는 41%가 감소하여 가장 큰 개선을 보였다(Figure 6). 개선 전 채혈대의 경우 튜브 투입구가 오른쪽에만 위치하였기 때문에 어깨와 팔꿈치 각도가 크게 나타난 것으로 사료된다.

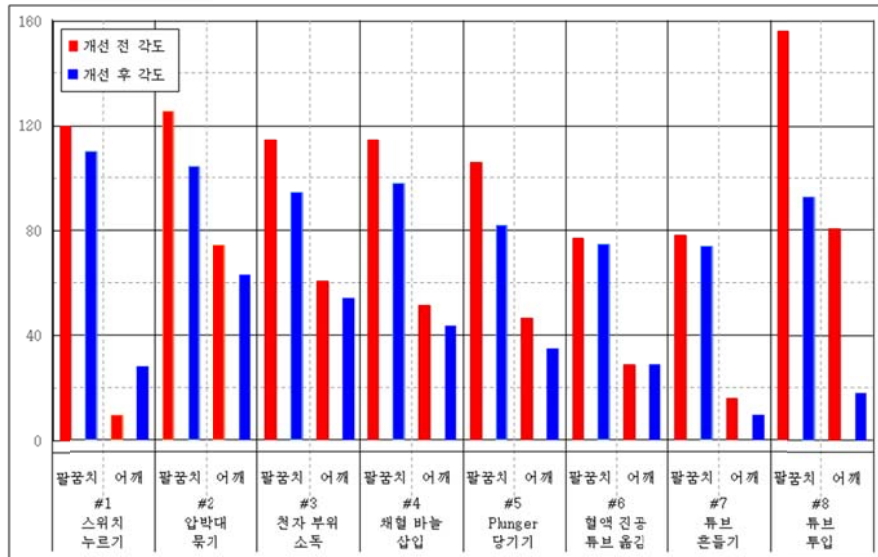


Figure 6. Comparisons of elbow and shoulder angles associated with original design and new design

3.2 근육 활성화도 분석

개선 전/후 채혈대의 정량적인 평가를 위해 단위 작업별로 근활성도를 측정하였으며(Telemyo DTS, Noraxon), 측정된 근활성도 데이터를 바탕으로 개선 전/후 채혈대를 비교하였다. 우선, 채혈 과정을 단위 작업별로 나눈 뒤 주요 동작에서 가장 많이 사용되는 근육 4 개를 선정하여 표면 근전도를 부착하였다. 선정된 근육은 척측 수근 굴근(Flexor Carpi Ulnaris)m 척측 수근 신근(Extensor Carpi Ulnaris), 전면 삼각근(Deltoid Anterior)과 상완 이두근(Biceps Branchii)이다 (Table 7). 측정된 근전도 신호는 Rectification 후 10~350Hz 대역의 bandpass filter 를 이용해 필터링 하였으며, RMS(Window size: 1000)로 변형하여 신호처리 하였다. 샘플링 주파수 1500Hz 로 근전도 신호를 수집하였다.

Table 7. Selected four muscle groups for EMG analysis

| | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | | |
| 척측수근굴근 (Flexor Carpi Ulnaris) | 척측수근신근 (Extensor Carpi Ulnaris) | 전면 삼각근 (Deltoid Anterior) | 상완 이두근 (Biceps Branchii) |

개선 전/후의 근활성도를 비교하기 위해 paired t-test 를 수행하였다. 비록, 개선 전과 후 채혈대의 근활성도 차이는 통계적으로 유의하지 않았지만($p= 0.09$), 전반적으로 개선 후 채혈대의 근활성도가 개선 전 채혈대의 근활성도보다 낮은 경향을 보였다. 특히 전면 삼각근의 근활성도가 13% 로 가장 크게 감소하였으며, 상완 이두근의 경우 6%, 척추 수근굴근은 5%, 척추 수근신근은 8%의 근활성도가 감소하였다 (Figure 7).

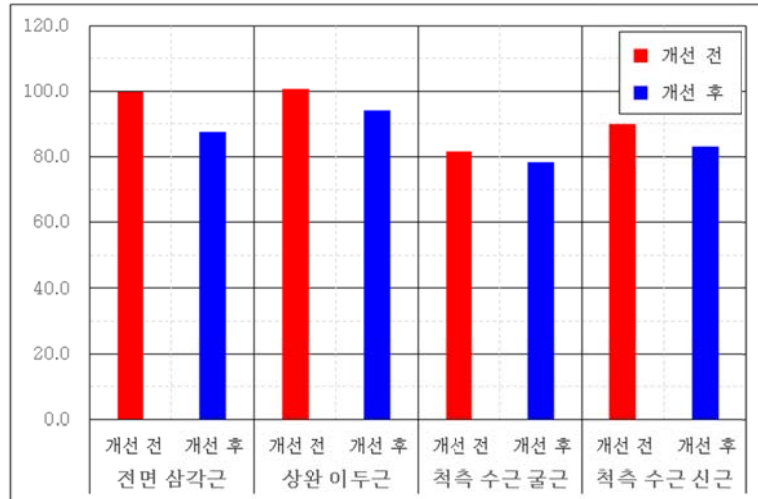


Figure 7. Comparisons of muscle activities associated with original design and new design

3.3 사용성 평가 분석

개선 전/후 채혈대의 정성적 분석을 위해 임상병리사 5 명을 대상으로 사용성 평가를 수행하였다. 임상 병리사에게 개선 전 채혈대와 개선 후 채혈대에서 모두 채혈작업을 각각 3 회씩 수행하도록 지시하였으며, 총 6 번 (채혈대 2 종류 \times 3 회 반복)의 채혈작업을 수행한 뒤 사용성 평가를 실시하였다. 사용성 평가는 4 가지 치수와 대칭 설계에 대한 만족도 평가와 자세와 구매 의사 등에 대한 전반적인 만족도 평가로 나누어 수행하였다.

치수 만족도의 경우 4 가지 항목(윗면 높이, 밑면 높이, 깊이, 안 깊이)과 대칭 디자인에 대하여 각각 5 점 척도(5 점: 매우 만족, 4 점: 만족, 3 점: 보통, 2 점: 불만족, 1 점: 매우 불만족)로 만족도 점수를 도출하였다. 개선 전 채혈대 치수의 평균 만족도는 25 점 만점에 15.4 점, 개선 후 채혈대의 평균 만족도는 21.4 점으로 39.0% 증가하였다 ($p < 0.05$). 특히 채혈대의 윗면 높이, 깊이, 스위치 및 반환구의 대칭 설계에서 만족도가 크게 향상되었다 (Table 8). 전반적 만족도에서는 개선 전 채혈대 평균 만족도는 15 점 만점에 8.2 점, 개선 후 채혈대의 평균 만족도는 12.8 점으로 56.1%의 증가율을 보였다 ($p < 0.05$) (Table 9).

Table 8. Satisfaction evaluation for dimension associated with original design and new design

| 치수 만족도 (25 점 만점) | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-----|------|--------|------|
| | 윗면 높이 | 밑면 높이 | 깊이 | 안 깊이 | 대칭 디자인 | 합계 |
| 개선 전 | 2.8 | 4.2 | 2.2 | 4.0 | 2.2 | 15.4 |
| 개선 후 | 4.6 | 4.2 | 4.2 | 4.0 | 4.4 | 21.4 |

Table 9. Satisfaction evaluation for overall associated with original design and new design

| 전반적 만족도(15점 만점) | | | | |
|-----------------|-----|-----|------|------|
| | 자세 | 디자인 | 구매의사 | 합계 |
| 개선 전 | 3.0 | 2.8 | 2.4 | 8.2 |
| 개선 후 | 4.6 | 4.0 | 4.2 | 12.8 |

4. Discussion

본 연구에서는 인간공학적 연구를 토대로 기존 채혈대의 문제점을 분석하고 임상병리사와 환자의 인체치수를 고려한 채혈대 설계 가이드라인을 제안하였다. 본 연구의 채혈대 설계 가이드라인의 정량적, 정성적 검증을 위해 근활성도와 동작분석, 사용성 평가를 수행하여 개선 전/후의 채혈대를 비교 분석하였다.

채혈대의 가이드라인은 표준과 지침 등의 문헌연구와 임상병리사와 환자의 인체치수 연구를 통해 도출되었다. 임상병리사의 대부분이 여성이기 때문에 20~60대 여성의 인체치수를 사용하였으며, 환자의 경우 연령대가 다양하기 때문에 10~80대 남녀에 해당하는 인체치수를 가이드라인 도출을 위해 적용하였다.

작업자의 작업자세와 채혈대의 사용성에 큰 영향을 미치는 윗면 높이, 밑면 높이, 깊이, 안 깊이, 너비에 대한 개선안을 중점적으로 도출하였으며, 그 밖에도 병리사들의 VOC를 수렴하여 대칭 작업을 할 수 있는 작업대를 설계하였다. 그 결과 채혈대의 윗면 높이의 경우 695mm 이상이 적절하며, 밑면 높이의 경우 580mm 이상으로 설계하는 것이 적절하다는 결론이 도출되었다. 깊이의 경우 535mm 이하가 적절하며 안 깊이의 경우 451mm 이상이 적절하다. 채혈대 안 깊이의 경우, 휠체어를 사용하는 환자와 키가 큰 환자를 고려하여 가림막을 이동시켜 안 깊이를 자유롭게 조절할 수 있도록 설계하였다. 또한, 너비의 경우 1321mm 이하로 설계되어야 한다는 가이드라인이 도출되었다. 뿐만 아니라 임상 병리사의 VOC를 바탕으로 채혈작업이 양손으로 균형있게 분배되도록 Tube 투입구, 스위치, Tray 반환구를 왼쪽과 오른쪽에 모두 배치한 대칭설계를 제안하였다.

도출된 가이드라인이 적용된 개선 후 채혈대와 개선 전의 채혈대의 비교를 통해 본 연구팀이 제안한 가이드라인을 검증하였다. 동작 분석 결과, 스위치 누름 작업과 혈액 진공튜브 옮김 작업을 제외한 나머지 단위작업의 어깨와 팔꿈치의 관절각도가 각각 22%와 18%씩 감소하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 특히 튜브 투입 작업의 경우, 어깨 각도가 78%, 팔꿈치 각도는 41%가 감소하여 가장 큰 개선을 보였다. 양손 사용이 가능하며, 적절한 작업위치로 인해 어깨 각도와 팔꿈치 각도가 감소한 것으로 사료된다. 어깨 각도와 팔꿈치 각도가 증가할수록 불편도가 증가하고(공용구 등, 2010), 불편도가 증가할수록 근력 최대 지속시간이 선형적으로 감소한다는(문찬영 등, 2005) 선행연구 결과를 참고하였을 때, 개선 후 채혈대가 사용자의 신체적 부하를 감소시킬 수 있으리라 사료된다.

개선 전/후 채혈대 사용의 근활성도를 비교했을 때, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았지만 전반적으로 개선 후 채혈대의 근활성도가 개선 전 채혈대보다 모든 근육에서 감소한 것으로 나타났다. 특히 전면 삼각근의 근활성도가 13%로 가장 크게 감소하였다. 상완 이두근의 경우 6%, 척추 수근 굴근은 5%, 척추 수근 신근은 8%의 근육활성도가 감소한 것으로 나타났다. 김성환 등(2005)은 근활성도의 증가는 근피로를 유발할 수 있다는 것을 의미한다고 하였다. 개선 후 채혈대를 사용했을 때 임상병리사들의 근활성도 값이 감소한 것으로 미루어봤을 때, 본 연구

탐의 가이드라인이 적용된 채혈대가 사용자의 근피로 감소에 기여할 수 있을 것이라고 사료된다.

개선 전/후 채혈대의 사용자 만족도 비교를 위해 임상병리사 5명을 대상으로 채혈대의 치수, 디자인 등에 관련된 사용성 평가를 수행하였다. 개선 전 채혈대 치수의 평균 만족도는 25점 만점에 15.4점, 개선 후 채혈대의 평균 만족도는 21.4점으로 만족도 점수가 39.0% 증가하였다. 특히 채혈대의 윗면 높이, 깊이, 스위치 및 반환구의 대칭 설계에서 병리사들의 만족도가 크게 향상되었다. 디자인, 자세, 구매 매력도 등의 전반적 만족도에서는 개선 전 채혈대 평균 만족도는 15점 만점에 8.2점, 개선 후 채혈대의 평균 만족도는 12.8점으로 56.1%의 증가율을 보였다. 따라서 본 연구팀의 가이드라인이 적용되었을 때, 임상병리사의 사용자의 편의성이 증진되었음을 알 수 있다.

5. Conclusions

작업현장에서 발생하는 다양한 요인들이 작업자에게 생체역학적, 생리학적인 스트레스를 초래하지만 가장 큰 원인은 부적절한 작업자세이다(Sanders and MacCormick, 1992). 본 연구는 부적절 작업자세를 예방하기 위하여 임상병리사와 환자의 인체측정자료를 바탕으로 채혈대의 설계 권장치수를 제시하였으며, 사용자의 만족도 향상과 신체부하 감소를 통해 편의성이 증진되었음을 정성적 정량적 평가를 통해 검증하였다.

본 연구를 통해 도출된 채혈대의 가이드라인은 채혈대 뿐만 아니라 유사한 작업이 이루어지는 의료현장, 사무직 환경에도 적용되어 사용자의 업무 환경 개선에 일조할 수 있으리라 생각된다. 본 연구가 향후 다양한 작업대의 개선을 위한 연구에 도움이 되기를 기대한다.

Acknowledgements

This research was supported by Basic Science Research Program, through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education (No. 2013R1A1A2058347).

References

- 공용구, 김대민, 한준구, 임철민, 어깨와 팔꿈치 각도의 조합자세에 따른 악력과 근전도 연구, *대한인간공학회 2010 추계 학술대회*, 36-39, 2010.
- 김성환, 이태우, 고도영, 정철기, 김인수, 강원희, 이호용, 표면근전도를 이용한 허리근육 평가시스템의 설계에 관한 연구, *전기학회논문지 D*, 54(5), 338-347, 2005.
- 노동부, 영상표시단말기(VDT) 취급근로자 작업관리지침 노동부고시 제 2004-50, 2004.
- 문찬영, 나석희, 기도형, 정민근, 최대 지속 시간에 근거한 관찰적 자세 평가 기법의 평가, *대한인간공학회지*, 31(4), 289-296, 2005.
- 박수찬, 김진호, 김철중, 학생용 책상 및 의자 설계를 위한 선호높이와 불편인식범위에 관한 연구, *대한인간공학회지*, 14(2), 41-50, 1995.
- 박정근, 장승희, 김대성, 허경화, 이혜영, 최은영, 조준희, 우희성, 간호직 근로자의 근골격계질환 및 직무스트레스 위험요인: 종합병원 간호작업 및 근골격계질환 증상, *대한기계학회논문집 B 권*, 36(11), 1105-1110, 2012.

- 정인호, 일부 지역 치과기공사의 직무스트레스와 근골격계질환 자각증상 관련요인, *대구한의대학교학위 박사학위*, 2008.
- 차주형, 유태범, 최화순, 이재봉, 김명기, 정민근, 정철현, 국내 치과 의사의 근골격계질환 실태 조사, *대한인간공학회지*, 26(2), 137-147, 2007.
- 허인남, 한국 임상병리사의 직업의식과 직무만족에 관한 연구, *대한임상검사과학회지(KJCLS)*, 18(1), 123-130, 1986.
- 한국표준협회. 시각표시단말기(VDTs)사용을 위한 요건(KS A ISO 9241), 2005.
- 한국표준협회. 사무용 책상 및 테이블(KS G 4203), 2015.
- 한국표준협회. 학생용 책상 및 의자(KS G 2010), 2015.
- Alexopoulos, E.C., Stathi, I.C. and Charizani, F., Prevalence of musculoskeletal disorders in dentists, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 5(1), 1-16, 2004.
- Bex, F.H.A., Desk heights, *Applied Ergonomics*, 2(3), 138-140, 1971.
- Chaffin, D.B. and Andersson, G.B.J., *Occupational Biomechanics*, 2nd ed., John Wiley&Sons, 1991.
- Hira, D.S., An ergonomic appraisal of educational desks, *Ergonomics*, 23(3), 213-221, 1980.
- Human Factors and Ergonomics Society. Human Factors Engineering of Computer Workstations(ANSI/HFES 100-2007), 2007.
- Pheasant, S. T. and Steenbekkers, L.P.A., *Anthropometry and the design of workspaces*, 3rd ed., 2005.
- Sanders, M. S. and McCormick, E. J., *Human Factors in Engineering and Design*, Seventh Edition, New York, McGraw-Hill, Inc, 1992.
- Size Korea Home Page, <http://sizekorea.kats.go.kr> (retrieved December 1, 2015).