

# 치과위생사의 근골격계 질환 예방을 위한 관성측정장치 기반 모션 연구: 예비연구

김민지<sup>1</sup> · 정영진<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>동서대학교 치위생학과 조교수, <sup>2</sup>동서대학교 방사선학과 조교수  
<sup>3</sup>동서대학교 고령친화산업 적응형 보건의료 고급 인재 양성 사업단 단장

## A Preliminary Study of IMU based Motion Analysis to Prevent Musculoskeletal Diseases for Dental Hygienist

Min-Ji Kim<sup>1</sup>, Young-Jin Jung<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Health Sciences, Dept. of Dental Hygiene, DongSeo University, Assistant professor

<sup>2</sup>Division of Health Sciences, Dept. of Radiological Science, DongSeo University, Assistant professor

<sup>3</sup>Advanced Human Resource Development Project Group for Health Care in Aging Friendly Industry, Dongseo University, Director

**Objectives:** In the last decade, the population of dental hygienist sharply increased since citizens want to receive more professional and quality oral health care. Although research for occupational health of dental hygienists is being conducted in various fields, there is a need for preventive research on traditional disease based on quantitative measurements. In this study, we proposed that Inertial Measurement Unit (IMU) based motion analysis system that can measure motion information to estimate the wrist and hand posture for dental hygienist.

**Methods:** In order to measure the wrist and hand motion information, the IMU sensor was employed, and designed home-made software to analyze the motion signals during mimicking scaling operations. Especially, The impact of wrist was compared between two groups.

**Results:** According to the estimated results, the calculated impact of wrist demonstrated significantly difference by employing suggested technique. From the results, the suggested IMU sensor based motion analysis technique showed possibility of quantitative measure to estimate an evidence for understanding how to predict carpal tunnel syndrome with a unsuitable posture during scaling operations.

**Conclusions:** IMU sensor based motion analysis system has high potential to be utilized for dental hygienist field. we believed that the proposed method will be useful quantitative tool to estimate good and bad posture during scaling operation.

**Keywords** Dental hygienist, IMU, Wrist and hand motion analysis, Msculoskeletal diseases

Received on Nov 21, 2019. Revised on Mar 13, 2020. Accepted on Mar 21, 2020.

\* Corresponding Author (E-mail: microbme@outlook.com)

이 성과는 2019년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019R1G1A1011504)

## I. 서론

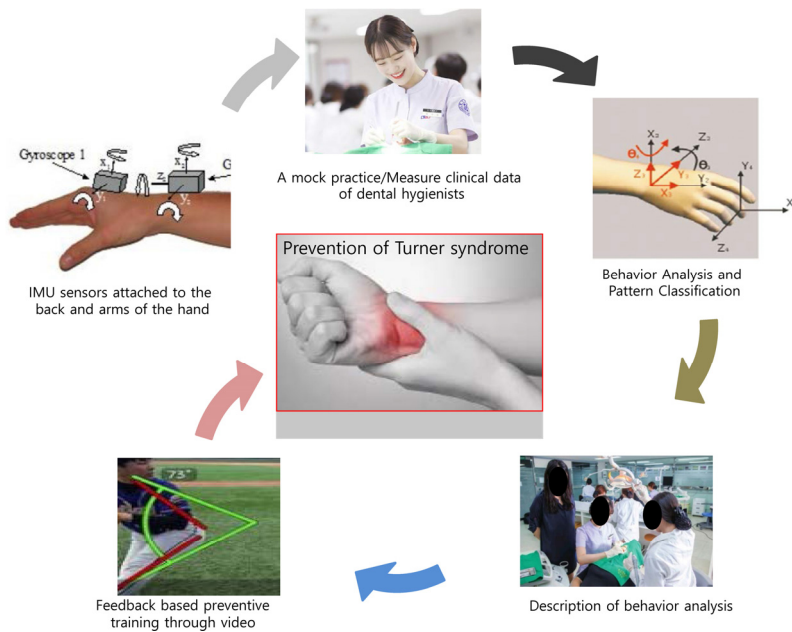
최근 산업의 발전과 더불어, 국민들의 건강에 대한 관심이 증가하고, 전문적인 구강보건진료에 대한 수요가 증가하고 있다 [1]. 특히 구강보건진료는 다양한 구강보건 전문 인력의 협동과 협조 하에 생산되는 노동집약적 서비스를 제공하기 때문에, 구강 보건진료를 효율적으로 생산하기 위해서는 구강보건인력 관리가 중요하다[2]. 구강보건인력은 구강보건진료서비스의 생산요소에서도 가장 중요한 요소이므로, 치과 병·의원에서의 합리적이고 효율적인 인적자원 관리는 구강진료 대상자들에게 양질의

의료서비스를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 치과 의료의 생산성 향상에 지대한 기여를 할 수 있기 때문이다[3]. 최근 통계 조사에 의하면[4], 치과의료기관 수의 증가하고 있으며 이로 인해 전문 인력의 수요가 증가하고 있다<Table 1>. 치과위생사는 치과병·의원의 구강보건전문인력 중 약 60%를 차지하고 활동하고 있다 [5]. 이러한 수요로 인하여, 최근 매년 약 5000여명 내외의 치과위생사가 배출되고 있으며, 이러한 젊은 인력은 많은 업무와 무리한 활동이 요구되어질 수 있다[6].

치과위생사를 포함한 치과진료 인력은 구강이라는 매우 한정적인 공간에서 세밀한 작업을 반복적으로 수행하기 위하여 긴시간

<Table 1> Current Status of Medical Institutions by Year [4]

Year	Dental hospital	Dental clinic	polyclinic	Number of all medical institutions
2010	191	14,681	274	81,681
2011	199	15,058	275	82,948
2012	201	15,365	278	83,811
2013	203	15,727	281	84,971
2014	205	16,172	287	86,629
2015	213	16,609	294	88,163
2016	223	17,023	298	89,919



<Figure 1> Flow Chart of IMU based Research for Dental Hygienist

정적인 자세를 취하게 된다[7]. 따라서 작업관련성 근골격계 질환의 위험에 노출될 가능성이 높으며, 전체 종사자의 64 ~ 93 %까지 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다[8, 9]. 이와 같은 직업성 질환이 지속적으로 발생할 경우 생산성의 감소 뿐만 아니라 작업의 조기은퇴로 이어지게 되어 국가적 손실이 발생하게 된다. 따라서, 이러한 근골격계 질환을 예방하기 위해서 다양한 방법들이 연구되고 시도되고 있다[10-12].

현재까지 근골격계 질환의 유병률과 관련 요인에 관한 설문 연구는 다양하게 진행되었으나[13-15], 권장되지 않는 위치와 자세에서 작업을 수행할 경우 신체 부위에 어떠한 무리가 가해지는지에 대한 정량적인 연구는 부족한 실정이며, 일부 연구에서는 통증 유무에 따른 스켈링 시의 근활성도를 비교하거나, 작업 자세에 따른 근활성도를 비교 분석하였고[16], 손 고정의 위치에

다른 근활성도를 측정하거나[17], 시계위치가 골반의 각도와 허리근육에 미치는 영향의 정도를 분석한 연구도 시행되었다[18]. 그러나 치과위생사의 근골격계 질환 예방을 위한 동작분석기반 진료자세 개선 방안 제시한 사례는 없었다.

따라서 본 연구는 관성측정장치(Inertial Measurement Unit; IMU)를 기반으로 치과위생사의 정량적 동작 분석을 진행할 수 있는지에 대한 예비연구를 수행하였다. 특히, 손과 손목에서 발생하는 동작을 분석하기 위해서 전문가 그룹과 비전문가 그룹 사이에 존재하는 치료행위의 특징 차이를 분석하여, IMU 기반 동작 분석연구가 치과위생사의 자세, 치료 행동 등에 유용하게 사용될 수 있는지에 대한 가능성을 확인 하였다. <Figure 1>은 본 연구에서 추구하는 정량적인 동작 분석의 근골격계 질환 예방을 위한 활용 방안에 대한 개념도이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 예비연구에서는 총 49명의 피험자가 참여하였으며 피험자들은 연구자가 본 연구의 기획 의도 및 목적을 설명한 후, 자발적으로 연구에 참여한 치위생학과 3학년 22명, 4학년 27명과 교수가 3인으로 구성되었다. 두개의 IMU(3-Space TM Wireless 2.4GHz DSS, YostLabs, USA)센서를 사용하여 실험 참여자의 오른쪽 손등과 아래팔에 착용을 하고 상악 우측 구치부 협면근, 원심면을 sickle scaler을 이용하여 치석을 제거하는 스케일링 작업을 실행하는 동안에 IMU 센서로부터 동작을 측정하였다.

### 2. 연구방법

IMU를 기반으로 하는 동작 분석을 위해, <Figure 2>와 같이 두 개의 IMU 센서를 부착하였으며, 각각의 센서는 손등과 아래팔에 부착되어 손목과 손의 운동정보를 측정할 수 있게 하였다. 두 개의 IMU 센서는 각각 가속도계(Accelerometer), 자이로센서(Gyroscope), 지자계(Magnetometer)로 구성되어서 9축(9-axes) 정보를 제공한다. 측정된 9축 정보는 동작을 분석하기 위한 쿼터니언(Quaternion) 좌표계의 4축 정보로 자동 변환되어 수치적 정보로 측정되었다.

본 실험을 위해서 IMU 센서들로부터 동작 정보를 전달받아서 저장하는 Home-made Software를 개발하였다. 본 연구에서 사용한 소프트웨어는 Python (Anconda3, USA)를 이용하여 만들었고, 소프트웨어는 IMU에서 측정된 쿼터니언 값을 받아와 그래프 시켜 데이터의 측정을 볼 수 있게 하였다



<Figure 2> Experiment set-up: two IMUs are utilized for motion signal measurement

### 3. 동작 분석

근골격계 질환을 이해하는데 있어서, 질환의 발생 과정은 손과 손목사이의 미세하고 다양한 관절이 치과 치료과정에서 수행되는 반복되는 동작으로부터 발생하는 충격(impulse)에 의한 것이라는 가정을 바탕으로 하였다. 이러한 동작을 분석하기 위한 방법으로 측정된 두 센서의 쿼터니언 수치를 기반으로 선-충격량(linear impulse)과 각-충격량(Anglar impulse)을 이용하였다. 선-충격량은 시간에 따라 변화가 발생하는 운동량의 단위 시간당 변화량을 이야기 한다. 그 수식은 아래와 같다.

$$I = F \Delta t \tag{1}$$

$$I = m \times a \times \Delta t \tag{2}$$

여기서  $I$ 는 선-충격량을 나타내며,  $m$ 은 질량, 그리고  $a$ 는 가속도,  $\Delta t$ 는 지속시간을 나타낸다(1). 본 연구에서  $m$ 은 일정하다는 가정으로 선충격량을 계산하였으며,  $\Delta t$ 와  $a$ 의 값을 활용하여 계산하였다.  $a$ 는 가속도 센서의 수치를 적용하였다(2).

각-충격량을 계산하기 위해서는 관성모멘트(moment of inertia)를 계산하고, 각운동량(angular momentum)을 이용하여 각-충격량을 계산할 수 있다. 관성모멘트는 물체가 회전할 경우에 물체가 그 상태를 유지하려는 운동량을 의미한다.

$$\tau = I \alpha = I \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \tag{3}$$

$$\tau \Delta t = I \Delta \omega \text{ where } (\Delta \omega = \omega_f - \omega_i) \tag{4}$$

여기서  $\tau$ 는 토크(torque),  $I$ 는 관성모멘트,  $\alpha$ 는 각 가속도를 나타낸다. 식(3)에서는 토크는 관성 모멘트와 각가속도의 곱으로 표현되고 이는 각 가속도를 각속도의 변화량을 시간의 변화량으로 나눈 값으로 대체할 수 있다. 식(3)의 양변에 시간변화량을 곱하여 식(4)를 유도하면, 좌측단은 시간변화량에 토크가 곱해진 각-충격량이 된다. 여기서 각속도의 변화량은 식(5)와 같이 표현할 수 있다.

$$\tau \Delta t = I(\omega_f - \omega_i) \tag{5}$$

$$L = I \omega \tag{6}$$

$$\tau \Delta t = L_f - L_i \tag{7}$$

식(6)은 각운동량을 나타낸 것은  $L$ 은 각운동량을 나타내며,

$f$ 와  $i$ 는 시점을 나타낸다. 즉 식(5)에 식(6)을 대입하면, 식(7)이 유도되어진다. 여기서 관성모멘터는 식(8)에 의해 계산되어질 수 있다.

$$I = m \times r^2 \tag{8}$$

이를 바탕으로 볼 때, 선운동에서 질량은 각운동량에서 관성모멘트에 대응되는 것으로, 본 연구에서는  $r$ 의 수치와  $m$ 의 수치는 일정하다는 가정으로 계산을 진행하였다. 본 연구에서는 직선에 대한 운동량과 충격량을 계산하기 위해서는 가속도 센서를 활용하였으며, 각-운동량과 충격량을 계산하기 위해서는 쿼터니언 값을 이용하였다. 가속도 센서의 경우 쿼터니언에 비해 자체 노이즈 레벨이 다소 높은 경향이 있으며, 운동의 경우 그 신호가 연속성을 가진다는 특성을 가지고 있기 때문에 window size가 10인 이동평균 필터를 적용하였다. 이동평균필터의 경우 신호를 부드럽게 만드는 효과가 있으며, 이는 노이즈 감소 효과를 나타내게 된다.

### III. 연구결과

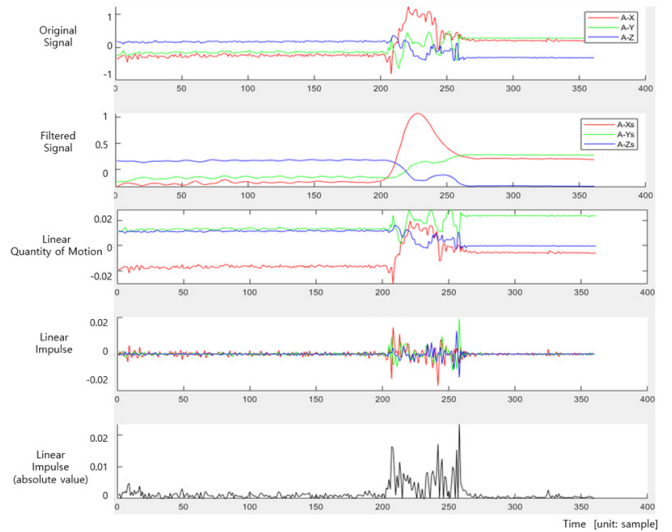
본 연구에서는 IMU를 이용하여 치위생학과 학생 및 교수자를 대상으로 실제 상악 우측 구치부 협면 근, 원심면을 sickle scaler을 이용하여 치석을 제거하는 스케일링 작업을 수행하는 동안에 오른쪽 손등 및 아래팔에 부착된 센서의 신호를 측정하였다. 피험자의 각 동작의 동작 정보를 분석한 결과는 <Figure 3>과 <Figure 4>에 각각 나타냈으며, <Table 2>에 두 그룹 사이에 측정된 정보의 평균과 표준편차를 기록하였다.

<Figure 3>의 첫 번째 행은 측정된 가속도 센서의 원-신호를 그대로 나타낸 것이다. 신호에서 보면, 200번째 샘플에서 260번째 샘플 사이에 서로 다른 3개의 축 사이에 가속도의 변화가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 선-충격량의 경우 측정되는 센서의 가속도 센서로부터 그 값의 계산이 큰 영향을 받게 된다. 두 번째 행은 3개의 가속도 센서 축의 이동평균필터를 적용한 결과로 첫 번째 신호대비 훨씬 부드러운 신호를 확인할 수 있다. 세 번째 행은 선 운동량을 계산한 그래프이며, 이 선 운동량의 변화량이 4번째 행의 선-충격량에 해당하게 된다. 결과적으로 다섯 번째 행에서 선-충격량을 각 시점마다 나타낸 것으로, 상악 우측 구치부 협면 근, 원심면을 sickle scaler을 이용하여 치석을 제거하는 스케일링 작업을 하는 동안에 발생하는 충격량을 나타

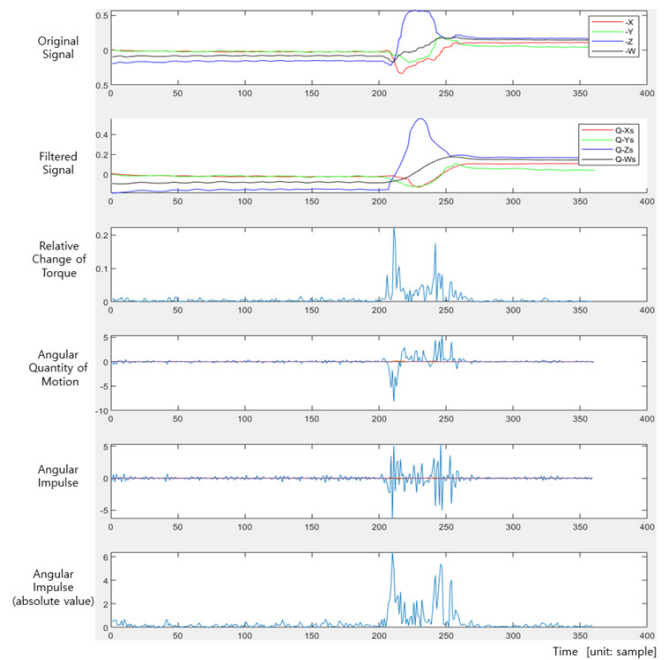
<Table 2> Results of Linear & Angular impulse

Group	linear impluse	Angular Impluse
	Mean±SD	Mean±SD
3 third-year	1.0855±1.4241	0.0057±0.0074
4 fourth-year	0.7313±0.4685	0.0058±0.0025
Professors	0.1330±0.3689	0.0007±0.0018

By Descriptive Statistics



<Figure 3> Graphic results that describe a procedure of the linear impulse calculation



<Figure 4> Graphic results that describe a procedure of the angular impulse calculation

내 준다.

<Figure 4>의 첫 번째 행은 측정된 쿼터니언 값의 원-신호를 그대로 나타낸 것이다. <Figure 3>의 가속도 센서의 원신호보다 쿼터니언 값의 원신호가 훨씬 부드럽게 표현된 것은 쿼터니언 값 자체가 IMU의 9축 신호를 조합한 각도의 변화를 4축으로 계산한 값이기 때문이다. 이 또한 이동평균 필터를 적용하여 두 번째 행의 그래프를 확인할 수 있다. 각-충격량의 경우 측정되는 센서의 각운동량의 변화량을 나타낸 것으로, 우선적으로 세 번째 행의 토크값을 계산하여야 한다. 그리고, 네 번째 행은 각-운동량을 나타낸 것이고 이것의 변화량인 각-충격량을 각 시점에 따라 계산한 그래프를 다섯 번째 행에 도시하였다. 마지막 행은 각-충격량의 절대값을 나타낸 것으로 <Table 2>에서 나타난 수치는 각-충격량이 200 ~260 [sample]에서의 총합을 구한 것이다.

본 예비연구의 결과는 200~260시점 사이에 발생한 운동량과 충격량을 직선 및 각도에 대해서 계산하였으며, 이 구간에서 정보만을 <Table 2>에 나타내었다. 아래와 같이 <Table 2>의 결과를 확인해 보면, 3학년 및 4학년 그리고 교수자의 평균적인 운동량과 충격량은 전문성에 따라 그에 상응하게 변화되는 것을 확인할 수 있다.

#### IV. 토의

본 연구에서는 휴대성을 극대화할 수 있으며, 상대적으로 높은 정밀도를 가지는 첨단 항공분야에 널리 활용되던 IMU를 기반으로 상악 우측 구치부 협면 근, 원심면을 sickle scaler을 이용하여 치석을 제거하는 스케일링 작업을 수행하는 동안 치료과정에서의 손목 주변 동작을 정밀하게 분석하여 손목에서 발생하는 부하의 패턴을 평가하고자 하였다. 이는 관성측정장치를 활용할 경우 관절에서 발생하는 선-충격량, 각-충격량 및 토크(torque)를 계산할 수 있으며, 이러한 물리적 특징 요소들은 관절에 부하(load)를 가하게 평가하는데 주요한 지표로 활용될 수 있다. 또한 이러한 반복되는 부하(load)가 관절에 오랜기간 지속된다면, 근골격계 질환이 야기될 수 있는 것을 가설로 삼았다. 이는 직업상 반복적이고 지속적인 자세가 야기할 수 있는 직업병을 이해하는 기초 근거자료로 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

<Table 2>에서는 선-충격량과 각충격량에 대한 각각의 그룹에서 평균과 표준편차를 계산하였다. 물론, 여기서 질량( $m$ )과 반지름( $r$ )은 일정하다는 가정으로 결과를 계산하였으며, 이는 경우에 따라서 상당한 오차를 발생시킬 수 있을 것이라 추측된다.

또한 이러한 오차는 이번 예비연구에서 결과에 반영되어 <Table 2>과 같이 3학년과 4학년 사이의 유의미한 차이를 찾기 어려운 결과를 도출하는데 기여하였거나, 혹은 실제로 3학년과 4학년 사이에 스케일링에 대한 차이를 확인하기 어려운 환경이었을 수 있음을 인지할 수 있다. 다만, 3/4학년과 교수자 간의 결과에서 본다면, 선-충격량과 각충격량에는 현격한 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 학생의 경우 긴장감과 불필요한 힘이 추가되어 특정 행동 패턴에서 그 충격량이 높게 측정되었다고 판단되며, 교수자의 경우 힘의 분배가 가장 조화롭게 이루어 졌을 것이라 추측할 수 있다. 학생들의 자연스러운 치료행위 모사를 위해서 본 실험에서 따로이 학생들에게 힘의 조절에 대한 요구는 없었지만, 만약 인위적인 지시가 있다면, 실험에서는 힘에 관련된 특징을 바탕으로 분석하는 것이 아닌, 다특 물리적인 특징을 채용하여 연구가 가능할 수 있을 것이다.

본 예비 연구에서는 IMU를 기반으로 치과위생사의 정량적 수치기반 동작분석 연구의 활용 가능성을 확인하고자 하였다. 본 연구에서 IMU장비는 <Figure 3>과 <Figure 4>와 같이 우수한 동작 정보를 취득할 수 있는 것이 확인되었다. 물론 <Table 2>과 같이 현재까지는 미세한 동작의 차이를 인식하지는 못하였으나, 교수자와 학생간의 동작의 유의미한 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 시작시점인 IMU 기반 치과위생사의 동작분석 연구 분야의 큰 잠재력을 나타낸다고 할 수 있다. 본 예비연구를 바탕으로, 좀 더 다양한 치과위생사의 치료 행위 중 동작을 연구할 수 있게 된다면, 손가락, 손목, 그리고 허리 등의 근골격계 질환의 원인을 파악을 위한 정량적 증거를 제공하고, 또한 자세를 교정을 위한 정보와 실제 그러한 활동을 통한 질병과의 관련성 등을 연구할 수 있을 것이라 판단된다.

또한, 치과위생사는 치과위생사의 업무를 수행할 능력을 갖추었는지 판정하기 위하여 1년에 1회의 실기시험과 필기시험을 치른다. 즉, 치과위생사로서 갖추어야 할 필요한 지식과 기능 여부를 판정하여 합격여부를 결정하는 것이다. 현재 출제되고 있는 국가실기시험의 문항의 채점기준표는 치석탐지와 치석제거로 나뉘며, 기본평가는 술자의 위치, 기구선택, 시술부위 선택이고, 기구조작능력평가는 기구잡는 법, 손고정, 적합, 삼입, 동장의 5개의 항목으로 구성되어있다. 이처럼, 실기시험 평가항목은 항목자체로는 매우 절절하게 시행되며, 우수한 성과를 도출하고 있지만, 지속적인 연구를 통해서 정성적평가 뿐만아니라 보조적으로 정량적 평가 요소도 함께 반영된다면 신뢰성 확보에 큰 도움이 될 것이라 기대된다. 이에 본 연구를 기반으로 추후 국가 실기시험의 결과를 예측하고 불합격이 예상되는 학생들에 대한

집중적인 지도 및 국가실기시험의 방향과 내용을 개선하는 객관적인 자료들로 근거를 마련할 수 있을 것이라 기대된다.

향후, 후속 연구를 진행하기 위해서는, 본 연구에서 적용한 몇가지 추정에 의한 수치값을 실측에 가까운 값으로 변환하는 것이 필요하다. 예를 들어서 피험자 각자의 손목 무게는 다르며, 또한 아래팔의 길이 또한 미세한 차이가 존재한다. 이는 토크값을 계산하는 과정에서 큰 수치적 오류를 발생시킬 수 있는 것으로, 향후 연구에서는 이러한 부분의 개선에 대한 고려가 필요하다. 또한, 이를 위한 다양한 통계적 인체 계측 자료가 필요하며, 이를 바탕으로 연구가 진행된다면 더욱 미세한 동작의 차이도 해석할 수 있을 것이라 기대된다.

## V. 결론

본 연구에서는 치과위생사의 치아 관리 및 치료 활동을 수행하는 동안 발생하는 다양한 모션에 대한 분석 작업을 IMU를 기반으로 진행할 수 있는지를 판단하는 예비적 연구를 수행하였다. 본 예비적 연구에서는 IMU 기반 정량적 모션 측정 결과는 치아의 치료 활동과 같이 미세한 변화를 감지할 수 있었으며, 향후 이와 비슷한 치아의 치료를 위한 행위, 또는 치료 행위 중에 유지되는 다양한 신체의 모션을 분석하여 치과위생사에게 발생할 수 있는 여러 가지 근골격계 질환에 대한 예측 및 예방을 위한 주요한 정보로 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

## REFERENCES

1. Jeong SH, Seo YK, Son EY, et al. Analysis of job satisfaction and related factors of dental auxiliaries. *Journal of Korean Academy of Oral Health* 29(3): 281-292, 2005.
2. Ahn YS, Shin SJ, Jung SH, et al. Comparison of job description and turnover trend among dental hygienists and assistant nurses in dental clinics. *Journal of Korean Academy of Oral Health* 30(3), 303-315, 2006.
3. Kim KY, Chung WG. Impact of human resource management and development on turnover intention of dental hygienist in Korean dental settings - Focusing on the moderating effect of career commitment. *Journal of Korean Academy of Oral Health* 34(4), 505-515, 2010.
4. Son MS, Seong SC. 2015 National Health Insurance Statistical Yearbook, Health Insurance Review & Assessment Service, National Health Insurance Service Pub, pp 51, 2016.
5. Kim JH, Kim HY, Lee SK, et al. A survey on working conditions and manpower among dental auxiliary personnel in dental clinics. *Journal of Korean Academy of Oral Health*, 32(4), 540-550, 2008.
6. <http://www.kuksiwon.or.kr/Publicity/ExamStatistic.aspx?SiteGnb=5&SiteLnb=2>
7. Shim SH. Research on the risk factors for musculoskeletal symptom and the effect of work supporting apparatus in Dental Hygienists. doctoral dissertation, Dankook University, Seoul, 2016.
8. Puriene A, Janulyte V, Musteikyte M, et al. General health of dentists: literature review. *Stomatologija*, 9(1), 10-20, 2007.
9. Puriene A, Aleksejuniene J, Petrauskiene J, et al. Self-reported occupational health issues among Lithuanian dentists. *Ind Health*, 46(4), 369-374, 2008.  
DOI: 10.2486/indhealth.46.369
10. Crawford L, Gutierrez G, Harber P. Work environment and occupational health of dental hygienist. *J Occup Environ Med* 47(6), 623-632, 2005.  
DOI: 10.1097/01.jom.0000165744.47044.2b
11. Leggat PA, Kedjarune U, Smith DR. Occupational health problems in modern dentistry: a review, *Ind Health*, 45(5), 611-621, 2007.  
DOI: 10.2486/indhealth.45.611
12. <https://www.rdhmag.com/pathology/public-health/article/16407069/vision-magnification-for-clinical-dental-hygiene-practice>
13. Kim JH, Kim HJ. A Study on the Musculoskeletal Pain Experience of Dental Hygienist's Treatment Postur. *Journal of Dental Hygiene Science* 9(4), 413-418, 2009.
14. Park JR, Park JY. A study on the factors that affect dental hygienist's work related musculoskeletal symptoms. *Journal of Korean Academy of Oral Health* 31(3), 416-431, 2007.
15. Lee SY, Yu BC, Urm SH, et al. Relationship between musculoskeletal symptom and work-related factors in dental hygienists. *Journal of Korean Academy of Oral Health* 35(4), 486-496, 2011.  
DOI: 10.13065/jksdh.2012.12.1.067
16. Jeon ES, Nam KW, Ha MS. Analysis Characteristic the Using Surface Electromyography of Head Neck and Around of Shoulder Muscles Express Scaling Working of the Dental Hygienist. *Journal of Dental Hygiene Science* 12(4), 437-442, 2012

17. Cosaboom-FitzSimons ME, Tolle SL, Darby ML, et al. Effects of 5 different finger rest positions on arm muscle activity during scaling by dental hygiene students. *J Dent Hyg* 82(4), 1-10, 2008
18. Howarth SJ, Grondin DE, La Delfa NJ, et al. Working position influences the biomechanical demands on the lower back during dental hygiene. *Ergonomics* 59(4),545-555, 2016. DOI: 10.1080/00140139.2015.1077274