

생체역학적 해석을 위한 엄지손가락 관절의 모델링

Development of Dynamic Model of a Thumb for Texting

김광훈¹, 박정홍¹, 손권¹

*K.H. Kim¹, J.H. Park¹, #K. Son(kson@pusan.ac.kr)¹

부산대학교 기계공학부

Key words : Repetitive strain, Thumb joint, Mobile phone, Text messaging

1. 서론

국내에서 휴대폰은 이미 대중화가 되었을만큼 보편적으로 사용하고 있으며, 최근에는 사용자들이 일반 폴더형의 휴대폰에서 터치형의 스마트폰으로 이동하는 추세이다. 이들 스마트폰은 기존의 단순한 음성통신기능을 제외하고도 텍스트 메시지, 게임, 채팅, 웹서핑 등의 다양한 목적으로 활용된다. 특히 청소년과 젊은 층을 중심으로 그 사용빈도와 시간이 증가하고 있는데, 이를 통해 수관절계에 근골격계 질환 중 하나인 긴장성 손상 증후군(RSI: Repetitive Strain Injury)의 발병이 점차 증가하는 경향이 있다(1).

RSI 증후군이란 같은 동작을 반복하는 물리적인 운동에 의해 발생하는 질환으로써 인대나 신경, 근육 등에 손상을 받은 것이 누적되어 발생하는 질환들을 말한다. 대표적인 질환으로는 손목 터널 증후군(Carpal Tunnel Syndrome), 드퀘르뱅 증후군(De Quervain's Syndrome), 그리고 방아쇠 수지(Trigger finger)가 있다.

본 연구에서는 최근 사용자층이 증가하고 있는 스마트폰을 포함하여, 모바일폰 반복사용 시 발생될 수 있는 근골격계 질환을 평가하기 위한 기초연구를 수행하고자 하였다. 이를 위하여 텍스트 메시지를 위하여 휴대폰의 기판을 누르는 운동에 대한 동역학적 모델을 개발하고, 이에 따른 수관절을 구성하는 인대와 근섬유초의 역할 및 질병과의 관계를 규명하고자 한다.

2. 연구 방법

엄지손가락의 관절을 구성하기 위하여 손에 대한 해부학적인 정보는 Fig 1과 같다. 엄지손가락은 다른 손가락들보다 하나가 적은 3개의 뼈, 무지중수골, 무지기절골, 무지말절골로 이뤄져 있으며,

무지중수골은 손목부분의 수근골 중 대능형골과 인대로 연결되어 있다. 수관절계의 운동 중 대능형골과 무지중수골 사이에 발생하는 운동이 가장 표현하기 어렵다. 엄지손가락 관절은 무지중수골과 무지기절골, 무지기절골과 무지말절골 그리고 무지중수골과 대능형골에 총 3개의 관절로 이뤄져 있다. 특히 무지중수골과 대능형골을 이어주는 관절을 무지수근수관절이라고 한다(2).

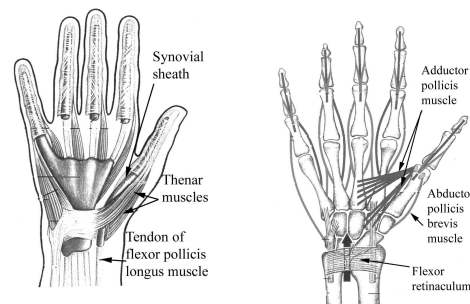


Fig 1. Musculoskeletal scheme of a right hand(2)

엄지손가락의 운동은 크게 내전(adduction)과 외전(abduction)으로 나뉜다. 각 운동의 주동근은 내전의 경우 장측굴간근과 무지내전근이며, 외전의 경우 배측굴간근, 소지외전근 및 단무지외전근이다. 휴대폰을 자주 사용하거나 오래 사용하는 사람들에게서 자주 발생하는 건초염은 손가락에 있는 건들을 싸고 있는 건초에 염증생김으로 발생한다. 본 연구에서는 엄지손가락의 굴곡운동 시 건초를 지나는 무지내전근건을 모델링하고, 휴대폰의 자판을 터치하는 운동에 대하여 각 관절과 건 및 건초에 작용하는 힘을 분석하였다(3).

Fig 2는 건초와 무지내전근건을 고려한 엄지손가락의 동역학 모델이다. 여기서 작은 점선의 원(푸른색)으로 된 것은 관절낭에 있는 건초를 의미하며,

굵은 점선(붉은색)은 무지내전근건을 의미한다. 실제 무지내전근건은 활액초로 수근부분까지 전체적으로 싸여있으나 손가락 운동의 정밀 제어를 위해 각 관절에서 크게 벗어나지 못하도록 건초가 잡아주고 있다. 이를 해석에 적용하기 위하여 건초와 무지내전근건은 마찰이 없고 관절 중심에서 일정거리를 유지하도록 설계하였다.

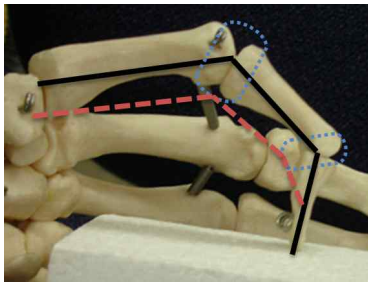


Fig 2. Musculoskeletal dynamic model of a right hand

엄지손가락에 걸리는 압력을 측정하기 위해서 버튼식 휴대폰을 이용하여 압력센서로 실험값을 얻었으며, 이를 이용하여 역으로 관절에 걸리는 힘과 건에 걸리는 장력 및 건초에 작용하는 힘을 계산하였다. 해석 시 고려한 사항으로는 다음과 같다.

1. 버튼을 누르는 운동에 대하여 관계된 운동은 내전운동으로 무지내전근과 장측굴간근이 주동근이나 버튼을 누르는 정교하며 큰 힘이 들어가지 않는 작업에는 무지내전근에 의한 운동이 더 주요한 역할을 하며, 건초염에 직접적인 영향을 끼치므로 무지내전근에 의한 운동만 고려한다.
2. 건과 건초는 마찰이 없는 운동을 한다. 두 물체간의 마찰이 없으므로 건의 장력 방향은 건초에 의한 힘의 방향에 대칭이다.
3. 건초에 의한 힘은 항상 관절의 중심으로 작용한다. 건초에 의한 힘은 무지기절굴에 가해지는 것으로 가정한다.

3. 해석 결과

버튼식 휴대폰의 자판에서 숫자 6번을 50회 눌러서 평균값은 3.31N(표준편차:0.7534)을 사용하였다. 각 관절의 힘은 Table 1과 같다. 건에 작용하는 장력에 비해 지절간관절의 건초 및 중수지절관절의 건초에 작용하는 힘은 각각 55%, 52% 정도로

나타났다. 앞의 각 관절에 작용하는 힘은 각각 3.54 N, 1.15 N으로 건초와 건을 고려하지 않고 해석한 결과보다 각각 6.9 % 증가, 65.3 % 감소한 것으로 나타났다.

Table 1. Calculated forces of tendon and joints

	T	T1	T2
Force(N)	0.2555	0.1409	0.1323
	R1	R2	R3
Force(N)	3.5386	1.1494	1.1494

T:무지내전근건, T1:지절간관절의 건초힘, T2:중수지절관절의 건초힘, R1:지절간관절 반력, R2:중수지절관절 반력, R3:수근중수지절관절 반력

4. 결론

본 연구를 통하여 엄지손가락의 굴곡 운동을 위하여 건과 건초를 포함하여 운동을 해석하였다. 엄지손가락의 동역학 모델링에 건과 건초를 고려하는 것이 필요하며, 이를 통하여 실제 발생하는 임상적 문제를 분석하는 것이 가능함을 확인하였다. 향후 배제되었던 근육과 건을 추가함으로써 신전에 대한 운동을 고려하는 것이 필요하다.

후기

본 연구는 2010년도 일반연구자지원사업 연구비의 지원(과제번호 :100613370)으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. F.R.Ong, "Thumb Motion and Typing Forces during Text Messaging on a Mobile Phone", School of Mechanical and Manufacturing Engineering, Singapore Polytechnic, Singapore
2. J.W.Rohen, C.Yokochi, and E. Lutjen-Drecoll, *Color Atlas of Anatomy: Fifth Edition*, Hyunmoon Publishing Co.
3. J.O. Edmunds, "Current Concepts of the Anatomy of the Thumb Trapeziometacarpal Joint", *J Hand Surg*, 36A,170-182, 2011.