

# 보행검사 데이터 시각화 프로그램 설계

## Gait Data Visualized Program Design

김우겸, 이연석

순천향대학교 의과대학대학 의료IT공학과

Woo-Kyum Kim(hkkim@hankook.ac.kr), On Seok Lee(leeos@sch.ac.kr)

### 요약

퇴행성 변화를 겪으면서 발생할 수 있는 각종 신체 질환을 포함한, 재활환자들의 보행검사 평가 지표는 환자별 텍스트 형식으로 입력되어 있는 자료들로부터 평가 지표를 얻는다. 본 연구에서는 시간적 정확도 향상을 위하여 환자 개인과 특정 질환 집단의 측정 데이터를 개인, 집단 형식으로 차트 형식으로 시각화함으로써 연구 시 오차 범위를 줄이고, 자료 분석 시간을 감소시켜 효율성을 증대 시키고자 하였다. 또한, 추후 각 분야의 전문의와 협력해 환자 측정 데이터에 따라 의심 질환 제시까지 가능한 의료콘텐츠 소프트웨어로서 개발 가능하도록 하였다.

■ 중심어 : | 보행검사 | 데이터베이스 | 데이터 시각화 | 프로그램 | 설계 |

### Abstract

In this study, we introduce a new way to improve the efficiency of Gait Analysis and promote its usage. This program can be shown in different points of view such as an individual or group patient data. The 'Gate Data Visualization Program' is improving its efficiency by minimizing the margin of error during research and promoting the easy interpretation. In addition, this program is designed to have an easy access, and can be used to develop the most basic medical equipment program to predict a probable disease for patient by collaborating with physicians specializing in neurosurgery.

■ keyword : | Gait Test | Data Base | Data Visualized | Program | Design |

## I. 서론

보행(gait)이란 사지를 이용하여 몸을 움직이는 방식을 의미한다. 보행은 개체 발생적(ontogenic)으로 나타나는 것으로 신체의 머리, 목, 체간이 서로 정상적인 선열을 유지하는 동안, 교대적인 운동을 허용하는 적절한 관절가동범위와 안전성을 필요로 한다[1]. 또한, 태어나면서부터 오랜 기간에 걸쳐 일어나는 신경근육계, 생체

역학적 그리고 운동기능 학적 변화의 절정으로 이루어진 운동 패턴을 말한다[2]. 따라서 보행분석을 실시할 때 보행분석을 위한 전문화된 평가 장비나 수집 자료 해석을 위한 전문 인력이 없을 경우, 측정 평가 및 임상적 해석이 쉽지 않은 어려움이 존재한다[1]. 본 연구에서는 데이터 시각화 프로그램을 개발함으로써 보행분석 자료해석이 가능하도록 하였다.

\* 본 논문은 2017년 순천향대학교 이공계열 학진등재지 논문게재료 지원사업의 학술연구비와 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 바이오·의료기술개발사업(NRF-2015M3A9D7067388)에 의하여 지원되었습니다.

접수일자 : 2017년 01월 16일

수정일자 : 2017년 05월 19일

심사완료일 : 2017년 06월 01일

교신저자 : 이연석, e-mail : leeos@sch.ac.kr

## II. 내용적 특성

### 1. 용어설명

#### 1.1 데이터 시각화

데이터 시각화(data visualization)란 데이터의 시각적 표현의 연구 영역을 의미하며, 도식적 형태 안에 추상적으로 표현된 속성이나 변수를 가진 단위를 포함한 정보를 말한다. 데이터 시각화의 주요 목적은 수집한 데이터를 시각적으로 표현하여 보다 명확하고 효과적으로 정보를 커뮤니케이션하고 원 데이터의 의미를 보다 더 직관적으로 파악하거나 새로운 인사이트를 얻고자 함에 그 목표가 있다. 데이터 시각화에서는 미적 형태와 기능성 모두를 추구하고, 대개 데이터들의 연결과 그룹핑을 표현하는 데 초점을 둔다. 데이터시각화의 두 가지 관점은 통계적 그래픽(Statistical Graphics)과 주제 지도학(Tematic Cartography)으로 이러한 데이터 시각화 범위로서는 마인드맵, 뉴스 표현, 데이터 표현, 관계들의 표현, 웹 사이트들의 표현, 기사와 리소스들, 톨과 서비스 등이 존재한다[3].

#### 1.2 보행분석(gait analysis)

보행분석은 병적 보행 기전을 이해하는데 과학적 기초를 제공한다. 병적 보행은 중추신경계 손상, 근 골격계 손상, 척수 손상 및 사고에 의해 초래되며 선 자세와 보행과 관련된 자세, 운동, 협응에 관한 세밀한 분석이 요구된다. 일반적인 임상 검사도 중요하지만 운동성 문제와 관련된 분석에서는 객관적 시정이 요구된다. 또한 최근 보행분석에서 이동의 체계적인 분석은 오늘날 성인과 어린 아동의 치료 전 시정, 외과적 수술 결정, 수술 후 재검토와 관리를 위해 이용되고 있다[1].

### 2. 프로그램 설계

#### 2.1 메타 데이터베이스 설계

데이터베이스는 단순한 정보의 저장소로서의 의미가 아닌 정보 검색과 이용을 위한 기반으로써 정보화 사회의 핵심적 부분을 차지하고 있다. 또 수많은 과학자 및 연구 개발자들이 연구개발 활동을 위해 많이 활용 중이다[4][5]. 메타 데이터베이스는 시스템의 실제 운영을

위한 모든 정보 특히 요약 데이터베이스를 효율적으로 운영하기 위한 정보들을 저장하며[6], 메타 데이터베이스 자동 매핑 알고리즘을 이용한 개선된 시각화 시스템을 설계를 하기 위한 요구 사항은 다음과 같다.

(1) 차트를 식별하는데 필요한 차트의 기본 정보와 차트가 표현되는데 필요한 고유의 데이터 구성 항목들을 동일한 화면에 배치하여 사용자가 직관적으로 데이터 시각화 작업을 할 수 있어야 한다. (2) 메타 DB 자동 매핑 알고리즘을 적용한 시각화 시스템은 데이터 관리 및 처리 작업시간을 단축하여 정확하고 신속하게 시각화 차트를 구현할 수 있어야 한다. (3) 시각화 대상 DB의 갱신된 정보가 차트에 쉽게 연동되어야 한다. (4) 시각화 가능한 차트 종류 추가 및 완성된 차트 수정이 가능해야 한다. (5) 시각화 차트가 실행되는 브라우저와 플랫폼 기종의 영향을 최소화하여 시각화 차트가 실행되어야 한다[7].

#### 2.2 데이터 흐름도

본 논문에서 제안하는 메타 데이터베이스(DB, data base) 자동 매핑 알고리즘의 데이터 흐름은 다음과 같다. 사용자는 시각화하고자 하는 데이터를 Add\_patient의 GUI를 통해 나타나는 형식에 맞게 입력 후 자동으로 해당 patient\_id를 기본 키로 한 테이블이 생성되며 DB에 저장된다. 이렇게 저장된 DB에서는 사용자의 선택에 따라 시각화에 필요한 테이블만 선택하여 주제 영역으로 저장한 뒤 쿼리를 생성한다. 사용자에게 시각화하고자 하는 주제 영역은 목록으로 제공되고, 시각화하고자 하는 주제 영역을 목록에서 선택한다. 주제 영역이 선택되면, 자동 생성되어 있던 쿼리를 실행해 선택된 patient\_id를 통해 테이블에 접속한다. 해당 patient\_id의 자료 중 가장 최근 검사한 측정변수들이 메인 화면 GUI에 표시되게 된다. Graph\_gui에서 그래프화하고자 하는 측정 변수 명을 선택하게 되면 해당 환자의 해당 변수의 수치들만 로드 해온다. 사용자에게 그래프로 출력되는 시각화 차트 화면으로 결과를 출력하고 사용자 에게 출력한다[8].

### 2.3 프로그램 알고리즘

처음 사용자는 프로그램을 시작하게 되면 과거 검진 데이터를 시각화하거나 새로운 날짜에 환자의 검진 정보를 입력하기 위해 3개의 JComboBox로 돼있는 날짜를 조정하게 된다. 조정한 날짜를 기준으로 프로그램은 데이터베이스에 접속해 해당 날짜에 진단한 환자 명단을 로드 해오게 된다. 해당 날짜에 환자가 없을 시 add\_Patient 버튼을 사용해 환자를 추가한다. 사용자는 List에 환자 명단 중 시각화하고자 하는 환자를 선택한다. 선택된 환자의 Patient\_num을 기준으로 데이터베이스에 접속해 환자 정보들을 불러온다. 기본 정보들은 GUI에 나타나고 시각화 시키고자 하는 측정 변수들은 Graph\_GUI에서 사용자 선택으로 인해 데이터 컨버팅이 발생하게 된다. 프로그램이 해당 환자 데이터를 시각화 차트로 만들어 사용자 육안으로 확인 가능하도록 한다[3].

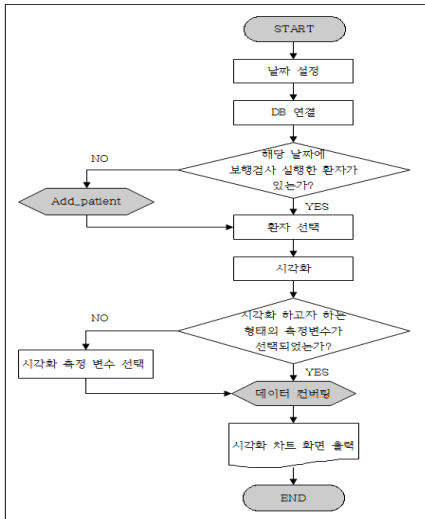


그림 1. 프로그램 알고리즘

### 2.5 데이터베이스 스키마

테이블 구조는 연속적으로 변하는 측정값들을 저장할 measure 테이블로 현 프로그램에서 가장 많이 접속하게 될 테이블과 측정값의 변화가 자주 일어나지 않는 personal information 테이블로 나누어 측정값 정보를 나누어 저장하였다. 변화가 없는 환자 기본 정보를 저

장하기 위한 patient 테이블로 구분하여 환자 정보 저장하여 테이블 총 3개의 테이블로 나누어 환자 정보를 저장하도록 데이터베이스를 설계하였다[9].

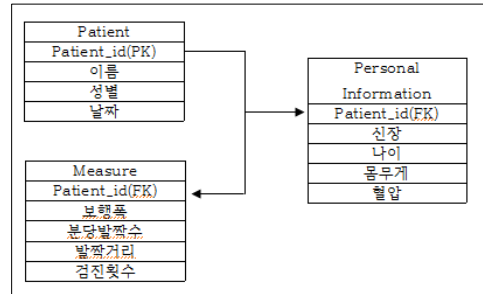


그림 2. 데이터베이스 스키마

### 2.6 시각화

측정값별로 변수를 받고 arraylist 의 list.add로 해당 변수의 모든 값을 추가한 뒤 날짜별로 그래프에 표시한 뒤 drawline 메서드를 이용해 그래프로 표시하였다. 선택된 measure이 추가될 때마다 다른 색상의 그래프로 표시해 구분 가능하도록 하였다. 이때 가로 눈금은 31일을 기준으로 나누게 되었고, 세로 눈금은 선택된 measure 값들 중 가장 큰 값을 가진 측정변수를 기준으로(프레임 높이 : 최대 측정값 = x : 해당 측정값) 으로 각 측정값 하였다[10][11].

## 3. 프로그램 구동

### 3.1 환자 명단 호출방법

환자별로 해당 환자의 여러 측정값들을 그래프로 시각화하는 프로그램으로 3개로 구분된 JComboBox를 통해 조회할 년, 월, 일 을 설정하고 날짜를 조정하게 된다. 그 후 날짜를 기준으로 actionlistener 의 발생으로 자동으로 해당하는 날짜에 진료를 받은 patient\_id를 patient 테이블에서 searching 하고 해당 patient\_id를 통해 환자 이름을 꺼내와 왼쪽 패널의 patient-list 즉 JScrollPane에 환자 이름 목록을 나타내게 된다[그림 3]. 날짜 설정 이후 환자 추가(add-patient)와 환자 제거(delete-patient) 버튼을 통해 해당 날짜 환자 명단을 조정할 수 있다. 부가적 기능으로 환자 이름을 기입 후

serchlistener이 발생하게 되고 getNextMatch 메서드를 통해 JScrollPane에서 해당 환자 이름을 선택되도록 했다. 환자를 선택하게 되면 add List Selection Listener 이벤트의 발생으로 우측 패널에 선택된 환자의 DB에 등록되어있는 상세 정보를 personal\_information 테이블에서 자동쿼리 실행으로 로드 하여 개인정보에 수치화해 해당 환자의 상세정보를 나타내 사용자가 확인 가능하게 하였다[그림 4].

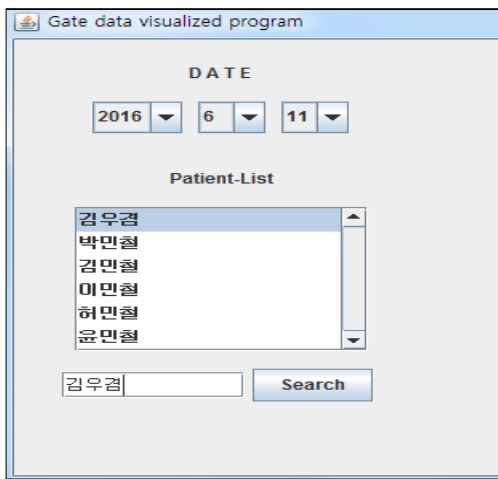


그림 3. 프로그램 메인 화면(환자명단)

### 3.2 환자 데이터 호출방법

환자 데이터 추가 시 환자 추가(add-patient) 버튼을 누르게 되면 add-patient 클래스가 실행되면서 환자 추가 내용 frame 이 화면에 나타나게 되며 해당 환자의 측정값들을 입력 가능하게 된다. 측정값 입력을 통해 환자를 추가하면 연동된 데이터베이스에 자동 업데이트 되도록 설계하였다. 이때 왼쪽 패널의 환자를 선택한 뒤 환자 추가 버튼을 누르게 되면 환자 추가 GUI에서 환자 이름과 아이디는 선택 환자의 정보에서 변경 불가능한 상태로 변경되며 다른 측정변수들의 측정값을 입력 후 저장하도록 설계하였다. 이렇게 저장된 데이터는 해당 환자의 측정치가 누적되어 저장되게 되어 추후 시각화를 통해 한눈으로 확인 가능하도록 설계하였다. 환자 제거(delete-patient) 버튼을 누르면 별도의 frame 은 나타나지 않고 patient-list에서 선택돼 있는

환자의 patient\_id 가 제거되고 patient\_id를 참조키로 연동돼있는 모든 정보를 데이터베이스에서 제거하는 기능을 수행한다.

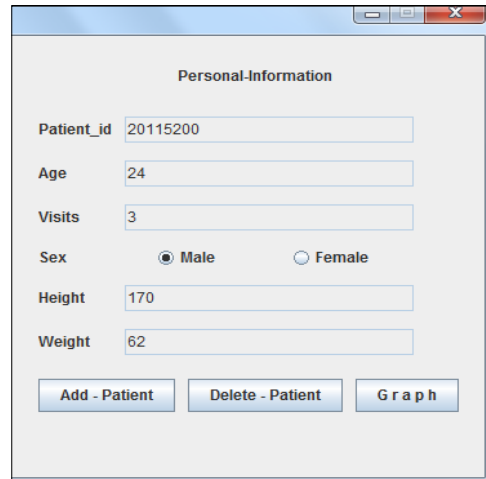


그림 4. 프로그램 메인 화면(상세정보)

## 4. 프로그램 사용 효과

### 4.1 프로그램 출력 결과

#### 4.1.1 기존 프로그램 출력결과

[그림 5]는 기존 보행 프로그램의 출력 결과이다. 기존 프로그램의 수치화된 데이터 출력 방식으로 여러 환자의 자료 또는 한 환자의 측정변수의 경과를 지켜보기 위해서는 사용자가 해당 환자의 Patient-id를 통해 직접 자료를 찾아 확인해야 한다는 것을 인지할 수 있다. 따라서 해당 프로그램에 익숙하지 않거나 컴퓨터 활용 능력이 미숙한 연구자에게 있어서 데이터를 분석하는데 걸리는 시간이 증가하게 되고 정확도가 떨어질 수 있는 위험이 존재했다.

#### 4.1.2 개발 프로그램 출력 결과

[그림 6]은 개발 프로그램의 출력 결과 화면이다. 한 환자의 데이터를 시각화한 화면으로 화면 좌측 상단 화면 분류를 통해 검사 방법을 기준으로 분리한 환자 집단을 선택 한 뒤, 나타나지는 화면 좌측의 Patient-id 명단 중 확인하고자 하는 환자의 ID-Number을 선택하고, 화면 우측에 나타나 있는 시각화하고자 하는 변수를 선

CSV.2.1.SU	Subject	Pub	Session	Day	Session	Set	Session	Typ	Test	Date	Test	Serial	Test	Condit	Total	Durat	Total	Durat	Sway:	Jeik:	Sway:	Jeik:	Sway:	Jeik:	Sway:	Jeik:
	Normative Means																									
	SIDev																									
DFDPD	1082467		Fri	Oct	30		42307.72	ISAW		Fri	Oct	30		42307.72	default	40.92096		40.92096	0.004152		0.102951		0.003635		0.00629	
DFDPD	665779		Tue	Dec	29		42367.71	ISAW		Tue	Dec	29		42367.71	default	65.51172	100	65.51172	0.009107	97	0.252225	95	0.010795			
DFDPD	544581		Thu	Dec	31		42369.4	ISAW		Thu	Dec	31		42369.4	default	46.91406	100	46.91406	0.00334	56	0.07421	48	0.001515			
DFDPD	256494		Thu	Dec	31		42369.45	ISAW		Thu	Dec	31		42369.45	default	47.95313	100	47.95313	0.055297	100	3.341313	100	0.457659			
DFDPD	506146		Mon	Jan	04		42373.51	ISAW		Mon	Jan	04		42373.51	default	91.60547	100	91.60547	0.007314	93	0.271134	96	0.015379			
DFDPD	75357		Mon	Jan	04		42373.51	ISAW		Mon	Jan	04		42373.51	default	48.78906	100	48.78906	0.012464	99	0.266183	96	0.007247			
DFDPD	104677		Tue	Jan	05		42374.66	ISAW		Tue	Jan	05		42374.66	default	48.82813	100	48.82813	0.03972	100	0.983614	100	0.037412			
DFDPD	1017727		Tue	Jan	05		42374.7	ISAW		Tue	Jan	05		42374.7	default	44.66406	95	44.66406	0.004008	70	0.090582	68	0.00183			
DFDPD	1006632		Tue	Jan	05		42374.73	ISAW		Tue	Jan	05		42374.73	default	46.64844	100	46.64844	0.000938	0	0.019531	0	0.000345			
DFDPD	162652		Wed	Jan	06		42375.41	ISAW		Wed	Jan	06		42375.41	default	43.6875	90	43.6875	0.005519	88	0.122475	80	0.002188			
DFDPD	753038		Wed	Jan	06		42375.45	ISAW		Wed	Jan	06		42375.45	default	45.83594	100	45.83594	0.002145	24	0.053286	29	0.001411			
DFDPD	677043		Wed	Jan	06		42375.47	ISAW		Wed	Jan	06		42375.47	default	42.35156	78	42.35156	0.006764	91	0.155911	90	0.005353			
DFDPD	249159		Wed	Jan	06		42375.51	ISAW		Wed	Jan	06		42375.51	default	52.05469	100	52.05469	0.04496	100	1.757975	100	0.083762			
DFDPD	1001345		Wed	Jan	06		42375.52	ISAW		Wed	Jan	06		42375.52	default	44.61719	95	44.61719	0.014475	99	0.332341	99	0.003868			
DFDPD	1083214		Wed	Jan	06		42375.67	ISAW		Wed	Jan	06		42375.67	default	43.25	87	43.25	0.003713	59	0.083729	59	0.001384			

그림 5. 기존 프로그램 출력결과 화면

택해 화면 중앙에 있는 화면으로 결과를 확인한다. 환자의 데이터를 시각화할 때에는 변수별 그래프 색상을 다르게 만들어 확인 가능하게 프로그래밍 하였다. 뿐만 아니라, 변수를 선택한 뒤 화면 좌측 하단에 정상 범위의 체크박스를 선택하게 되면 선택 변수의 정상 범위 또한 그래프 상에서 확인이 가능하다. 그림 우측 하단에 있는 의심 질환 까지 분석 후 나타내 줄 수 있도록 프로그래밍 하였다.

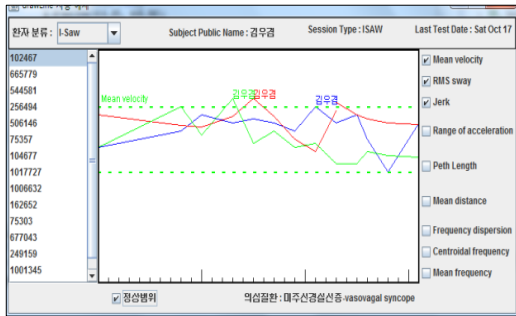


그림 6. 한 환자 데이터 출력 결과 화면

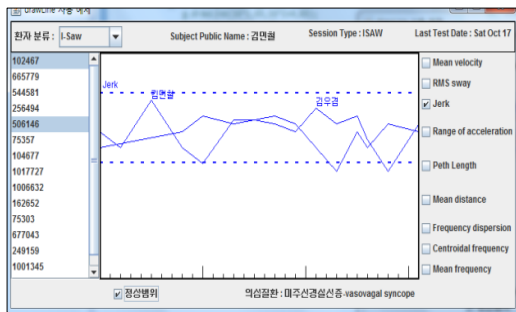


그림 7. 다수 환자 데이터 출력 결과 화면

[그림 7]은 다수 환자의 데이터 출력 결과 화면이다. 화면 좌측에 있는 Patient-id를 Ctrl 버튼과 같이 클릭 후 복수선택을 한 뒤 시각화하고자 하는 변수를 선택하게 되면, 여러 환자 시각화 결과를 확인할 수 있다.

[그림 8]은 다수 환자의 데이터 출력 결과 화면에 변수를 시각화 변수를 추가한 화면이다. 다수 환자의 데이터는 한 환자 데이터 시각화 화면과 같이 그래프 색상 구분을 변수를 통해 하고 있다. 해당 프로그램의 제작 목적은 기존 프로그램의 수치화 데이터를 확인하는데 어려움이 있는 여러 변수 데이터의 증감 상황을 쉽게 관독 가능하도록 하는데 있다. 또한, 한 그래프 화면에서 출력을 하게 되면 결과 확인하는데 어려움이 있는 변수가 존재하기 때문에 마지막으로 추가되는 변수를 기준으로 그래프의 눈금 수치를 재조정하도록 하였다. 화면 좌측 하단의 정상 범위 또한 마지막 선택 변수를 기준으로 그래프 상에 나타나도록 프로그래밍 하였다.

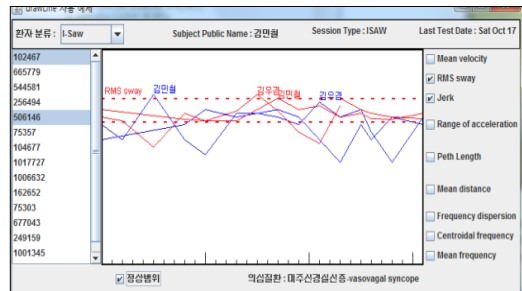


그림 8. 다수 환자 데이터 출력 결과 화면

#### 4.1.3 개발 프로그램 실효성 평가

기존 프로그램의 검사 결과와 논문에서 제안하는 데

이터 시각화 프로그램의 그래프 형식으로 출력되는 검사 결과의 객관적인 효율성 비교, 검증을 위해 특정 환자의 데이터를 검색해 환자의 특정 질환의 수치 변동 사항을 인지하는 데 까지 소요되는 시간을 사용자 7 인을 대상으로 측정하였다(그림 9). 측정 결과, 기존 프로그램에서 평균 42.8 초가 소요되는 반면, 본 연구에서 제안하는 시각화 프로그램을 사용했을 때 평균 13.7 초가 소요되었다. 이는 student's t-test 결과(SPSS, Inc., Chicago, IL), P-value =0.0019로서 유의 있는 차이를 보였다. 이러한 결과로 보았을 때, 더 많은 환자를 대상으로 변동 사항을 인지할 때 시간 격차는 더 커질 것으로 예측된다.

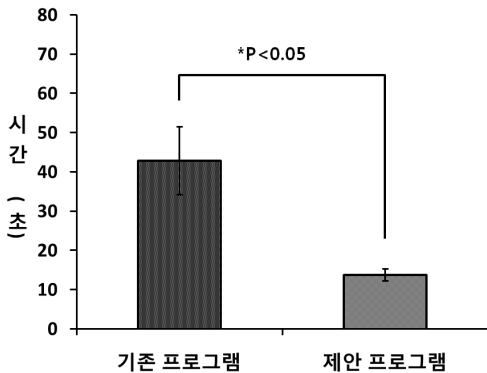


그림 9. 환자 데이터 검색 후, 특정 질환의 수치 변동 사항을 인지 소요시간

### III. 결론

본 연구에서는 환자별 연속적으로 변화하는 측정 변수별 측정값들을 한 화면에 그래프로 시각화 시킨 뒤 측정일 별로 시각화해 한 프레임 화면으로 연구자가 확인 가능하도록 하였다. 또한 하나의 측정변수에 관한 결과뿐만 아니라, 필요에 따라 선택한 여러 측정변수를 시각화해 한 화면의 그래프로 확인 가능하게 했다. 그리고, 측정 값의 증·감 유무를 확인하여 특정 질환 환자 집단의 측정변수들 사이의 증·감 연관성 유무 여부까지 즉시 확인할 수 있도록 하여 의료 데이터의 효과적인 분석이 가능하도록 하였다. 데이터베이스와 연동해 작

동시키는 프로그램으로써 현 입력되어 있는 측정변수에 관한 데이터뿐만 아니라 필요에 따라 다른 측정변수를 추가 업데이트를 통해 차후 여러 gait 연구에 사용 가능할 것으로 기대할 수 있는 가장 기초가 될 수 있는 프로그램으로 설계하였다. 또한 차후 신경외과 전문의와 협력하여 환자의 측정값을 참조하여 해당 환자의 측정 데이터 시각화 와 동시에 환자별 의심 질환까지 제시 가능한 의료용 소프트웨어 콘텐츠로 개발 가능하도록 가능성을 열어두었다. 향후 연구과제로 시각화 시킬 측정변수가 추가될 때 측정값 차이가 큰 측정변수가 들어올 때 그래프 상으로 측정값이 비교적 작은 측정변수 차이가 뚜렷하게 보이지 않는 점에 대해 차이가 뚜렷하지 않은 측정변수의 표현을 효과적으로 표현할 방법을 더 연구해야 할 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] S. Bae, J. Lee, and C. yoon, "A study of gait and gait analysis techniques," The journal of korean society of physical therapy, Vol.8, No.1, pp.49-64, 1996.
- [2]. C. Kim and B. Lee, "Gait analysis according to the changes of the carrying type and weight of bag," Journal of korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.14, No.1, pp.199-205, 2013.
- [3] 김효영, 박진완, "텍스트 데이터 시각화의 표현 재료와 접근 방식에 관한 고찰," 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제1호, pp.64-72, 2013.
- [4] 데이터베이스 구축 방법론, 데이터베이스 진흥센터, 1998.
- [5] 이석호, 데이터베이스론, 정익사, 2001.
- [6] S. Ahn, "The design and implementation of meta database and manager," The journal of natural science, Vol.8, pp.109-114, 1995.
- [7] 권민, 빅데이터 환경에서 메타 DB 자동 매핑 알고리즘을 이용한 시각화 시스템 설계 및 구현, 가천대학교, 석사학위논문, 2014.

- [8] 오세광, 유광호, 하상호, "Java Applet을 이용한 C 프로그램 함수 실행의 시각화," 한국정보과학회 학술 발표집, 제30권, 제2호, pp.577-579, 2003.
- [9] 김태경, 이경희, 조완섭, "Bio-XML 관리를 위한 DTD 의존적 객체 데이터베이스 스키마 설계기법," 한국콘텐츠학회논문지, 제1권, 제2호, pp.285-289, 2003.
- [10] 유향미, 서재원, 차은중, 배현덕, "3축 가속도 센서를 이용한 보행 횡수 검출 알고리즘과 활동 모니터링," 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제8호, pp.253-260, 2008.
- [11] 김남진, 홍주현, 이태수, "보행 패턴 검출을 위한 동작센터 데이터 정규화 알고리즘," 한국콘텐츠학회논문지, 제5권, 제4호, pp.94-102, 2005.

#### 저 자 소 개

김 우 겸(Woo-Kyum Kim)

준회원



- 2017년 2월 : 순천향대학교 의료 IT공학과(공학사)

<관심분야> : 의료기기산업

이 언 석(On Seok Lee)

정회원



- 2007년 2월 : 고려대학교 의학과 (공학석사)
- 2011년 2월 : 고려대학교 의학과 (공학박사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 의료IT공학과 조교수

<관심분야> : 의료영상처리, 컴퓨터 비전