



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

만성질환자의 치과 임상적 처치에 대한 의사결정지원시스템(CDSS) 개발

연세대학교 대학원

치의학산업학과

유 희 정

만성질환자의 치과 임상적 처치에 대한 의사결정지원시스템(CDSS) 개발

지도교수 김 백 일

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2024 년 12 월

연세대학교 대학원

치의학산업학과

유 희 정

유희정의 석사 학위논문으로 인준함

심사위원 _____ 김 백 일

김백일

심사위원 _____ 안 형 준

안형준

심사위원 _____ 정 회 인

Hui Za Jung

연세대학교 대학원

2024 년 12 월

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 따뜻한 조언을 해주신 김백일 교수님께 가장 먼저 깊은 감사의 마음을 전합니다. 교수님의 가르침과 격려는 연구의 나침반이 되어주었으며, 끝까지 이 여정을 이어갈 수 있는 큰 힘이 되어주셨습니다.

실질적이고 세심한 피드백을 아낌없이 주신 안형준 교수님과 풍부한 경험과 따뜻한 격려로 응원해 주신 정회인 교수님께 감사 드립니다. 두 분의 소중한 조언과 지원 덕분에 부족한 점을 보완하고, 논문의 완성도를 높일 수 있었습니다.

저에게 대학원 진학의 기회를 제공해 주신 회사와 연구소장님께 진심으로 감사 드립니다. 회사의 배려와 지원이 없었다면 이 연구를 시작조차 할 수 없었을 것입니다. 연구 과정에서 실질적인 도움을 주신 김수길 팀장님, 황원석 과장님, 김희정 과장님, 최다혜 과장님께 감사의 말을 전합니다. 여러분의 지원 덕분에 연구를 성공적으로 수행할 수 있었습니다.

바쁜 업무 중에도 저의 연구를 지원해 주고 응원해준 동료들과 PMS 연구소 동료들, PMS 기획팀 팀원분들에게도 감사의 인사를 전합니다.

늦은 나이에 시작한 대학원 생활에 큰 힘이 되어준 치의학산업학과 동기들과 대학 친구 강성민, 민금록, 박윤현, 우정민, 유수현에게도 감사의 말을 전합니다.

마지막으로, 항상 저를 믿고 지지해 준 가족들, 엄마, 사랑하는 남편, 그리고 나의 베스트프렌드 딸 헤린이에게 가장 깊은 감사의 마음을 전합니다. 사랑합니다.

2024 년 12 월

유 희 정

차 례

표 차례	iv
그림 차례.....	v
국문 요약.....	vii
제 1 장 서론	1
1.1. 연구의 필요성.....	1
1.1.1. 만성질환의 증가.....	1
1.1.2. 기존 시스템의 한계.....	3
1.1.3. 환자관리시스템(PMS)의 역할	3
1.1.4. 환자관리시스템(PMS)의 의사결정지원시스템(CDSS)으로 확장	4
1.2. 연구 목표	4
제 2 장 이론적 배경	6
2.1. 의사결정지원시스템(CDSS) 소개.....	6
2.1.1. 지식기반 CDSS(Knowledge-based CDSS)	6
2.1.2. 비지식기반 CDSS(Non-Knowledge-based CDSS)	7
2.1.3. 의료진 의사결정 지원 방법.....	7
2.2. 주요 만성질환 유병률 분석	8
2.2.1. 고혈압	8
2.2.2. 당뇨병	10
2.2.3. 골다공증	11
2.3. 주요 만성질환 치과질환의 상호 관련성	12
2.3.1. 고혈압	12
2.3.2. 당뇨병	14

2.3.3. 골다공증	15
2.4. 선행연구 검토.....	16
2.4.1. 의사결정지원시스템(CDSS)의 개발과 적용	16
2.4.2. 선행연구의 한계.....	16
제 3 장 연구방법	18
3.1. 연구대상 및 범위	18
3.2. 의료 데이터의 수집 방법.....	19
3.3. 의사결정지원시스템(CDSS) 개발.....	20
3.4. 의사결정지원시스템(CDSS) 평가.....	20
제 4 장 연구결과	24
4.1. 의사결정지원시스템(CDSS) 아키텍처의 제안	24
4.2. 시스템 구현을 위한 기술 요소	26
4.3. 개발환경	26
4.4. 지식기반 데이터베이스 구축	26
4.5. 평가로직 알고리즘 구현	27
4.5.1. 규칙 기반 추론(Rule-based Inference)	28
4.5.2. 규칙 적용 및 평가로직 구현	28
4.5.3. 당뇨병 환자의 치과치료 시 의사결정지원시스템(CDSS) 동작 과정	32
4.6. 사용자 인터페이스.....	32
4.6.1. 검증 및 테스트 방안.....	34
4.7. 의사결정지원시스템(CDSS)의 UI/UX 설계	34
4.7.1. 화면설계	34
4.8. 의사결정지원시스템(CDSS) 성능 평가	49

4.8.1 시스템 품질 평가(System Quality Assessment)	49
4.8.2 사용성 평가(Usability Evaluation)	55
제 5 장 고찰	72
5.1. 선행연구와의 비교	72
5.2. 연구의 의의	73
5.2.1. 학술적 의의	73
5.2.2. 실용적 의의	74
5.2.3. 사회적 의의	75
5.3. 한계점 및 미래 연구에 대한 제안	76
제 6 장 결론	78
참고 문헌	81
영문 요약	86

표 차례

<표 1> 혈압의 분류(대한고혈압학회 2022년 고혈압 진료지침, 2022)	9
<표 2> 알려진 표준화된 사후연구설문 종류	21
<표 3> PSSUQ 설문지 예시 - 출처: UIUX Trend	23
<표 4> 지식기반 평가를 위한 IF-THEN 로직 테이블	29
<표 5> 지식기반 평가를 위한 IF-THEN 로직 Key-words 단위 분리	31
<표 6> 기능요구사항과 단위 기능의 관계	51
<표 7> 기능요구사항 평가표	52
<표 8> CDSS 기능별 실행 성능 평가표	54
<표 9> 사후 시스템 유용성 설문(PSSUQ)	56
<표 10> 수집된 PSSUQ 데이터	57
<표 11> 개별 설문응답 평가	63
<표 12> 주류 응답이 아닌 질의 항목	65
<표 13> 설문조사 결과 하위영역 분석	66

그림 차례

<그림 1> 당뇨병 유병률 2018-2020년(대한당뇨병학회, 2022)	10
<그림 2> 50세 이상 골다공증과 골감소증의 유병률(국민건강영양조사(2008-2011), 질병관리본부)	12
<그림 3> CDSS 시스템 구조도	24
<그림 4> CDSS Workflow	25
<그림 5> 지식기반 데이터베이스 구축 과정	27
<그림 6> 평가로직의 동작 순서	32
<그림 7> CDSS 인터페이스 연동 구조	33
<그림 8> CDSS 인터페이스 클래스 다이어그램(주요부분)	33
<그림 9> 문진 정보 입력 화면 UI	36
<그림 10> 항목 별 톨팁 제공	37
<그림 11> 고혈압 환자 진료 접수 로직	38
<그림 12> 고혈압 주의 메시지	38
<그림 13> 혈압 평가로직	40
<그림 14> 혈압 측정 GUI	41
<그림 15> 고혈압 위기 주의 메시지	41
<그림 16> 고혈압 환자 다음 예약 GUI	42
<그림 17> 당뇨병 환자 진료접수 로직	43
<그림 18> 당뇨병 주의 메시지	43
<그림 19> 혈당 평가로직	45
<그림 20> 혈당 측정값 입력 GUI	46
<그림 21> 고혈당 주의 메시지	46
<그림 22> 당뇨병 환자 다음 예약 GUI	47
<그림 23> 골다공증 환자 진료접수 로직	48

<그림 24> 골다공증 주의 메시지	49
<그림 25> PSSUQ 설문별 정규분포도	58
<그림 26> PSSUQ 편향 분포 Box plot	59
<그림 27> 박스플롯의 구성요소	60
<그림 28> 박스플롯과 정규분포의 관계	61
<그림 29> 하위영역 평균	67
<그림 30> 연령대로 구분한 PSSUQ 응답 분포도	68
<그림 31> 설문자 연령대 분포	68
<그림 32> 직종으로 구분한 PSSUQ 응답 분포도	70

국 문 요 약

만성질환자의 치과 임상적 처치에 대한 의사결정지원시스템(CDSS) 개발

현대 사회에서는 인구 고령화로 인해 고혈압, 당뇨병, 골다공증 등 만성질환을 가진 환자가 빠르게 증가하고 있다. 이러한 만성질환 환자들은 치과 진료 시 다양한 합병증 위험에 노출될 가능성이 높다. 그러나 의료진이 환자의 질환과 치과치료 간의 상호작용을 충분히 고려하지 못하면 치료가 계획대로 이루어지지 않거나, 환자의 건강에 직접적인 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구는 만성질환 환자들의 치과치료 과정에서 의료진에게 안전하고 효과적인 치료법에 관한 정보를 제공하는 의사결정지원시스템(CDSS) - 이하 CDSS라 표시 - 을 개발하고, 이를 기존의 병원에서 환자정보 관리를 위해 사용되고 있는 환자관리시스템(PMS) - 이하 PMS라 표시 - 에 융합하는 것을 목표로 진행되었다.

개발된 CDSS는 치과 의료진이 환자 치료 시 검토해야 할 정보나 치료법에 대한 의학적 지침을 제공함으로써, 환자의 상태를 충분히 고려하여 적절한 치료 시점과 방법을 결정할 수 있도록 지원한다. 이를 위해 지식기반 평가를 기반으로 하는 추론 엔진을 설계하였다. 추론 엔진은 PMS에서 환자의 병력, 내원 시 만성질환의 상태, 지식기반의 임상적 정보 등을 수집하여 의료진의 치료 행위에 중요한 정보를 제공하는 역할을 한다. 지식기반 평가를 정보화하기 위해 몇 가지 단계를 거쳐 지식기반 데이터베이스를 구축하였다. 이 정보는 전자치과기록(EDR), PMS, 환자로부터의 직접적인 문진 등을 통해 수집되었다. 특히 고혈압, 당뇨병, 골다공증 등 주요 만성질환 환자들이 치과치료 시 직면할 수 있는 문제를 중점적으로 고려하여 데이터베이스를 구축하고 시스템을 설계하였다.

또한, CDSS는 복잡하고 바쁜 의료 현장에서 의료진의 치료 과정에 방해가 되지 않도록, 사용자 인터페이스(UI)와 사용자 경험(UX)을 최적화하여 설계되었다. 이를 검증하기 위해 20명의 현업 의료진에게 CDSS에 관한 설문 실시하였으며, 설문 신뢰도를 높이기 위해 사후 시스템 유용성 설문(PSSUQ)을 적용하였다.

설문 결과, 개발된 CDSS는 의료진으로부터 긍정적인 피드백을 받았다. 예를 들어, 고혈압 환자의 경우, 진료 접수 시 측정된 혈압 수치가 기준치를 초과하는 것으로 평가되면, 의료진에게 경고 알림을 제공하여 치료의 안전성을 확보할 수 있었다. 당뇨병 환자에게는 고혈당 위험을 줄이기 위해 치료 전 혈당 수치를 측정하도록 경고를 제공하였고, 골다공증 환자의 경우 약물 복용 이력을 반영하여 합병증을 예방할 수 있는 조치를 취할 수 있도록 사전에 경고하였다.

사용성 측면에서도 CDSS의 평가가 이루어졌으며, 이 시스템은 직관적이고 사용하기 쉬운 인터페이스를 통해 의료진이 쉽게 사용할 수 있었고, 시각적으로도 명확한 의료정보를 제공함으로써 진료의 정확성을 강화하는 데 도움을 준 것으로 확인 되었다.

결론적으로, 본 연구는 CDSS가 치과 진료에서 만성질환 환자와 의료진의 치과치료 안전성 보장에 도움을 주는 도구로 자리매김할 가능성이 크다는 것을 보여주었다. 이 시스템은 의료진이 보다 일관성 있고 신뢰할 수 있는 결정을 내리도록 도와주며, 다양한 의료 분야에서도 긍정적인 효과를 가져올 수 있음을 알 수 있었다. 향후 시스템의 기능을 확장하여 보편성을 갖추어야 하고, 다양한 임상 환경에서 적용 가능성을 높이기 위한 추가 연구를 제안하였다.

핵심 되는 말: 의사결정지원시스템(CDSS), 환자관리시스템(PMS), 만성질환, 고혈압, 당뇨병, 골다공증, 추론 엔진, 지식기반 데이터베이스, 사용자 인터페이스(UI), 사용자 경험(UX), 지식기반 데이터베이스, 사후시스템유용성설문(PSSUQ)

1. 서론

1.1. 연구의 필요성

1.1.1. 만성질환의 증가

만성질환은 경제성장, 산업화에 따른 생활환경과 인구구조의 변화 등으로 인해 발생하는 대표적인 질병이다. 질병관리청 ‘2022 만성질환 현황과 이슈’ 자료에 따르면 지난 2021년 만성질환으로 인한 사망자는 전체 사망자의 79.6%를 차지하는 것으로 나타났으며, 고혈압, 당뇨병 등 주요 만성질환의 유병률은 증가 추세를 보이고 있다고 한다(질병관리청, 2022).

고혈압, 당뇨병, 심근경색 등은 우리나라 만성질환 상위권에 속하며 특정 신체 부위에만 국한되지 않고 전신에 영향을 미치는 ‘전신질환’이다. 우리나라 국민의 전신질환 유병률 조사 결과 고혈압은 30대 11.7%, 60대 46.0%, 70세 이상은 70.2% 이었고, 당뇨병은 30대는 3.2%, 60대는 22.3%, 70세 이상은 29.2%로 연령이 높을수록 더 높은 추세를 나타내고 있으며, 전신질환이 2개 이상인 복합질환자도 40대부터 증가하여 고령층에서 흔한 현상이 되었다(의료정책연구소, 2020; 김영희, 2016).

통계청 자료에 따르면, 65세 이상 인구는 2022년 901만 8천명에 달해 전체 인구의 17.5%를 차지할 전망이며, 이 비중은 계속 증가해 2025년에는 20.6%에 이를 것으로 전망된다(통계청, 2022).

이처럼 인구의 고령화가 급속히 진행되면서 치과를 찾는 환자 중 고령 환자의 비율이 급격히 증가하고 있어, 전신질환을 가진 환자를 접할 확률이 점점 높아지고 있다.

치과의 측면에서 살펴보면 전신질환이 있는 경우 치주질환이나 치아우식증과 같은 구강질환이 발생할 가능성이 높아진다. 대부분의 전신질환 환자들은 다양한 처방약을 동시에 복용하고 있기 때문에 약물 부작용의 위험성도 같이 증가하므로

환자에게 처방할 약물을 신중히 고려하여야 한다. 또한, 치과치료 중 과도한 출혈, 감염, 쇼크 등의 이차적인 합병증의 위험이 상존하므로, 치과의사는 이에 관한 사전 지식을 습득하고 있는 것이 중요하다.

최근 비스포스포네이트 약제의 장기간 복용 경험을 갖고 있는 골다공증 환자의 치과치료(특히 발치나 임플란트와 같은 외과적인 수술) 후 뼈가 잘 아물지 않고 지속적인 통증을 유발하며 나아가 뼈의 괴사(necrosis)가 일어나는 경우와 같은 부작용 사례들이 잇달아 보고되고 있다. 이를 비스포스포네이트 관련 악골괴사(Bisphosphonate related osteonecrosis of the jaw, BRONJ)라고 하며, 아래의 3가지 모두 만족하는 경우 BRONJ로 확진 하게 된다(김선중 외, 2015).

- 악골(턱뼈)부위에 뼈가 노출되어 있으면서 적절한 치료에도 불구하고 치유되지 않고 8주 이상 지속
- 비스포스포네이트를 과거에 복용하였거나 또는 현재 복용하는 경우
- 턱 부위에 방사선 치료를 받은 과거력이 없는 경우

BRONJ는 2003년과 2004년 사이에 미국의 Marx를 비롯한 3명의 구강외과 의사들이 독립적으로 암환자에서 발생한 비스포스포네이트 관련 악골괴사 증례 보고를 시작으로 이후 전 세계적으로 다양한 임상적, 실험적 연구가 이루어지고 있으나 아직까지 치료법이 확실치 않으며, 예후 또한 뚜렷한 일관성을 보이지 않아 예측이 어려운 질병이다. 따라서 치과 종사자들은 치과에 내원하는 환자들에게 골다공증 관련 병력 청취 중요성을 인지하고, 그와 관련된 약을 복용한 경험이 있을 경우 정확히 어떤 종류의 제제를 어떠한 방법으로 어느 정도의 기간 동안 복용하였는지 내과 전문의와 협의 진료를 통해 확인하는 것이 중요하다.

1.1.2. 기존 치과 진료 시스템의 한계

기존의 치과진료 체계는 다양한 환자의 의료정보를 직접 검토하고 그 정보를 바탕으로 의사의 의료적 경험과 지식에 의존하여 의료행위를 결정하였으나, 복잡한 임상적 상황과 환자의 상태를 온전히 고려한 최적의 결정을 내리기가 어려울 수 있다. 혹은 중요한 의료정보를 확인하지 못하거나 오인하여 올바르게 않은 의사결정을 실행할 가능성도 충분하다. 이것은 만성질환을 겪는 환자들에게는 더 큰 문제가 될 수 있다. 기존의 체계는 환자의 의료정보를 분석하고 개별 환자의 치료계획을 제공하는데 있어서, 만성질환의 영향성을 평가하고 적절한 의료결정을 지원하는 수단을 충분히 제공하지 못하는 한계를 가지고 있기 때문이다.

1.1.3. 환자관리시스템(PMS)의 역할

디지털 혁명으로 촉발된 4차 산업혁명 시대에, 치과의학 분야에서도 디지털 이동 현상이 활발하다. 디지털 영상장비, CAD/CAM 소프트웨어, 3차원 구강스캐너, 임플란트 수술 가이드, 3D 프린터 등 다양한 디지털 시스템이 대중화 되고 있다. 이와 같은 치과의 급속한 디지털화는 기존의 치과치료 방식에 많은 영향을 주고 있다.

다양한 시스템이 상존하는 디지털 덴티스트리에서 PMS는 치과치료 관점에서 일관적이고 편리한 워크플로우로 시스템을 통제하고, 다양한 형태로 존재하는 의료진단 자료들을 자연스럽게 통합시키고 관리하는 역할을 수행한다(김석범 외, 2023).

PMS는 다수의 시스템으로부터 생성되는 여러 가지 형식의 데이터를 수집하고 관리하는 프레임워크이다. PMS는 환자의 전자차트, 진단 이미지, 치료 계획, 예약 정보 등을 통합적으로 관리하는 기능을 제공하며, 의료진은 PMS를 이용하여 환자의 의료 정보를 신속하게 조회할 수 있다. PMS의 주요 기능들은 다음과 같다.

- 치료 예약 및 추적 관리

PMS를 활용하면 환자의 치료 진행 상황을 체계적으로 모니터링할 수 있으며, 예약 관리 기능을 통해 치료 일정을 효과적으로 조정하고 관리할 수 있다.

- 분석 및 보고

PMS는 환자 정보를 여러 형식으로 시각화하거나 보고서 형태로 제공할 수 있다. 의료진은 이를 이용하여 중요한 임상적인 정보나 통찰을 얻을 수 있다.

종합적으로 PMS는 디지털 덴티스트리 시대에서 중추적인 역할을 수행하며, 치과 의료진이 효과적이고 안전한 치료를 제공하는 데 도움을 주는 협력적 시스템이다.

1.1.4. 환자관리시스템(PMS)의 의사결정지원시스템(CDSS)으로 확장

치과치료를 위한 CDSS의 평가로직을 위한 데이터들은 기본적으로 PMS에 수집되고 관리된다. 많은 디지털 영상 진단 장비들은 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 표준을 사용하여 데이터화되어 PMS의 데이터베이스에서 관리된다.

CDSS는 PMS 플랫폼을 통해 환자의 전신 병력, 약물 복용 정보 등 각종 건강에 관련된 기초 정보를 수집할 수 있다.

이에 더해 CDSS를 위한 지식기반 데이터베이스, 자동화된 평가를 위한 규칙기반 평가로직, 그리고 의료진과의 상호 커뮤니케이션을 위한 사용자 인터페이스(UI) 및 사용자 경험(UX)이 설계되고 구현되어야 한다.

1.2. 연구 목표

본 연구에서는 치과치료를 위한 CDSS가 환자의 기존 병력이나 질환의 유무 그리고 복용중인 약물 정보에 기반하여 환자에게 내려지는 처방이 적절한지 평가하고, 그 결과 위험요소가 감지되면 이를 치과의사에게 안내하여 치과의사가 최종적인 처방을 판단하고 결정하는데 도움이 되는 관련 정보를 제공할 수 있도록, CDSS의 평가로직 및 평가를 위한 데이터베이스 그리고 이를 위한 UI/UX를 구축하고자 한다(Ho et al., 2021; Marry et al., 2012).

평가로직은 PMS의 제반 기능으로 구현되며, 평가를 위한 데이터베이스는

PMS의 것을 기반으로 하고, 기타 다양한 약물정보와 처방 Case를 연계할 수 있어야 한다.

그리고 이를 위해, PMS 내에서 환자의 전신 병력을 관리하는 문진 기록지를 표준화하여, CDSS의 지식 기반 데이터베이스 구축에 기초자료로 활용될 수 있도록 하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 의사결정지원시스템(CDSS) 소개

CDSS는 환자의 임상정보와 의료지식을 바탕으로 의료진이 치료를 결정해야 할 때 의사결정을 도와주는 시스템이다. CDSS는 환자의 치료 정보와 시스템의 의학적 지식 정보를 비교하여, 의료적 판단의 정확성을 높여 의료진의 치료 결정에 안정성을 더해주고, 결과적으로 환자에게 불의의 사고를 예방할 수 있는 안전성을 제공하여 헬스케어의 질을 개선하는 데 기여한다. 이 시스템은 예방, 진단, 치료, 처방, 예후 확인을 위해 사용되어 왔다.

CDSS는 진단 시 의료진의 임상적 의사결정에 도움이 되는 의료 정보를 제공하여 올바른 진단을 돕기도 하고, 치료와 처방 단계에서 의약품 안심 서비스(Drug Utilization Review: DUR)처럼 환자의 약물 복용 정보를 제공한다.

고령화와 통합된 의료 IT 시스템의 필요성 증가, 치료 및 임상결과의 개선 그리고 다양한 질병 및 Medication 오류의 증가는 CDSS의 필요성을 증가시키고 있다(Kohn, Corrigan & Donaldson, 1999). 하지만 숙련된 전문가, 개인정보보호 및 보안 문제, 상호 운용성 문제, 높은 유지 보수와 서비스 비용은 CDSS의 성장을 저해하는 요인이 된다.

CDSS는 두 가지 형태로 구분될 수 있는데, 이는 지식기반 방식과 머신러닝 혹은 인공지능을 이용한 것이다(Megan & Alex, 2018).

2.1.1. 지식기반 CDSS(Knowledge-based CDSS)

지식기반 CDSS는 질병, 치료법 등에 대한 정보를 담고 있는 참조 테이블을 기반으로 작동한다. 이 방식은 조건부 논리(IF-THEN)와 같은 전통적인 방법을 사용하여 치료 과정에 대한 결정을 내린다.

지식기반 CDSS는 다음과 같은 네 가지 주요 구성 요소로 이루어져 있다(Martin

& Chandan, 2015).

- 입력부: 사용자(예: 의료진)가 환자 정보, 진료 내용 등을 시스템에 입력한다.
- 추론 엔진부: 입력된 정보를 데이터베이스에 저장된 의료 지식 및 규칙을 적용하여 분석하고 추론한다.
- 지식기반: 질병, 증상, 치료법 등 의료 관련 정보와 평가에 필요한 규칙 및 조건을 저장한다.
- 출력: 추론엔진의 분석결과를 기초로 진단, 치료법 제안, 주의 사항 등을 사용자에게 제공한다.

2.1.2. 비지식기반 CDSS(Non-Knowledge-based CDSS)

비지식기반 CDSS는 규칙을 기반으로 하지 않고 인공지능을 통해 과거 이력이나 임상의료 정보에서 발견된 패턴 정보를 학습하여 의사결정을 제공한다(Martin & Chandan, 2015).

다양한 질병에 활용 가능한 지식기반의 CDSS 대비, 비지식기반 CDSS는 데이터 확보 등의 문제로 단일종 질병에 관한 증상에 제한적으로 시도되고 있다.

2.1.3. 의료진 의사결정 지원 방법

CDSS는 다음과 같은 방법으로 의료진의 의사결정을 지원한다.

- 1) 의료정보시스템을 기반으로 환자의 의료정보를 평가하여 예상되는 질환에 대한 정보를 제공한다. 비교적 경험이 부족한 의료진이 복잡한 질환 케이스를 다룰 때 유용할 수 있다.
- 2) 환자에게 적용 가능한 치료 방법들의 부작용, 누락 그리고 기존 성공사례 정보를 제공하여, 의료진이 가장 적절한 치료 방법을 결정할 수 있도록 지원한다. 환자 정보와 알려진 치료법을 기반으로 치료 계획을 평가한다.
- 3) 처방 약들의 상호작용 정보, 처방 시 부작용 정보, 다양한 약을 동시에 투여 시

발생하는 부작용, 처방 약의 규모의 문제를 확인한다.

- 4) 환자에 대한 진단 또는 치료계획을 결정하는데 도움이 될 수 있는 적합한 데이터를 찾는 기술로, 검색, 중요성, 적용 가능성을 평가할 수 있는 기능을 제공한다.
- 5) X-RAY, MRI, CT를 아우르는 각종 의료 영상을 해석하여, 시간에 따라 변화하는 연속된 영상에서 작은 변화를 감지하여 알려주는 기능을 제공한다.

2.2. 주요 만성질환 유병률 분석

2.2.1. 고혈압

고혈압은 동맥 내 혈압이 지속적으로 높은 상태를 유지하는 만성질환으로 정의되며, 우리나라와 유럽에서는 수축기 혈압이 140mmHg 이상 이거나 이완기 혈압이 90mmHg 이상일 때 고혈압으로 간주된다. 수축기 혈압이 120mmHg 미만이고 이완기 혈압이 80mmHg 미만일 경우, 이를 정상혈압으로 분류한다. 정상혈압은 심뇌혈관 질환의 위험도가 가장 낮은 이상적인 혈압 수준으로 고혈압 위험을 평가하는 기준으로 활용된다. 수축기 혈압이 120~129mmHg이고 이완기 혈압이 80mmHg 미만일 경우, 주의혈압으로 분류된다. 고혈압전단계는 수축기 혈압이 130~139mmHg이거나 이완기 혈압이 80~89mmHg일 때로 정의한다. 이완기 혈압이 90mmHg 미만이면서 수축기 혈압이 140mmHg 이상으로 상승한 경우는 수축기단독고혈압으로 부른다. 고혈압은 혈압 수치에 따라 1기 고혈압과 2기 고혈압으로 나뉜다(황수연, 2021).

표 1. 혈압의 분류(대한고혈압학회 2022년 고혈압 진료지침, 2022)

혈압분류		수축기혈압	이완기혈압
정상혈압		<120	그리고 <80
주의혈압		120~129	그리고 <80
고혈압전단계		130~139	또는 80~89
고혈압	1기	140~159	또는 90~99
	2기	≥160	또는 ≥100
수축기단독고혈압		≥140	그리고 <80

고혈압은 매우 흔한 질환이며 30대 이상의 경우 고혈압 유병률은 약 30%로 조사되었고, 60세 이상에서는 고혈압 유병률이 50%를 넘었다(질병관리본부, 2016).

건강보험심사평가원이 발표한 2018년 다빈도 질병 통계에 따르면, 고혈압은 전체 질병 중 발생 빈도가 네 번째로 높았다.

고혈압의 주요 원인으로는 나이, 성별, 음주 습관, 비만, 운동 부족, 그리고 환경적 요인들이 지적된 바 있다. 연령은 고혈압의 가장 큰 위험이라고 하며, 남성의 혈압이 여성보다 대체로 높다고 한다(황수연, 2021). 신체활동이 부족하면 동맥 경직도가 증가해 혈압 상승의 원인이 되고, 과도한 음주는 중추신경계 기능을 저하시키고 압력 수용기의 기능을 손상시켜 고혈압을 유발할 수 있다. 또한, 과체중과 비만은 혈액량 증가로 인해 심장의 부담을 증가시키며 혈압이 높아진다. 당뇨로 인한 말초신경 손상은 미세혈관의 수축 능력을 약화시켜 이완기 혈압에 영향을 준다고 보고되었다(Xue 외, 2020).

최근 연구에 따르면 경구 스테로이드인 글루코코르티코이드 장기 복용이 고혈압 위험을 증가시키고(Mebrahtu외, 2020), 갑상선 기능 저하증 환자의 경우 야간 수축기와 이완기 혈압이 상승하는 경향이 나타났다(Manuel 외, 2004).

2.2.2. 당뇨병

당뇨병은 인슐린 분비 부족 또는 인슐린 기능 장애로 인해 고혈당이 발생하는 대표적인 만성 대사질환이다. 세계당뇨병연맹(IDF)은 전 세계 성인 인구의 약 8.3%인 3억 8천만 명이 당뇨병을 앓고 있으며, 향후 25년 이내에 그 수가 약 55% 증가하여 5억 9천만 명에 이를 것으로 전망하고 있다. 당뇨병 유병률의 증가 추세는 전 세계적인 현상이며, 우리나라 역시 예외는 아니다. 2018~2020년 30세 이상 성인의 당뇨병 유병률을 조사한 결과, 2018년 13.8%, 2019년 14.5%, 2020년 16.7%로 시간이 지나면서 증가세를 보였다. 2020년 기준 30세 이상 성인 6명 중 1명이 당뇨병을 앓고 있는 것으로 조사되었다(대한당뇨병학회, 2022).

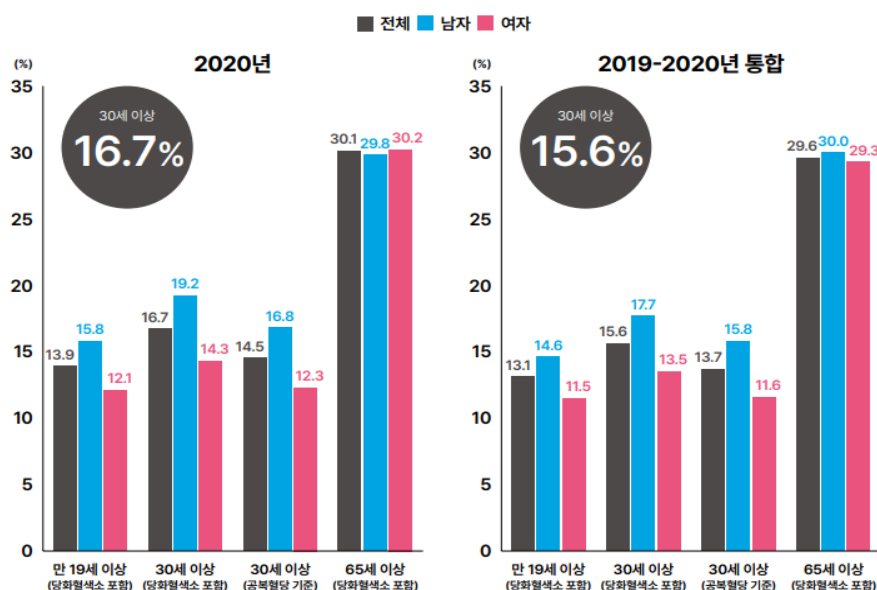


그림 1. 당뇨병 유병률 2018-2020년(대한당뇨병학회, 2022)

대한당뇨병학회에서 정의한 당뇨병 분류는 다음과 같다.

1) 정상혈당

- 8시간 이상 공복 후 혈장포도당 100mg/dL 미만
- 75 g 경구포도당부하 2시간 후 혈장포도당 140mg/dL 미만

2) 당뇨병 진단기준

- 당화혈색소 6.5% 이상
- 8시간 이상 공복 후 혈장포도당 126mg/dL 이상
- 75g 경구포도당부하 2시간 후 혈장포도당 200mg/dL 이상
- 당뇨병의 일반적인 증상과 함께 무작위 혈장포도당 200mg/dL 이상

3) 당뇨병 전단계 진단기준

- 공복혈당장애: 공복혈장포도당 100-125mg/dL
- 내당능장애: 75g 경구포도당부하 2시간 후 혈장포도당 140-199mg/dL
- 당화혈색소: 5.7-6.4%(대한당뇨병학회, 2023)

2.2.3. 골다공증

골다공증은 연령이 증가할수록 유병률이 높아지는 만성 퇴행성 질환으로, 골밀도 감소와 골 조직의 손실이 특징인 전신 근골격계 질환이다.

북미와 유럽에서는 인구 고령화로 인해 골다공증이 중요한 공중보건 문제로 부각되고 있으며(Lange et al., 2014), 우리나라 또한, 빠르게 증가하는 고령 인구로 인해 골다공증에 대한 관심이 높아지고 있다(Ha, 2016). 골다공증으로 인한 골절은 이동 능력을 감소시켜 일상생활과 사회활동에 큰 제약을 준다(Lips et al., 2005).

50세 이상에서 골다공증 유병률은 22.4%, 골감소증 유병률은 47.9%로 조사되었으며, 여성은 연령이 10세 증가할 때마다 골다공증 유병률이 두 배씩 증가한다. 특히 70세 이상 여성의 경우 68.5%가 골다공증을 겪고 있다.

또한, 골다공증으로 인한 골절 발생률은 2008년부터 2013년까지 매년 4%씩 증가한 것으로 보고되었다(대한골대사학회, 2019).

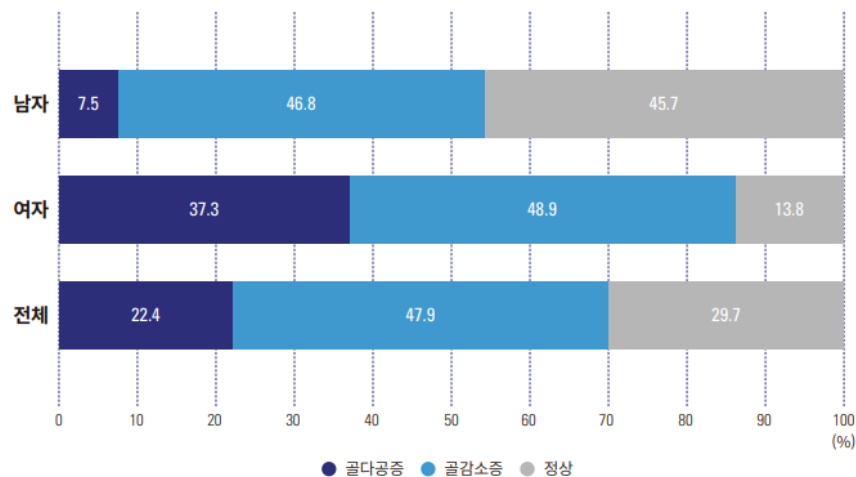


그림 2. 50세 이상 골다공증과 골감소증의 유병률(국민건강영양조사(2008-2011),
 질병관리본부)

2.3. 주요 만성질환 치과질환의 상호 관련성

2.3.1. 고혈압

고혈압은 높은 유병률을 보이고 있는 만성질환이며, 심혈관계 질환의 주요 요인이다. 최근 연구에 따르면 고혈압의 환자의 경우 심혈관 질환 뿐만 아니라 치주질환에 이환 될 확률이 높아, 고혈압과 치주질환은 구강 건강에 영향을 주는 상호 연관된 요인이라고 할 수 있다(Southerland et al., 2016).

고혈압 환자는 치과치료 과정이나 치료 후에 혈압이 상승할 수 있으며, 이로 인해 합병증이 발생할 우려가 있다. 치과치료는 환자의 혈압을 상승시킬 수 있으며, 치과에서 사용하는 국소마취제나 지혈 목적으로 사용되는 에피네프린이 혈압에 영향을 줄 수 있다(J Can Dent Assoc, 2023).

고혈압 환자나 고혈압이 의심되는 환자는 치과에 방문할 때마다 혈압을 측정하는 것이 필요하다. 고혈압이 조절되지 않는 경우에는 내과에서 술 전 평가를 받고 그

결과에 따라 치료를 진행해야 한다. 만약 조절이 어려운 환자를 치료해야 할 상황이라면, 스트레스와 통증을 최소화하는 보존적 응급 처치만을 고려하는 것이 좋다.

반면, 혈압이 안정적으로 관리되는 환자는 다양한 치과치료를 받을 수 있다(Kim & Kim, 2001). 혈압 수치가 수축기 180mmHg 이상이거나 이완기 110mmHg 이상인 경우에는 치과치료를 연기하고, 1주 이내에 혈압 평가와 치료를 위해 내과 의뢰를 해야 한다. 또한, 고혈압 2기(수축기 160~179mmHg 또는 이완기 100~109mmHg 사이에 있는 경우) 환자의 경우 치과치료 중 지속적으로 혈압을 확인할 수 있도록 혈압계를 착용하는 것을 권장한다(정진우 외, 2015).

고혈압과 구강 건강은 서로 영향을 미치는 관계에 있다. 고혈압 치료에 사용되는 베타 차단제와 칼슘 채널 차단제 같은 약물은 구강 건조증을 일으킬 수 있으며, 타액 분비를 줄여 구강 내 세균이 증가하고 충치나 잇몸 질환의 위험을 높일 수 있다(Malamed, 2012).

고혈압과 치주질환은 염증 반응을 유발한다는 점에서 서로 연관되어 있다. 치주질환으로 발생한 잇몸과 치아 주변 조직의 염증이 전신으로 확산되면 혈관 건강에 부정적인 영향을 미쳐 혈압이 상승할 수 있다. 연구에 따르면 치주질환은 고혈압의 발생과 악화에 영향을 미친다(Tavares, Lindefeld & Martin, 2014).

치주질환에서 발생한 염증 물질이 혈관 벽에 작용해 동맥 경화를 촉진할 수 있고, 이것은 고혈압 상태를 악화시킬 가능성이 있다. 고혈압 환자는 이미 혈관이 손상된 상태이므로 치주질환에 대한 면역 반응이 더 강하게 나타날 수 있다는 연구도 있다(Korean Society of Hypertension, 2022).

고혈압 환자가 치과치료를 받을 때는 여러 위험 요소를 신중하게 고려해야 한다. 치주수술이나 발치와 같은 관혈적 시술 시 출혈 위험을 염두에 두어야 한다(Malamed, 2012). 에피네프린이 포함된 국소 마취제를 사용할 경우 혈압이 상승할 수 있기 때문에 저용량 사용이나 대체 약물 선택이 필요하다(Little et al., 2017). 이러한 이유로 치과의사는 치료 전에 환자의 혈압을 측정하고 상태를 확인하여 안전한 진료를 제공해야 한다.

2.3.2. 당뇨병

당뇨병과 치과질환은 전 세계적으로 중요한 건강 문제로 부각되고 있고, 이들 간의 상호작용에 대한 연구가 최근 증가하고 있다. 만성 대사 질환인 당뇨병은 지속적인 고혈당 상태를 유발하고, 이로 인해 다양한 구강질환이 발생할 수 있다(American Diabetes Association, 2021).

당뇨병 환자는 치은염과 치주염 같은 질환에 더 취약하기 때문에 구강 건강 관리에 더욱 신경을 써야 한다(Preshaw & Bissett, 2019). 당뇨병은 구강 건강에 영향을 주며, 그로 인한 문제는 혈당 조절을 어렵게 만든다(Mealey & Ocampo, 2007).

구강 건조증, 치은염, 치주염은 당뇨병 환자에게 흔히 나타나는 질환이다. 이러한 질환은 염증 반응을 증가시키고 회복 과정을 복잡하게 만들어 혈당 조절에 어려움을 줄 수 있다(Gao & Chen, 2018).

치과질환은 당뇨병 관리의 복잡성을 높이며 치료 과정에서 당뇨병 악화로 이어질 수가 있다. 당뇨병과 치과질환의 상호작용을 이해하고 이를 충분히 관리하는 것이 환자의 구강 건강을 유지하는 데 중요하다.

당뇨병과 관혈적 치과 시술의 상호작용은 치과치료에서 중요한 고려 사항이다. 당뇨병 환자의 경우, 관혈적 시술 후 치유 과정과 치료 결과가 당뇨병이 없는 환자보다 좋지 않을 수 있다. 이것은 치료 방법과 예후에도 영향을 미칠 수 있다(Preshaw & Bissett, 2019). 관혈적 시술을 시행할 때는 혈당 관리와 치유 과정에 각별한 주의가 필요하다. 당뇨병 환자는 고혈당으로 인해 치유가 지연될 가능성이 있는데 이것은 염증 반응과 혈류 장애가 조직 회복을 방해하기 때문이다. 이로 인해 감염 위험이 높아질 수 있다 (American Diabetes Association, 2021).

당뇨병 환자의 혈당 수치는 치과치료에 중요한 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 공복 혈당이 126mg/dL 이상, 식후 혈당이 200mg/dL 이상일 경우 치과치료 시 감염 및 상처 치유 지연의 위험성이 증가한다. 공복 혈당이 200mg/dL 이상, 식후 혈당이 250mg/dL 이상인 경우에는 모든 치과치료를 연기하는 것을 권장한다

(정진우 외, 2015). 고혈당 상태의 경우 면역 기능을 저하시켜 감염에 대한 감수성을 증가시킬 수 있고 시술 후 감염 발생률을 높일 수 있기 때문이다(Preshaw & Bissett, 2019). 또한 당뇨병 환자는 혈액 응고 문제로 인해 시술 중 출혈이 많아질 수가 있다. 이 때문에 시술 후 관리가 더 어려워질 수 있다(Drisko, 2001).

2.3.3. 골다공증

골다공증은 뼈의 밀도가 감소하고 구조적 강도가 약해지는 질환으로, 주로 노년층에서 자주 발생한다(Edwards & Migliorati, 2008). 이 질환은 뼈의 강도와 구조적 완전성을 손상시켜 치아와 턱뼈의 건강에 영향을 줄 수 있다. 이것은 발치나 임플란트 같은 관혈적 치과치료의 효과와 안전성에 문제를 일으킬 가능성이 있다.

골다공증은 뼈의 미세구조가 손상되어 강도가 낮아지고 골절 위험이 증가하는 질환이다(Hess et al., 2008). 이 질환의 발생은 뼈 형성과 파괴 사이의 균형이 무너져 일어나며, 이를 치료하기 위해 비스포스포네이트와 같은 약물이 사용된다.

비스포스포네이트 사용 환자에서 발생할 수 있는 주요 문제는 ‘비스포스포네이트 관련 악골괴사’이다. 이 질환은 비스포스포네이트를 장기간 사용한 환자에게 발생하며, 턱뼈의 만성 염증과 괴사가 특징이다. 이러한 상태는 치과치료 시 부작용을 초래할 수 있으며, 치료 후 회복이 지연될 수 있다. 비스포스포네이트 사용 환자는 치과 시술 전에 특별한 주의가 필요하며, 시술 전 철저한 구강 위생 관리와 예방 조치를 통해 부작용을 최소화해야 한다.

골다공증 환자는 뼈의 강도가 감소하기 때문에 치과치료 시 신중한 접근이 필요하다. 특히 발치나 임플란트 시술과 같은 침습적 시술을 시행할 때는 뼈의 밀도와 구조를 고려하여 계획을 세우고, 필요한 경우 치과 방사선 검사를 통해 뼈의 상태를 사전에 평가해야 한다. 또한, 골다공증 환자는 치료 후 치유 과정이 느려질 수 있으며, 이로 인해 감염 위험이 증가할 수 있으므로 치료 후 철저한 관리가 필요하다(Yu & Wang, 2022).

이와 같이 골다공증 환자는 치과치료 이후 부작용 및 예후가 좋지 않을 수 있기

때문에 치료 전후의 철저한 관리와 예방 조치를 통해 구강 건강을 유지할 수 있도록 골다공증과 치과치료의 연관성에 대해 이해하는 것이 필요하다.

2.4. 선행연구 검토

본 연구의 주제와 관련된 CDSS에 대한 선행연구로써 뉴욕대학교 치과대학에서 진행된 연구를 참고하였다(Russell 외, 2015). Russell의 연구는 일반 치과위생사의 업무 보조 및 일차 진료의 효율성을 높이기 위해 수행되었고, 이와 동시에 웹 기반 CDSS의 개발을 주제로 다루고 있다.

2.4.1. 의사결정지원시스템(CDSS)의 개발과 적용

Russell의 연구는 치과위생사가 진료 과정에서 환자의 건강 상태를 효율적으로 관리할 수 있도록 하기 위해 개발되었다. Russell의 연구에서 개발된 시스템은 흡연, 고혈압, 당뇨병, 영양 상태 등 1차 진료 항목을 포함하여 치과위생사가 환자 진료 시 1차 진료 스크리닝과 진료 조정을 도울 수 있게 설계되었다. 이를 위해 ‘통합 실행연구 프레임워크(Consolidated Framework for Implementation Research-CFIR)’ 이론을 기반으로 뉴욕 주의 치과위생사의 교육 및 실무 범위를 평가하고, 흡연, 고혈압, 당뇨병, 영양상담에 대한 알고리즘을 개발하였다.

통합 실행연구 프레임 워크란 업무의 실행 과정에서 영향을 미칠 수 있는 요인 즉, 외부환경, 조직적 특성, 개인적 특성, 실행과정으로 구분하여 분석하는 것이다. 이것을 통해 시스템이 성공적으로 도입되는데 필요한 요소들을 식별하고 개선하는데 목적이 있다.

Russell이 목표한 CDSS의 개발 과정에서는 각 건강 문제에 대한 알고리즘을 정의하고 시스템을 구축했다. 또한, 실제 임상 환경에 개발된 CDSS를 통합하기 위해 반복적인 개선 작업이 진행되었음을 밝혔다.

2.4.2. 선행연구의 한계

해당 연구는 CDSS를 실제 임상 환경에 적용 시 실행 가능성과 범용성에 초점을

맞추고 있으며, 다음의 한계를 가지고 있다.

해당 논문에서 CDSS의 현장 테스트 단계를 완료하지 못했다고 밝힌 것처럼, Russell의 연구는 CDSS가 실제 임상환경에서 어떻게 작동하는지 온전히 테스트하지 못했다. 이것은 치과 진료과정과 결과에 어떤 영향을 미치는지에 대한 자료가 부족함을 의미한다. 따라서, 이 시스템의 효과를 명확히 평가할 수 없었다는 한계를 보여주고 있다.

논문에서는 CDSS가 기존 전자건강기록(EHR) 시스템과 통합되는 과정에서 발생할 수 있는 다양한 문제들을 언급하였다. 다양한 병원 환경에서 사용되는 시스템들의 기술적 통합 문제가 실제로 발생하고 이는, 각 시스템의 호환성과 효율적인 작동을 보장해야 한다는 고민이 다루어져야 함을 밝혔다. 이는 본 논문에서도 마찬가지로 기존 병원의 PMS와 CDSS의 기술 통합을 목표로 하는 관점에서 중요하게 다루어져야 할 문제로 볼 수 있었다.

또한, 특정 치과 환경, 즉 뉴욕대학교 치과대학에서 개발되었기 때문에 다른 치과 환경이나 지역에서의 유연한 적용을 위해서 추가적인 맞춤화가 필요할 수 있다고 하였다. 이것 역시 다양한 치과환경에 맞게 시스템을 맞춤 제작해야 함을 의미하는 것이나, 상기 기술적인 통합 외에 각 병원의 워크플로우에 잘 녹아들 수 있는 사용자 인터페이스 및 사용자 경험에 대한 기획이 중요하게 다루어져야 함을 의미하는 것으로, 본 논문에서도 중요하게 다루는 부분이었다.

Russell의 연구가 치과위생사의 1차 진료 스크리닝과 업무 일정관리에 초점을 두었다면, 본 연구는 치과의를 포함하여 실제 치료가 진행 시 환자의 건강상태에 대한 스크리닝은 물론 진료 과정 그리고 치료 행위에 있어서 의료진에게 결정이 필요한 단계에서 도움을 줄 수 있는 협업적 시스템으로 범위를 확장하는 것을 목표로 하였다.

3. 연구방법

3.1. 연구대상 및 범위

만성질환자의 치과 임상적 처치에 관한 CDSS의 세부 요소들을 개발하기 위하여 본 연구에서는 만성질환의 범위를 고혈압, 당뇨병, 골다공증으로 한정하였다.

본 연구에서는 다음과 같은 세부 내용을 검토하고 연구를 진행하였고 지식기반 정보와 결정논리에 기초하여 치료과정에 영향을 주는 정보를 제시하도록 하였다.

첫째, CDSS의 핵심은 고혈압, 당뇨병, 골다공증 진단 기준을 근거로 이를 치과 임상적 처치에 활용하는데 있다. 따라서 만성질환을 정의하고 이를 전산화하기 위한 설계가 필요하다.

둘째, 통합된 의료행위와 운영관리에서 다양한 정보를 추출하여 사용자에게 제공해야 한다. 이러한 기능은 기존의 PMS와 융합되면서 검토 범위에 포함하였다.

셋째, 병원의 PMS에 누적된 다양한 정보를 분석하여 만성질환자의 임상적 처치 결정을 돕는 정보를 보다 포괄적으로 구성할 수 있도록 한다. 따라서 기존 병원 데이터의 특성을 고려하면서, 만성질환과 임상적 처치에 대한 의사결정에 부합하는 사항들을 추출하는 분석 방법의 개발이 필요하다.

넷째, 사용자에게 적절한 정보를 시각화하여 제공하는 CDSS 프로토타입을 개발한다. 본 시스템은 현재 치과에서 사용되고 있는 PMS 프로그램에 융합되는 하나의 기능으로 개발하였으며, 사용자가 쉽게 확인할 수 있는 UI(User interface)를 구현하여 개발하였다.

마지막으로, 본 연구에서 개발된 CDSS의 사용성 평가는 치과 임상 전문가 20명을 대상으로 설문조사하였다. 사용성 평가에서 시스템의 유효성, 상호작용의 효율성, 전반적인 만족도 등 시스템의 여러 측면을 평가하도록 하였다. 그리고 사용성 평가를 위해 잘 알려진 사후 시스템 유용성 설문(PSSUQ)을 활용하고, 본 연구의 사용성 평가 목적에 맞게 일부 질문을 수정하여 사용하였다.

3.2. 의료 데이터의 수집 방법

환자의 의료 정보는 다양한 데이터 형태로 존재하고 수집될 수 있다. 다음은 의료 데이터의 종류이다.

1) 전자 치과 기록(EDR)

전자 치과 기록은 전자 의료 기록(EMR)의 한 가지이다. 환자의 치과치료 이력이 포함되며, 환자의 구강 건강상태, 치아의 문제, 치료계획, 치료결과 등이 포함될 수 있다.

2) 치과 영상 데이터

X-Ray, CT, CBCT 등 의료영상자료는 치아와 악골, 주변 조직의 상태를 평가하기 위해 사용된다. 영상데이터를 분석하여 치아의 병리학적인 변화, 치아의 위치 그리고 잇몸 상태 등을 파악하는 것이 가능하다.

3) 치과 임상 데이터

의료진은 치료 중에 여러 임상 정보를 기록한다. 여기에는 환자의 통증 정도, 치아 민감성, 그리고 치아의 구조적 이상 등이 포함될 수 있다.

4) 환자 인터뷰(문진)

환자의 증상, 통증 정도, 생활습관 등의 정보는 인터뷰나 설문조사를 통해 얻을 수 있다. 이렇게 수집된 문진 자료는 치료 계획을 세우거나 환자의 건강 상태를 전체적으로 파악하는 데 중요하다.

5) 기타 의료 기록

환자의 건강상태와 의료기록, 약물복용 이력은 모두 치료 결정에 영향을 미칠 수 있는 중요한 자료이다. 그러나 이와 같은 자료의 수집은 개인정보보호법과 관련 규정을 준수해야 하는 문제를 내포한다(보건복지부, 2022).

여기서는 PMS에 기록될 수 있는 상기 의료 데이터들 중 환자들의 전자차트, 치료 계획, 예약 정보 등을 수집하여 활용하였다.

3.3. 의사결정지원시스템(CDSS) 개발

본 연구에서는 환자의 질병 이력과 약물 반응성 그리고 확인된 치과질환을 평가하여 실제 치료가 진행되기 전에 환자의 안전과 관련된 사항을 제안하는 규칙기반 평가엔진을 구현하였다.

CDSS의 개발을 위해 주 개발도구로 WPF 및 Dot-NET을 사용하였고, 기존에 개발된 PMS 시스템에 본 연구의 CDSS 기능을 추가하여 개발 하였다.

3.4. 의사결정지원시스템(CDSS) 평가

CDSS의 시스템적 가치를 평가하기 위해서는 여러 방법론이 사용될 수 있고, 평가방식은 CDSS가 의료진에게 미치는 영향성을 측정하는 데 중요하다. 본 연구에서 검토한 평가 방법은 다음과 같다.

3.4.1. 시스템 품질 평가(System Quality Assessment)

CDSS가 갖추어야 할 요구기능(functionality), 성능(performance), 정보 품질(information quality), 그리고 표준임상경로(clinical pathway - 표준화된 진료과정)의 개선 정도를 측정하여 시스템의 전체적인 품질을 평가하였다.

그 중 표준임상경로는 의사결정에 미치는 영향이 큰 요소이다. 표준임상경로의 성능 개선은 환자 치료의 결과가 좋은지, 표준적 치료과정을 준수하는지, 치료기간이 단축되는지, 치료비용이 낮아지는지, 그 과정에서 환자의 만족도가 올라가는지, 임상 치료 결정의 변동성이 잦은지 등을 확인하는 지표이다. 다만, 표준임상경로의 검토는 환자의 임상 치료과정과 결과의 추적이 필요하여 본 연구의 주제를 벗어나므로 여기서는 표준임상경로를 평가 대상에서 제외하였다.

3.4.2. 사용성 평가(Usability Evaluation)

사용성은 CDSS의 가치를 결정하는데 중요한 역할을 한다. 쉬운 사용성과 빠른

학습커브, 운용성, 사용자 인터페이스, 자료입력 방식, 표시 및 가독성 등이 사용자의 만족과 수용도를 결정하기 위해 평가된다.

설문지는 프로젝트의 본질이나 연구의 단계, 연구 목적, 예산 등 여러 가지 요소를 검토하여 결정할 수 있다.

표 2. 알려진 표준화된 사후연구설문 종류

Questionnaire	License Fee	Number of Items	Validity Notes
QUIS	Yes(\$50-750)	27	Construct validity; evidence of sensitivity
SUMI	Yes(€0-1,000)	50	Construct validity; evidence of sensitivity; availability of norms
PSSUQ	No	16	Construct validity; concurrent validity; evidence of sensitivity; some normative information
SUS	No	10	Construct validity; evidence of sensitivity; some normative information
SUPR-Q	Yes(\$3k - \$5k)	8	Construct validity; concurrent validity; evidence of sensitivity; some normative information (websites)

출처: uxpsychology.substack.com

본 연구에서는 표준화된 사후연구 설문으로, 라이선스에 대한 부담이 없고 구성 유효성(construct validity), 동시 유효성(concurrent validity), 민감도 증거(evidence of sensitivity), 일부 규범적 정보(some normative information)가 모두 검증된 사후 시스템 유용성 설문(PSSUQ)을 채택하였다.

PSSUQ는 1988년 IBM 내부 프로젝트인 SUMS(System Usability Metrics)에서 유래된 것으로, 시스템을 사용한 후 시스템 사용성에 대한 만족도를 측정하는데 사용되는 표준화된 설문조사이다. PSSUQ는 시스템의 효과성과 상호 작용의 효율성 그리고 전반적인 사용자 만족도와 같은 다양한 시스템 사용성의

측면을 평가한다. 본 연구에서도 PSSUQ를 활용하여 CDSS의 사용성을 평가하였다.

PSSUQ 설문지는 16개의 항목으로 구성되어 있다. 각 항목은 ‘매우 동의함’ 과 ‘매우 동의하지 않음’ 의 두 가지 항목에 대해 7점의 척도로 평가하며, ‘해당 없음’ 항목이 추가된다. PSSUQ 항목은 4개의 척도를 갖는다. PSSUQ의 4가지 척도와 신뢰도는 다음과 같이 알려져 있다.

- 전반적: 항목 1부터 16까지(전체 항목)의 응답을 평균한 값. 신뢰도 0.94
- 시스템 유용성(SysUse): 항목 1~6의 평균값. 신뢰도 0.9
- 정보 품질(InfoQual): 7~12번 항목 평균. 신뢰도 0.91
- 인터페이스 품질(IntQual): 13~16번 항목 평균. 신뢰도 0.83

1) 신뢰도의 의미

신뢰도란 반복적으로 정확한 결과를 산출하는 정도를 말한다. PSSUQ의 신뢰도는 설문을 통해 수집한 데이터가 일관성 있고 재현성 있는 결과를 제시하는지를 보여준다. 높은 신뢰도의 설문은 동일한 조건에서 반복적으로 유사한 결과를 보여주게 된다.

2) PSSUQ의 신뢰도

본 연구에서 사용된 PSSUQ는 매우 신뢰도가 높은 설문으로 알려져 있다. PSSUQ는 신뢰도를 나타내는 크론바흐 알파(Cronbach's alpha) 값이 0.9 이상으로 알려져 있다. 크론바흐 알파 값이 0.7 이상이면 신뢰도가 높다고 간주되므로, PSSUQ는 상당히 신뢰성 있는 설문 방법론으로 여겨진다. PSSUQ의 높은 신뢰도는 사용자 경험과 평가 연구에서 시스템 개선을 위한 중요한 피드백을 제공하여 사용성 연구에서 널리 사용된다.

표 3. PSSUQ 설문지 예시 - 출처: UIUX Trend

PSSUQ	질문	Strongly Agree					Strongly Disagree		
		1	2	3	4	5	6	7	N.A.
1	Overall, I am satisfied with how easy it is to use this system.								
2	It was simple to use this system.								
3	I was able to complete the tasks and scenarios quickly using this system.								
4	I felt comfortable using this system.								
5	It was easy to learn to use this system.								
6	I believe I could become productive quickly using this system.								
7	The system gave error messages that clearly told me how to fix problems.								
8	Whenever I made a mistake using the system, I could recover easily and quickly.								
9	The information (such as online help, on-screen messages, and other documentation) provided with this system was clear.								
10	It was easy to find the information I needed.								
11	The information was effective in helping me complete the tasks and scenarios.								
12	The organization of information on the system screens was clear.								
13	The interface of this system was pleasant.								
14	I liked using the interface of this system.								
15	This system has all the functions and capabilities I expect it to have.								
16	Overall, I am satisfied with this system.								

3) 정확성 및 신뢰성 평가(Accuracy and Reliability Assessment)

CDSS의 평가 후 제공하는 정보의 정확성과 신뢰성은 핵심적인 요소이다. 정확성이 높은 CDSS는 치료 의사 결정에 중요한 정보를 제공하여 의료 행위의 오류를 줄이고, 환자의 안전한 치료를 보장할 수 있다.

4. 연구결과

4.1. 의사결정지원시스템(CDSS) 아키텍처의 제안

본 연구의 CDSS는 다음과 같은 아키텍처를 갖는다.

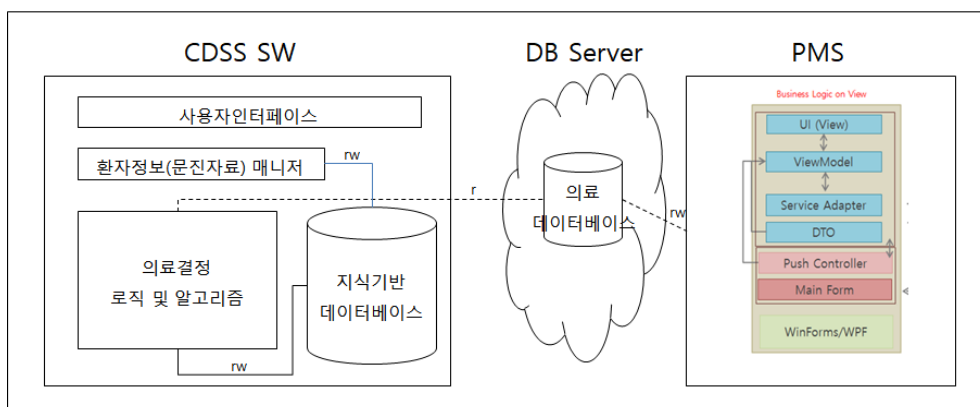


그림 3. CDSS 시스템 구조도

CDSS는 다음과 같은 주요 항목으로 구성된다.

1) 사용자 인터페이스(User Interface)

- 환자의 증상, 건강 이력, 약물 복용 내역 등을 입력하는 사용자 인터페이스이다(Michael et al., 2013; Jan et al., 2012).
- 사용자 인터페이스를 통해 입력된 내용은 환자정보 매니저를 통해 데이터로 구성되고 지식기반 데이터베이스에 기록된다.

2) 의료 데이터베이스(Medical Database)

- 환자의 의료 기록, 진단 결과, 이미지, 검사 결과 등의 정보를 저장하는 데이터베이스이다(Nicole, Mingrui & Kirby, 2011).
- 주로 PMS를 통해 생성되며 CDSS는 환자의 의료정보를 검토한다.
- 이 데이터베이스는 보안 및 개인정보 보호를 위한 적절한 보안 메커니즘을 갖추어야 한다.

3) 지식기반 데이터베이스(Knowledge Base Database)

- CDSS는 의료 지식기반 데이터베이스를 활용하여 의료진에게 의사 결정을 지원한다.
- 의료 지식기반 데이터베이스는 치과 진단, 치료 계획, 약물 정보, 의료가이드 라인 등 의료 분야의 전문 지식을 포함한다(Martin & Chandan, 2015).

4) CDSS의 의사결정로직(Decision Making Logic)

- CDSS는 환자의 의료 데이터를 분석하여 의사결정로직에 따라 의견을 제시한다.
- 의사결정로직은 지식기반 데이터베이스와 연계되어 작동한다.
- CDSS의 의사결정로직은 전문가 시스템, 의사결정 트리, 규칙기반 시스템 등 다수의 방식으로 구현될 수 있다(Silva, Haka & Machado, 2022).

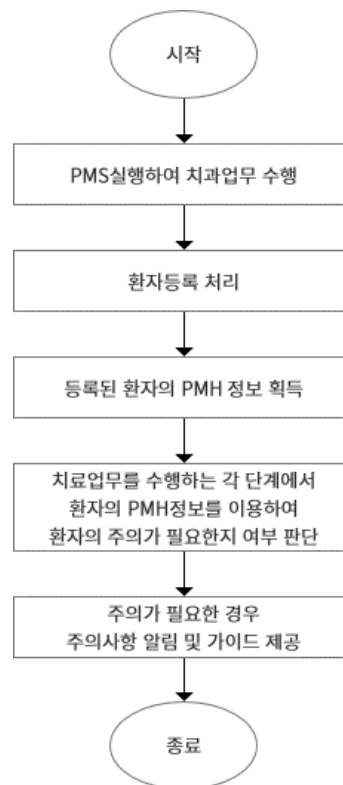


그림 4. CDSS Workflow

4.2. 시스템 구현을 위한 기술 요소

CDSS의 개발에 사용되는 주요 기술요소는 다음과 같다.

- WPF: Microsoft사의 데스크톱 클라이언트 애플리케이션용 UI 프레임워크
- DevExpress: Dot-NET 기반 컴포넌트 라이브러리 중 하나로써 Report 기능 구현을 위해 사용
- MediConn, DUR: 의료정보 액세스를 위한 모듈
- REST API: HTTP나 다른 프로토콜을 사용하여 애플리케이션 간 데이터 상태를 전송하는 웹 서비스를 생성하고 액세스하는 방법
- NetMQ: C# 언어용 오픈소스 메시징 라이브러리
- JSON: 경량의 데이터 교환 형식, 텍스트를 사용하는 개방형 표준 포맷
- Dot-NET: Microsoft사에서 만든 프로그래밍 플랫폼
- TCP/IP: 인터넷에서 컴퓨터들이 서로 통신할 수 있도록 하는 통신 규약

4.3. 개발환경

- Visual Studio 2019: 마이크로소프트에서 개발한 C#. Dot-NET 개발환경
- MSSQL 2014 Express 2014: 마이크로소프트에서 개발한 데이터베이스
- Git 2.13: 소프트웨어 소스코드 형상 관리 도구

4.4. 지식기반 데이터베이스 구축

본 연구에서의 지식기반 데이터베이스 구축은 만성질환자의 치과 임상적 처치에 대한 CDSS 개발의 핵심 요소 중 하나다.

지식기반 데이터베이스는 그림 5와 같은 과정을 통해 구축된다.

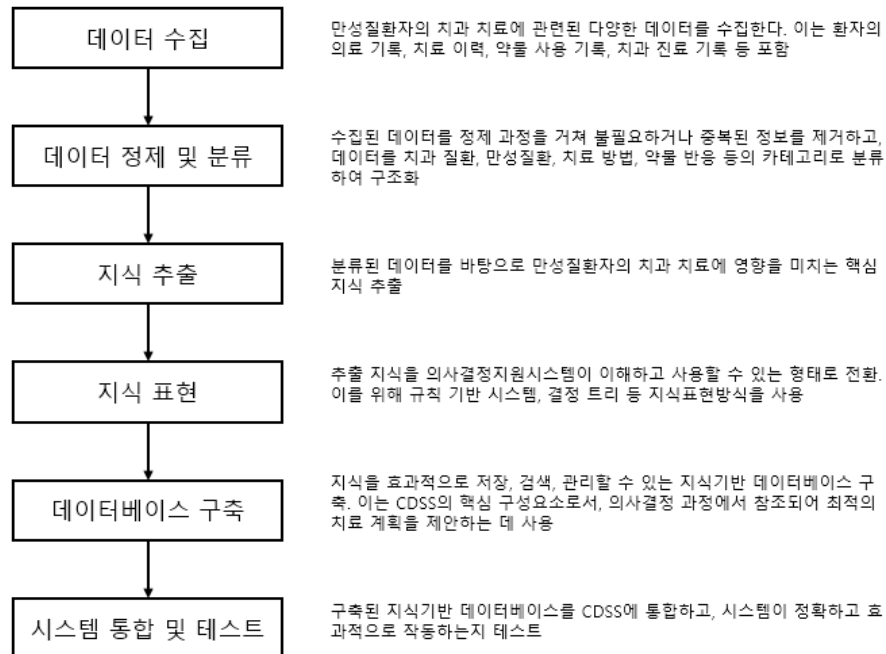


그림 5. 지식기반 데이터베이스 구축 과정

4.5. 평가로직 알고리즘 구현

본 연구에서는 지식기반 평가(Knowledge-based Evaluation) 개념을 적용하였다. 지식기반 평가란 사전에 정의된 규칙에 따라 데이터를 평가하고 결정을 내리는 전반적 과정을 의미한다. 지식기반 평가를 위해 사용될 데이터의 집합체가 지식기반 데이터베이스이다.

지식기반 데이터베이스를 사용하여 평가하는 알고리즘 혹은 로직을 설계할 때, 데이터베이스에서 환자의 사전 의료기록 및 적절한 의료정보를 추출하는 것, 의사결정을 위한 적절한 규칙을 찾는 것, 그리고 임상적 맥락에서의 평가로 구분할 수 있다. 지식기반 데이터베이스에서 추출된 환자의 의료정보를 추출하고 상태정보를 입력 받아 이를 평가하는 단계는 규칙기반 추론(Rule-based Inference) 과정이라 한다. 예를 들어 치과 임상 중 만성질환자에게 적용할 수 있는 규칙은 “당뇨병

환자에서는 특정 치과치료 전에 혈당 수치를 확인해야 한다” 또는 “고혈압 환자에게는 마취제 사용에 특별한 주의가 필요하다” 등이 가능하다.

4.5.1. 규칙 기반 추론(Rule-based Inference)

규칙 기반 추론은 전문 지식을 “만약 A 조건이 만족되면 B 결과를 도출한다”와 같은 규칙 형태로 바꾸어 표현하고, 이를 기반으로 새로운 사실을 추론하는 방식이다. 규칙 기반 추론을 위해서는 먼저 규칙을 정의해야 한다. 규칙은 특정 조건에 따른 의사결정 규칙이다. 이 규칙들은 임상 가이드라인, 전문가 의견으로 구성된다. 이러한 규칙들은 지식기반 데이터베이스에 저장되어 있고, 진료 계획이나 임상적 상황에 따라 적절한 규칙 정보를 추출해야 한다. 그리고 진료 상황에 적합한 선택된 규칙을 기반으로 조건을 비교하여 평가를 수행하며, 환자의 의료적 정보와 상황에 따라 해당 규칙이 활성화되는지 평가한다. 마지막으로, 조건이 만족되면 취해야 할 행동을 정의한다. 이는 특정 약물의 처방 안내, 추가 검사의 권장, 임상적 주의와 상황적 경고 등이 될 수 있다. 이러한 지식 정보와 규칙 정보를 추출하여 평가하는 부분을 ‘추론엔진부’라 부른다.

4.5.2. 규칙 적용 및 평가로직 구현

추론엔진부의 핵심인 평가로직은 조건-행동(If-Then) 형태로 표현이 가능하다. 비교적 단순한 비교평가 방법이지만 이를 중첩하여 복잡한 상황에 대한 평가가 가능하다. 로직은 표 4와 같이 환자의 특정 상태나 조건에 따라 적절한 치료 권장사항을 추출하는 절차를 제공한다.

표 4. 지식기반 평가를 위한 IF-THEN 로직 테이블

IF 조건	THEN 행동/결과
환자의 혈당 수치가 200mg/dL 이상이다.	혈당 조절을 위해 치과치료를 연기한다.
환자가 당뇨병을 앓고 있다.	감염 예방을 위해 치료 후 철저한 구강 위생 지도를 제공한다.
환자가 당뇨병을 앓고 있으며 치주염이 있다.	치주염 치료를 위해 더 집중적인 치과 청소와 항생제 처방을 고려한다.
환자가 당뇨병을 앓고 있으며 구강 내 감염 증상이 있다.	즉각적인 항생제 처방과 함께 구강 내 감염 부위 치료를 계획한다.
환자가 당뇨병을 앓고 있으며 치아 임플란트 시술을 받고자 한다.	임플란트 시술 전에 철저한 구강 건강 평가와 감염 예방 조치를 취한다.
환자가 당뇨병을 앓고 있으며 최근 치과 수술을 받았다.	수술 후 관리 및 합병증 발생 여부를 확인하고 추가 치료를 계획한다.
환자의 혈압이 140/90mmHg 이상이다.	치과치료를 연기하고 의사 상담을 권장한다.
환자가 고혈압을 앓고 있다.	치과치료 중 혈압 모니터링을 실시한다.
환자가 고혈압을 앓고 있으며 외과적 시술이 필요하다.	출혈 위험을 줄이기 위해 항고혈압제 복용을 조절하고 필요한 경우 의사와 상의한다.
환자가 고혈압을 앓고 있으며 진정요법이 필요하다.	진정제와 항고혈압제의 상호작용을 고려하여 처방한다.
환자가 고혈압을 앓고 있으며 심한 불안을 호소한다.	치과치료 전에 충분한 상담과 불안 완화 방법을 제공한다.
환자가 고혈압을 앓고 있으며 치과 수술 후 출혈이 발생했다.	즉각적인 응급 처치를 실시하고, 출혈 원인을 파악하여 추가 치료를 계획한다.
환자가 고혈압을 앓고 있으며 치아 임플란트 시술을 받고자 한다.	임플란트 시술 전에 혈압을 안정화시키기 위한 조치를 취한다.
환자가 골다공증을 앓고 있다.	구강 내 뼈 상태를 평가하고, 필요한 경우 골밀도 검사를 실시한다.
환자가 골다공증을 앓고 있으며 치아 임플란트 시술을 받고자 한다.	골밀도 검사를 바탕으로 임플란트 시술 가능 여부를 평가하고, 필요한 경우 골이식 수술을 먼저 고려한다.
환자가 골다공증을 앓고 있으며 외과적 시술이 필요하다.	출혈과 감염 예방을 위해 추가적인 조치를 취한다.
환자가 골다공증을 앓고 있으며 구강 내 뼈가 약화된 상태이다.	골강화제를 처방하고, 구강 위생 관리에 대한 철저한 지도를 제공한다.
환자가 골다공증을 앓고 있으며 치주염이 있다.	치주염 치료를 위해 집중적인 치과 청소와 함께 골강화제를 병행한다.

표 4의 조건 항목은 CDSS를 이용해 평가할 수 있는 여러 케이스를 예시로 든 것이다. 조건절의 항목은 평가를 위해 가급적 정량적으로 구분이 가능해야 하는데 그렇지 않은 항목들이 포함되어 있다. CDSS는 지식정보와 추론기구로 이루어진 전문가 시스템(Expert System)의 일종이다. 이러한 전문가 시스템은 모호한 정보를 다루어야 하고 이를 다루기 위한 퍼지 (Fuzzy)논리제어 기술을 포함한다. 근래에는 LLM(Large Language Models, 대규모 언어모델) 인공지능을 기술을 이용해 문맥의 뉘앙스를 이해하고 모호한 표현을 분해하여 구분하는 것이 가능해졌다. 그러나 본 연구에서는 한정된 기간에 실제 CDSS를 운용하고 평가할 수 있는 시스템 전반을 완성해야 했기 때문에 구현의 범위를 최소화 했다. 완전한 전문가 시스템의 구현은 본 연구의 범위를 벗어나므로 향후 개선 과제로 가져가도록 한다.

예시로 든 표 4의 복합적 표현은 이분법적 논리로 평가되는 추론엔진부에 실제 적용이 어려웠다. 따라서 이를 추론엔진부에 적용하기 위해 조건과 행동/결과の内容을 구체적인 최소 표현, 즉 표 5와 같이 키워드(Key-words)로 분리하였다.

표 5. 지식기반 평가를 위한 IF-THEN 로직 Key-words 단위 분리

IF 조건	THEN 행동/결과 1	THEN 행동/결과 2	THEN 행동/결과 3
당뇨병, 고혈당 (혈당 > 200mg/dL)	혈당 조절 필요	치과치료 연기	
당뇨병, 일반 (혈당 140-199mg/dL)	감염 예방 필요	치료 후 구강 위생 지도 제공	
당뇨병, 치주염	치주염 치료 필요	집중적인 치과 청소	항생제 처방 고려
당뇨병, 구강 건조증	인공 타액 제품 처방	구강 습도 유지 생활습관 조언	
당뇨병, 구강 감염	즉각적인 항생제 처방	구강 내 감염 부위 치료 계획	
당뇨병, 임플란트	철저한 구강 건강 평가	감염 예방 조치	
당뇨병, 치과 수술 후	수술 관리 필요	합병증 발생 여부 확인	추가 치료 계획
고혈압, 고혈압수치 (혈압 > 160/100mmHg)	치과치료 연기	의사 상담 권장	
고혈압, 일반 (혈압 140-159/90-99mmHg)	치과치료 중 혈압 모니터링		
고혈압, 외과적 시술	출혈 위험 감소 필요	항고혈압제 복용 조절	의사와 상의
고혈압, 진정요법	진정제와 항고혈압제 상호작용 고려	처방 조정	
고혈압, 심한 불안	상담 필요	불안 완화 방법 제공	
고혈압, 출혈	즉각적인 응급 처치 필요	출혈 원인 파악	추가 치료 계획
고혈압, 임플란트	혈압 안정화 필요	임플란트 시술 준비	
골다공증, 일반	구강 내 뼈 상태 평가	골밀도 검사 실시	
골다공증, 임플란트	골밀도 검사 필요	임플란트 시술 가능 여부 평가	골이식 수술 고려
골다공증, 외과적 시술	출혈 예방 조치 필요	감염 예방 조치	
골다공증, 뼈 약화	골강화제 처방	구강 위생 관리 지도	
골다공증, 치주염	치주염 치료 필요	집중적인 치과 청소	골강화제 병행
골다공증, 틀니	정기적인 검진 필요	틀니 관리	잇몸 손상 예방
골다공증, 치아 교정	뼈 상태 고려 필요	치료 계획 수립	교정 치료 연기 가능

4.5.3. 당뇨병 환자의 치과치료 시 CDSS의 동작 과정

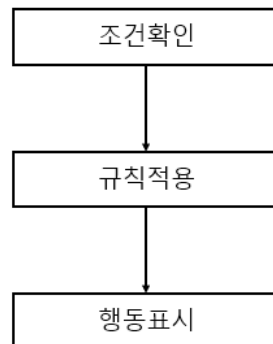


그림 6. 평가로직의 동작 순서

그림 6은 당뇨병 환자의 치과치료 시 CDSS가 작동하는 과정을 단계별로 나타낸 것이다. 먼저 조건확인 단계에서는 환자의 의료기록을 검토하여 당뇨병 진단 여부와 최근 혈당 수치를 확인한다. 다음으로 규칙적용 단계에서는 수집된 데이터를 기반으로 혈당 수치가 기준보다 높은 경우, 혈당 조절 후 치과치료를 권장하는 규칙을 적용한다. 마지막으로 행동표시 단계에서는 도출된 결과를 바탕으로 치과의사에게 혈당 조절이 이루어진 후 치료를 진행할 것을 권장하는 메시지를 제공한다.

4.6. 사용자 인터페이스

본 연구에서는 사용자 친화적인 인터페이스를 CDSS에 맞추어 개발하였다. 이 인터페이스는 환자 정보를 입력 받고, CDSS가 평가한 의료 결정을 표시하는 역할을 한다.

사용자 인터페이스는 환자 데이터 입력, 환자 이력 조회, 그리고 지식 기반 평가를 통한 치료 권장 사항이나 경고 표시 등 CDSS의 주요 기능과 유기적으로 연동하는 기능을 갖는다.

그림 7과 그림 8은 CDSS의 인터페이스에 대해 설명한 클래스 다이어그램을 시각화한 것이다. 이 다이어그램은 CDSS의 주요 구성 요소 간의 연동 구조와 각각의 역할을 나타낸다.

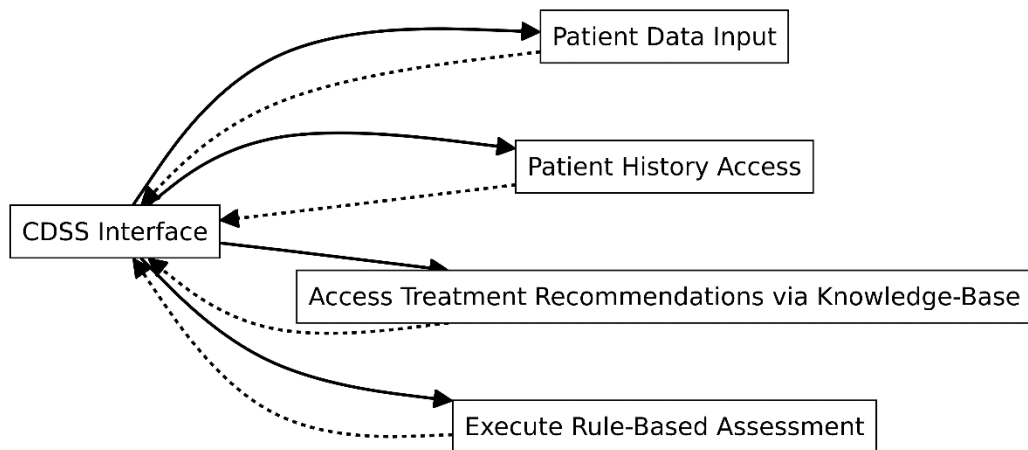


그림 7. CDSS 인터페이스 연동 구조

그림 7은 CDSS 인터페이스의 연동 구조를 나타낸다. CDSS 인터페이스는 환자의 데이터 입력, 이력 조회, 지식기반 데이터베이스의 접근, 규칙 기반 평가 실행 등 주요 기능을 수행하며, 각 구성 요소와 상호 작용한다.

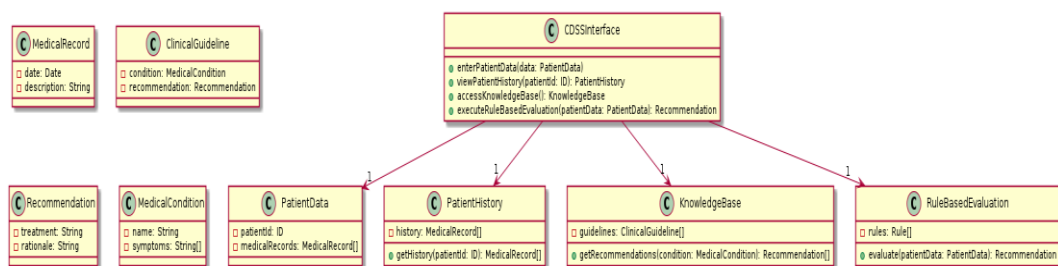


그림 8. CDSS 인터페이스 클래스 다이어그램(주요부분)

그림 8은 CDSS 인터페이스와 관련된 클래스 다이어그램으로, 환자 데이터를

저장 및 관리하는 Patient Data, 의료 이력을 조회하는 Patient History, 치료 권장 사항과 임상지침을 제공하는 Knowledge Base, 그리고 규칙기반 평가를 실행하는 RuleBased Evaluation 클래스가 포함되어 있다. 이 클래스들은 CDSS 인터페이스와 상호작용하여 전체 시스템이 유기적으로 작동하도록 설계되었다.

4.6.1. 검증 및 테스트 방안

CDSS를 테스트 하기 위해서 실제 사용자인 의료 전문가 및 치과 의사를 대상으로 UI/UX 사용성 테스트를 실시하고, 인터페이스의 직관성, 사용 용이성에 대한 직접적인 피드백을 검토한다. 이러한 피드백을 통해 인터페이스의 문제점을 식별하고 개선하였다.

추가적으로 시나리오 기반 테스트를 실시한다. 시나리오 기반 테스트로 실제 임상 상황을 모방하는 시나리오를 준비하여 CDSS에 구현된 사용자 인터페이스가 실제 사용자의 기능적 요구를 충족하는지 평가하였다. 이는 사용자 인터페이스가 실제 임상 환경에서 효과적인지 확인하는 데 유용하다.

성능에 관한 테스트로서 사용자 인터페이스의 응답속도(response time)를 확인하여 시스템의 성능이 사용자의 요구를 만족시키는지 확인하였다. 이를 통하여 대규모 지식기반 데이터와 복잡해지는 쿼리의 처리 속도와 안정성을 검증하였다.

4.7. 의사결정지원시스템(CDSS) UI/UX 설계

본 연구의 구현 목표인 CDSS의 실제 UI/UX를 설계하였다. CDSS의 UI/UX는 고혈압, 당뇨병, 골다공증의 환자에 대해 접수, 측정, 경고(알림) 기능을 포함하는 사용자 인터페이스와 로직을 구현하도록 설계되었다.

4.7.1. 화면설계

1) 문진

본 연구에서 사용한 문진표는 대한치과의사협회에서 제공하는 문진표 양식을

바탕으로 작성되었다. 여기에 다중 선택이 가능하도록 체크박스 형태로 구성하였다.

각 문진 항목은 상세 정보를 입력할 수 있도록 하였다. 예를 들어 고혈압의 경우 수축기 및 이완기 혈압 수치를 기록할 수 있고, 당뇨병의 경우에는 식후 혈당수치를 입력할 수 있다. 그리고 골다공증 환자에게는 복용중인 약제가 경구용 약제인지 주사제인지 선택할 수 있는 옵션을 제공하였다.

특히, 고혈압 환자의 경우 아스피린과 같은 항혈전제를 복용하는 사례가 많기 때문에, 문진표에는 항혈전제 복용 여부를 확인할 수 있는 별도의 항목을 제공하였다. 이렇게 별도의 항목을 제공하여 의료진은 환자의 항혈전제 복용 상태를 정확히 파악 가능하고 진료 시 필요한 주의사항을 고려할 수 있다.

문진표 화면은 상단과 하단으로 구성된다. 상단에는 문진 정보를 입력할 수 있고 하단에는 환자의 병력 정보를 시간 순으로 보여준다. 이를 통해 의료진은 환자의 과거 병력을 쉽게 확인할 수 있게 되고, 현재 상태와 연관된 진료 시 주의사항을 고려할 수 있게 된다.

문진표는 체크박스 형태로 구성되어 있으나 입력 순서에 따라 데이터가 표시되는 부가 기능도 포함하고 있다. 만일, 환자가 당뇨병과 고혈압을 모두 가지고 있는 경우, 당뇨병 항목을 먼저 체크하면, 당뇨병 관련 정보가 다른 항목들보다 우선적으로 표시될 것이다. 이것은 의료진이 가장 중요한 정보부터 쉽게 확인할 수 있도록 하여 진료의 효율성을 높이는 데 기여한다(그림 9).

Medical Alert 입력

• 유연세 (1004) 님의 Medical Alert 정보

작성자 오스탬

2

항혈전제 복용

아스피린

1

고혈압

145 95 (mmHg)

3

당뇨병

식후 2시간 혈당 (mg/dL)

골다공증 약 복용

선택

위장장애

간염

A형 B형 C형

수유중

신장질환

출혈성질환

결핵

폐나실린 알러지

뇌혈관질환

만성 신부전(혈액투석)

임신

감염성 심내막염

심장질환

만성간경화

• 유연세 (1004) 님의 Medical Alert 변경 내역

입력시간	작성자	내용
2024.08.29 18:15	오스탬	고혈압(145/95), 항혈전제 복용(아스피린), 당뇨병
2024.06.25 08:59	오스탬	고혈압(145/90), 항혈전제 복용(아스피린), 당뇨병
2023.09.26 08:35	오스탬	고혈압(145/90), 항혈전제 복용, 위장장애

초기화

저장

취소

그림 9. 문진 정보 입력 화면 UI

각 문진 항목마다 진료 시 주의할 사항을 툴팁(Tool-tip) 형태로 제공하여, 의료진이 환자의 특이사항을 그림 10과 같이 즉각적으로 확인할 수 있도록 하였다. 주의사항을 툴팁으로 안내하는 기능은 환자의 상태를 쉽게 파악하고, 진료 시 필요한 주의사항을 명확히 전달함으로써 안전한 진료가 이루어지도록 지원한다.

Medical Alert 입력

• 유연세 (1004) 님의 Medical Alert 정보

작성자 오스템

2
항혈전제 복용

☐
골다공증 약 복용

☐
위장장애

☒
아스피린

아스피린, 클라박스, 와파린 등 항혈전제를 복용하고 계신 경우 지혈에 문제가 있으므로, 발지, 수술 등이 필요한 경우 최소 5일 이상 복용을 중단 하셔야 합니다.

1
고혈압

(mmHg)

식후 2시간 혈당
(mg/dL)

☐
A형
☐
B형
☐
C형

☐
결핵

☐
임신

☐
수유중

☐
페니실린 알러지

☐
감염성 심내막염

☐
신장질환

☐
뇌혈관질환

☐
심장질환

☐
출혈성질환

☐
만성 신부전(혈액투석)

☐
만성간경화

☐
결핵

• 유연세 (1004) 님의 Medical Alert 변경 내역

입력시간	작성자	내용
2024.08.29 18:15	오스템	고혈압(145/95), 항혈전제 복용(아스피린), 당뇨병
2024.06.25 08:59	오스템	고혈압(145/90), 항혈전제 복용(아스피린), 당뇨병
2023.09.26 08:35	오스템	고혈압(145/90), 항혈전제 복용, 위장장애

초기화
저장
취소

그림 10. 항목 별 툴팁 제공

2) 고혈압

가. 진료 접수

그림 11은 PMS 시스템에서 환자 접수 시 혈압 정보를 체계적으로 관리하기 위한 로직을 설명한다. 환자가 접수되면, 먼저 문진 정보를 기반으로 환자의 고혈압 여부를 확인한다. 환자가 고혈압 환자로 확인되면, 시스템은 환자의 기존 혈압 측정 기록 유무를 확인한다. 기존 기록이 있는 경우, 시스템은 기록된 혈압 수치가 정상 범위에 속하는지 평가하다. 혈압이 정상 범위 내에 있다면 접수 절차를 완료한다. 만약, 정상 범위를 벗어나거나 기존 혈압 측정 기록이 없는 경우, 혈압 측정 입력 알림 메시지를 제공하여, 진료 전에 혈압을 측정하도록 유도한다(그림 12).

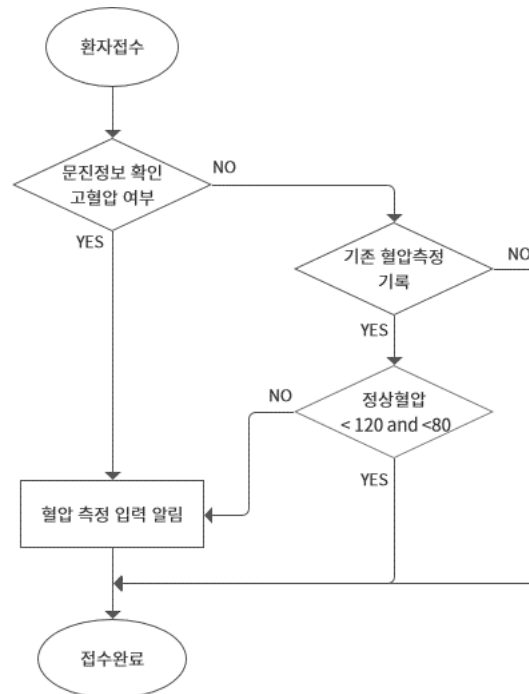


그림 11. 고혈압 환자 진료 접수 로직

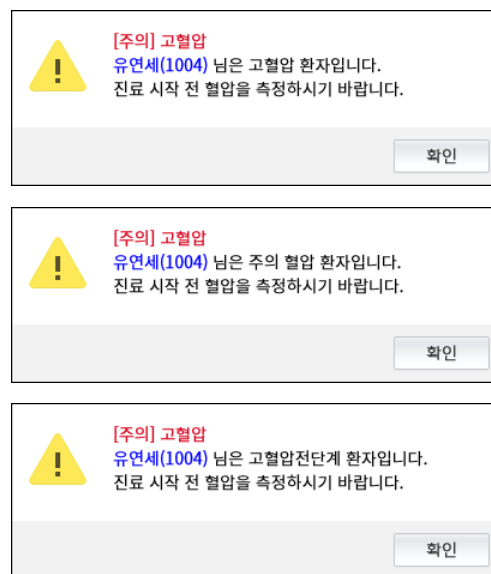


그림 12. 고혈압 주의 메시지

나. 혈압 측정

그림 13은 CDSS가 환자의 수축기와 이완기 혈압 수치가 입력되면 그것을 기초로 환자의 혈압 상태를 평가하는 절차를 설명한다. 환자의 혈압 수치가 수축기 159mmHg 이하이거나 이완기 99mmHg 이하인 경우, 시스템은 이를 정상 또는 경계 범위로 판단, 별도의 알림 없이 혈압 측정 기록을 저장한다(그림 14). 이는 환자가 정상적인 혈압 상태에 있으므로 추가적인 조치가 필요 없음을 의미한다.

환자의 혈압 수치가 수축기 160~179mmHg 또는 이완기 100~109mmHg 사이에 있는 경우, 시스템은 이를 ‘고혈압 2기’로 판단하고 주의 알림을 표시한다. 이 알림은 의료진이 환자의 혈압에 특별한 주의가 필요하다는 것을 알리는 것이다. 의료진이 이 알림을 확인하면, 치료 중 환자의 혈압 상태에 주의를 기울여야 함을 의미한다(그림 15).

만약 혈압 수치가 수축기 180mmHg 이상이거나 이완기 110mmHg 이상이라면 CDSS는 이를 ‘고혈압 위기’ 평가하며, 적절한 의료 조치가 필요하다는 경고 메시지를 띄운다. 이때의 알림 화면의 배경색은 빨간색으로써 상황의 긴급성을 시각적으로 강조한다.

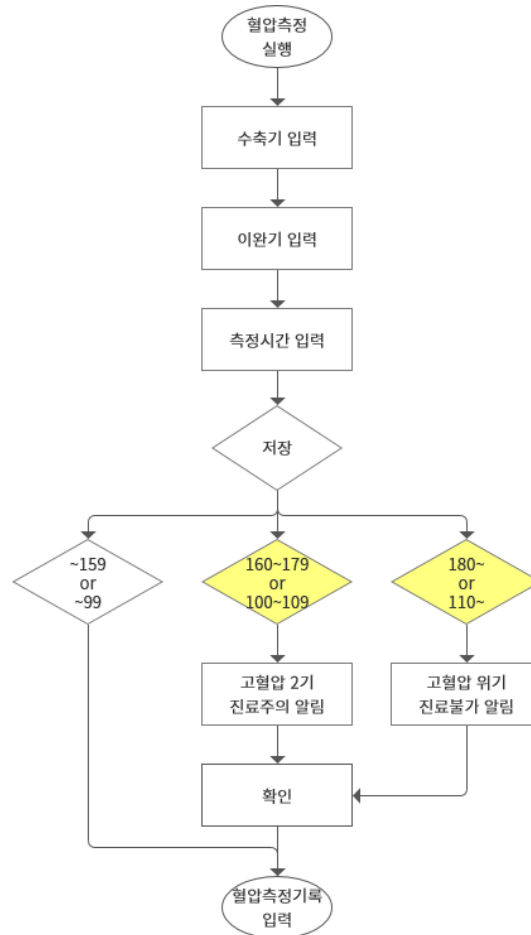


그림 13. 혈압 평가로직

혈압 측정값 입력

X

	1	2	3
	4	5	6
	7	8	9
	0		Clear

수축기

123

mmHg

이완기

78

mmHg

측정시간

16 : 40

▲ ▼

고혈압 진단기준

혈압분류	수축기(mmHg)	이완기(mmHg)
정상혈압	<120	그리고 <80
주의혈압	120 ~ 129	그리고 <80
고혈압전단계	130 ~ 139	또는 80 ~ 89
고혈압 1기	140 ~ 159	또는 90 ~ 99
고혈압 2기	≥160	또는 ≥100
수축기 단독 고혈압	≥140	그리고 <90

새로입력

추가입력


저장

닫기

유연세님(54.03.09) 혈압 측정기록

입력날짜	측정시간	수축기	이완기
2023.08.18	10 : 50	163	107
2023.08.18	10 : 40	173	102
2023.07.15	14 : 10	158	92
2023.06.18	14 : 00	139	80

그림 14. 혈압 측정 GUI



[주의] 2기 고혈압 (160/100 mmHg 이상)
유연세(1004)님은 **고혈압 2기** 단계입니다.
 치과치술 중 혈압을 모니터링 하시기 바랍니다.

그림 15. 고혈압 위기 주의 메시지

다. 다음 예약 등록

고혈압 환자의 경우, 아스피린과 같은 항혈전제를 복용하는 경우가 많아, 출혈이 예상되는 치과치료 시 약물 복용 중단이 필요하다. 따라서 시스템은 고혈압 환자로 분류된 환자가 출혈이 예상되는 진료를 예약할 때, 문진표에 등록된 약 복용 정보를 자동으로 확인하고, 항혈전제 복용 중단 시기를 고려하여 적절한 예약 일정을 제안한다(그림 16).

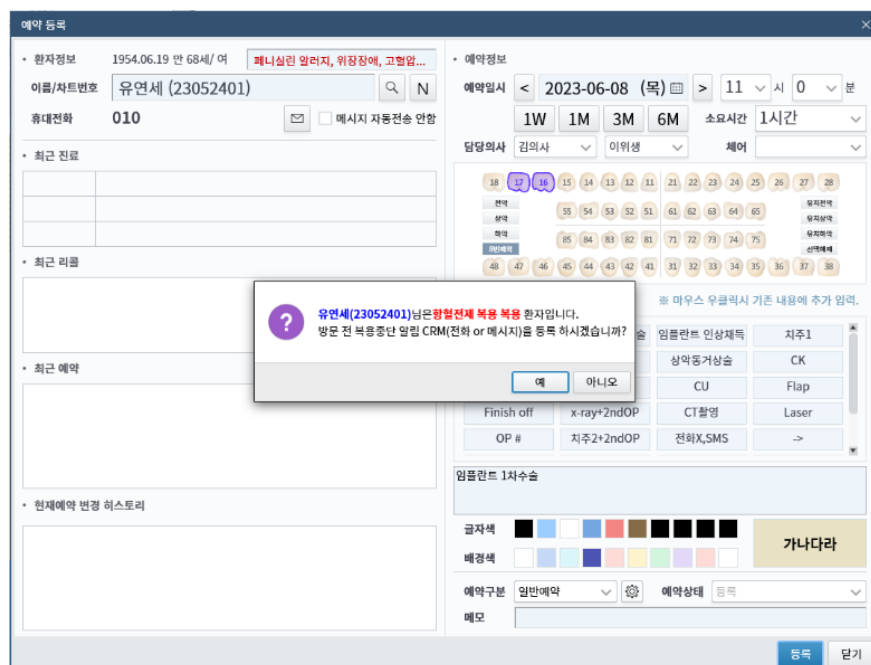


그림 16. 고혈압 환자 다음 예약 GUI

3) 당뇨병

가. 진료접수

환자가 접수되면 문진 정보를 기반으로 환자의 당뇨병 여부를 확인한다. 환자가 당뇨병 환자로 확인되면, 시스템은 환자의 기존 혈당 측정 기록 유무를 확인한다. 기존 기록이 있는 경우, 시스템은 기록된 혈당 수치가 정상 범위 내에 있는지를

평가한다. 혈당 수치가 정상 범위 내에 있다면 접수 절차를 완료한다(그림 17). 만약, 혈당 수치가 정상 범위를 벗어나거나 기존 혈당 측정 기록이 없는 경우, 시스템은 혈당 측정 알림 메시지를 제공하여 진료 전에 혈당을 측정하도록 유도한다(그림 18).

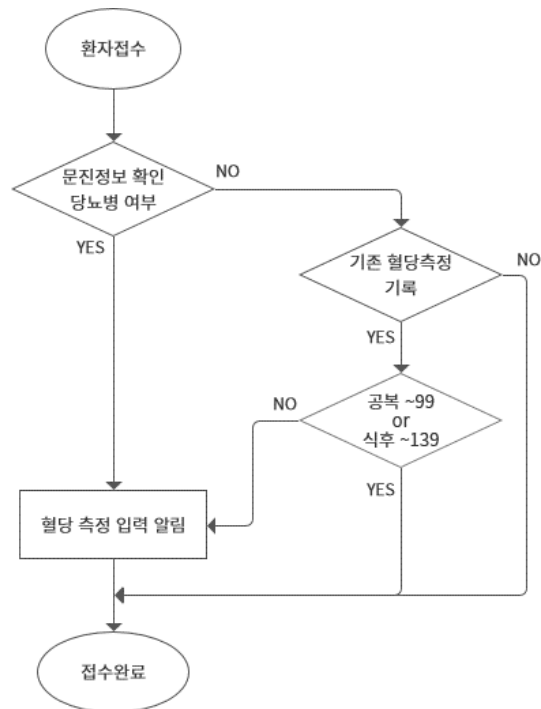


그림 17. 당뇨병 환자 진료접수 로직

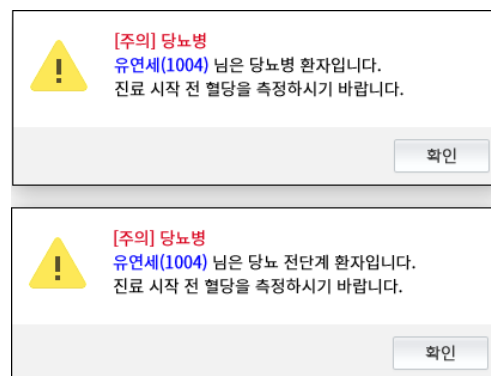


그림 18. 당뇨병 주의 메시지

나. 혈당 측정

그림 19는 환자의 혈당을 측정하고 CDSS의 평가에 따른 알림을 제공하는 로직을 보여준다. 환자가 접수되면 혈당 측정값과 측정시간을 입력 받는다. 그리고 공복 상태 여부를 선택할 수 있는 옵션을 제공하여 혈당 측정의 추가 정보를 받는다. 환자가 입력한 정보를 시스템에 입력 후 시스템은 입력된 혈당 수치를 기초로 환자의 상태를 평가한다.

혈당 수치가 공복 125mg/dL 이하 이거나 식후 199mg/dL 이하인 경우, 시스템은 이를 정상 또는 경계 범위로 분류한다. 이 경우 별도의 경고 메시지 없이 환자의 진료 절차를 계속 진행한다(그림 20). 그러나, 혈당 수치가 공복 126~199 mg/dL 또는 식후 200~249mg/dL 사이라면, 시스템은 이를 ‘당뇨병 진료주의’로 판단하고 의료진과 환자에게 경고 메시지를 표시한다. 이 메시지는 환자의 당뇨병에 주의를 기울여야 함을 강조한다. 만일, 혈당 수치가 공복 200mg/dL 이상이거나 식후 250mg/dL를 넘는다면, 시스템은 이를 ‘고혈당 경고’ 상황으로 인식한다. 이 때 시스템은 빠른 조치가 필요함을 강조하는 경고 메시지를 띄운다. 치과치료와 같은 침습적 시술을 수행할 때는 고혈당 상태가 유지되는 경우 환자가 감염이나 치유 지연 등의 합병증을 겪을 위험이 크다. 따라서 경고 메시지의 배경색은 빨간색으로 표시하여 시각적으로도 위험성을 경고한다(그림 21).

시스템은 혈당 측정 기록을 데이터베이스에 저장한다. 이 기록은 환자의 상태를 장기적으로 모니터링 하는 데 중요하며 이후 진료 계획을 수립하는 데 도움이 된다.

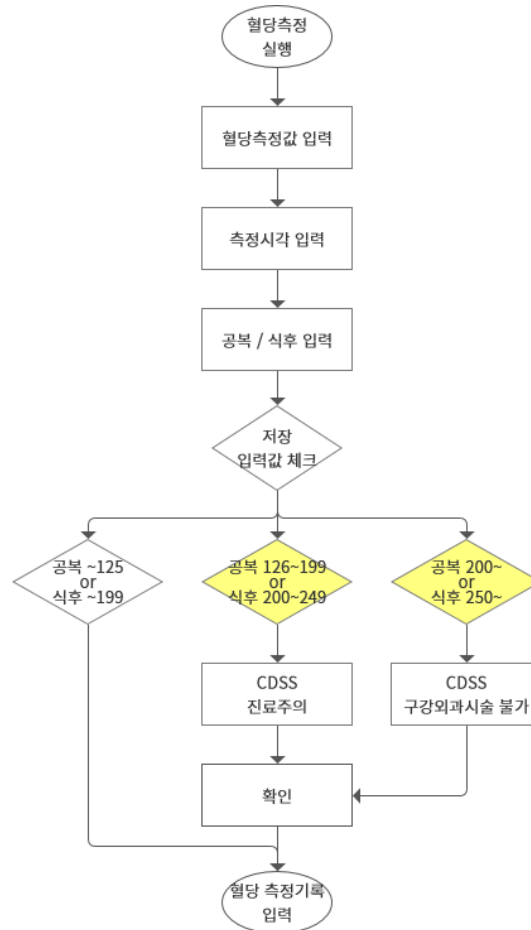


그림 19. 혈당 평가로직

그림 20. 혈당 측정값 입력 GUI

[주의] 당뇨병 (공복 126 / 식후 200 mg/dL 이상)
유연세(1004)님은 당뇨병 환자입니다.
 치과치료 시 감염과 치유 지연의 문제점에 주의하시기 바랍니다.

확인

그림 21. 고혈당 주의 메시지

다. 다음 예약 등록

CDSS는 당뇨병 환자가 진료 예약 시, 혹시 모를 저혈당 상황을 방지하고 안전한 치료를 제공하기 위해 중요한 알림을 제공한다. 당뇨병 환자는 치료 중 저혈당 위험이 있으므로 식사 후 혈당이 안정된 상태에서 진료를 받는 것이 중요하다.

만약 당뇨병 환자가 진료 예약을 하면 시스템은 알림 메시지를 통해 예약 당일 아침 식사 후 오전에 치료받을 것을 권장한다. 이 알림 메시지는 “저혈당을 방지하기 위해 치료 당일 아침 식사 후 오전에 치료받는 것이 좋습니다.” 라는 구체적인 권고를 하여 환자와 의료진이 안전한 진료 계획을 세울 수 있도록 한다(그림 22). 저혈당 주의 알림은 환자의 저혈당 발생 상황을 방지하기 위한 중요한 지침이다. 이러한 알림으로 의료진은 환자의 안전을 최대한 고려하여 진료 일정을 세울 수 있다.

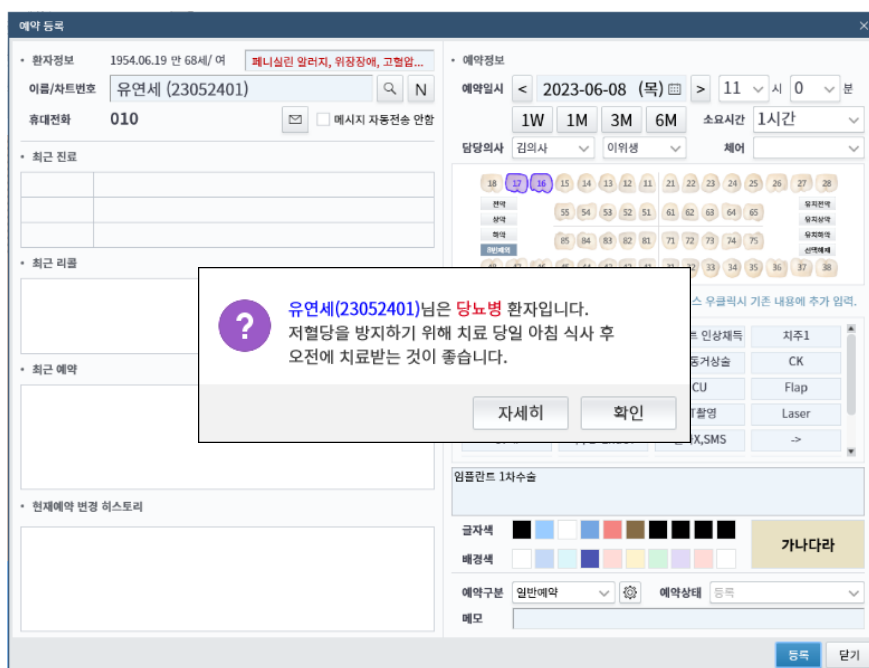


그림 22. 당뇨병 환자 다음 예약 GUI

4) 골다공증

CDSS는 골다공증 환자가 치과치료를 받을 때 환자의 안전을 고려할 수 있도록 알림을 통해 도와준다. 아직 골다공증 약물의 휴지기에 대한 논란이 계속되고

있으므로 시스템은 환자 접수 시 이에 대한 주의 알람을 제공하도록 설계되었다(그림 23). 골다공증 환자가 접수되면 시스템은 문진 정보를 바탕으로 골다공증 여부를 확인한다. 골다공증 환자로 확인되면, 환자가 약물이나 주사제를 통해 치료 중인지를 추가로 확인한다. 환자가 주사제 치료 중이면 약제 중단 여부를 검토하여 악골괴사 위험을 평가한다. 만약 주사제 치료가 계속되거나 휴지기가 적절히 관리되지 않았다고 평가되면 시스템은 환자와 의료진에게 악골괴사 위험을 경고하는 알람을 제공한다. 만약 환자의 약물 복용 기간이 4년 이상 지속되었다면 악골괴사 위험이 증가하여 유의해야 하므로 시스템은 이에 관한 알람을 표시한다(그림 24). 모든 알람은 시각적으로 명확하게 표시하여 환자의 안전에 관한 사항을 의료진이 충분히 인지할 수 있도록 하여, 침습적 시술 후 발생할 수 있는 악골괴사 위험을 최소화 할 수 있도록 도움을 준다.

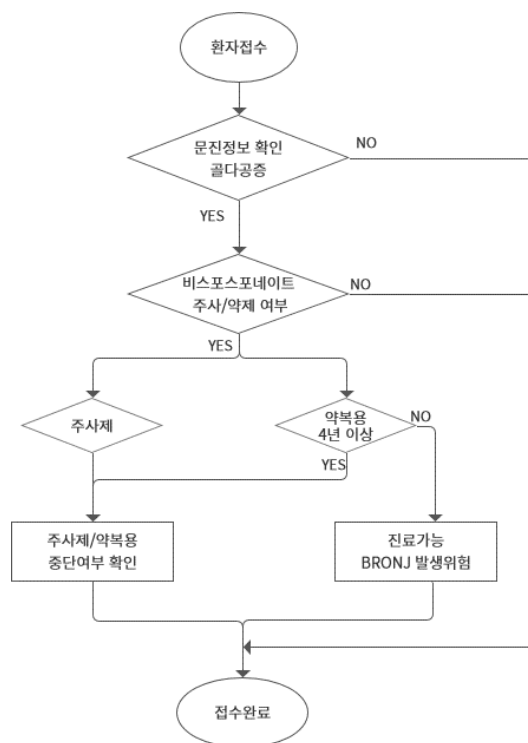


그림 23. 골다공증 환자 진료접수 로직

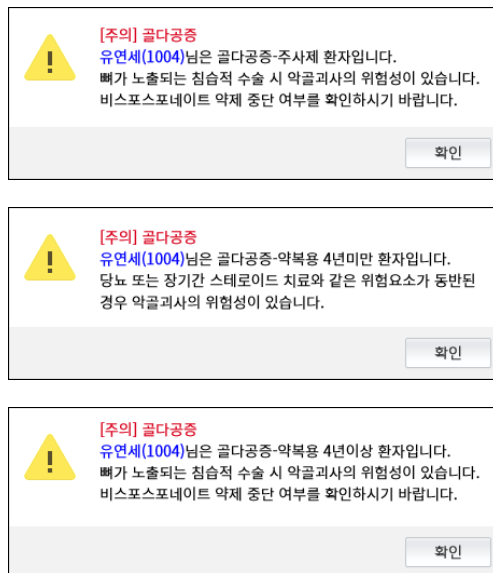


그림 24. 고칼륨혈증 주의 메시지

4.8. 의사결정지원시스템(CDSS) 성능 평가

본 연구에서 개발된 CDSS의 성능은 시스템 품질 평가와 사용성 평가로 구분하여 진행하였고 이를 시스템의 종합 성능 결과로 판단하였다.

4.8.1 시스템 품질 평가(System Quality Assessment)

시스템 품질 평가는 CDSS로서 요구되는 기능과 실행 성능의 측면으로 평가하였다.

1) 기능 요구사항(Functional Requirements)

CDSS의 기능적 요구사항을 정의하기 위해 시스템이 수행해야 할 구체적인 기능과 동작을 기술해야 한다. 기능과 동작은 다음 핵심 기능을 정의함으로써 세부적으로 도출될 수 있다.

● 핵심기능 정의 #1: 지식 자료의 관리

의학지식, 가이드라인 등의 정보를 저장하고 업데이트 및 수정하는 기능과 이를 위한 사용자 인터페이스를 제공한다.

단위 기능: [문진정보 입력], [자료 저장], [자료 조회], [사용자 인터페이스]

● 핵심기능 정의 #2: 환자 데이터베이스 통합

환자의 건강 정보, 검사 결과, 사용 약물 정보 등을 수집하는 기능을 제공한다.

단위 기능: [환자정보 분석], [검사결과 분석], [약물정보 분석], [PMS 연동]

● 핵심기능 정의 #3: 의사결정 지원 알고리즘

환자 데이터와 지식 자료를 분석하여 의사결정 규칙 및 알고리즘에 의한 평가 및 권장사항을 도출하는 기능을 제공한다.

단위 기능: [질환상태 평가], [혈압수치 평가], [고혈압 지침 제시], [혈당수치 평가], [당뇨병 지침 제시], [콜다공증 평가], [콜다공증 지침 제시], [악골괴사 평가], [악골괴사 지침 제시]

● 핵심기능 정의 #4: 알림 및 경고 시스템

약물의 상호작용, 알레르기, 중복 처방 등 평가 결과에 의한 경고와 중요 검사 결과 혹은 임상 지표에 대한 알림 기능을 제공한다.

단위 기능: [경고 메시지 알림], [사용자 인터페이스]

본 연구의 초반에서 언급한 서론과 이론적 배경을 통해 CDSS의 필요성과 목표를 설정하였으며, 그것에 기초하여 CDSS의 핵심 기능을 정의할 수 있었다. 상기 CDSS의 핵심 기능 정의와 그로부터 추출된 단위 기능에 따라 주요 기능요구사항 항목들이 도출되었으며 이는 표 6과 같다. 도출된 기능들은 본 연구개발 과정에서 모두 구현되었으며, 각 기능의 기본 구현과 동작은 개발에 참여한 개발자와 기획자가

모든 동작을 최종적으로 확인하였다. 기능요구사항과 그에 따른 단위 기능간의 관계는 표 6과 같다.

표 6. 기능요구사항과 단위 기능의 관계

기능요구사항	단위 기능
문진을 통해 다양한 전신질환에 대한 정보를 입력할 수 있어야 한다.	[문진정보 입력] [사용자 인터페이스]
입력된 문진 정보가 정확하게 저장되어야 한다.	[자료 저장] [사용자 인터페이스]
입력된 문진 정보를 통합 관리하고 조회할 수 있어야 한다.	[문진정보 기록 관리] [자료 조회] [사용자 인터페이스]
환자가 접수될 때, 고혈압, 당뇨, 골다공증 여부를 자동으로 확인해야 한다.	[환자정보 분석] [질환상태 평가] [자료 조회] [사용자 인터페이스]
접수 시 각 질환의 상태와 관련된 경고 메시지를 자동으로 제공해야 한다.	[질환상태 평가] [경고 메시지 알림] [사용자 인터페이스]
접수 시 진료에 필요한 전신질환 관련 지침을 제공해야 한다.	[질환상태 평가] [고혈압지침 제시] [경고 메시지 알림] [사용자 인터페이스]
시스템은 고혈압 환자의 혈압 수치를 기록하고 관리해야 한다.	[혈압수치 평가] [자료 저장]
고혈압 수치가 위험 수준일 때 경고 메시지를 제공해야 한다.	[혈압수치 평가] [고혈압지침 제시] [경고 메시지 알림] [사용자 인터페이스]
고혈압 관리에 필요한 지침(예: 약물 복용 중단 시기)을 제공해야 한다.	[고혈압지침 제시] [사용자 인터페이스]
시스템은 당뇨병 환자의 혈당 수치를 기록하고 관리해야 한다.	[문진정보 기록 관리] [혈당수치 평가] [자료 저장] [사용자 인터페이스]
저혈당 및 고혈당 상황에서 적절한 경고를 제공해야 한다.	[혈당수치 평가] [경고 메시지 알림] [사용자 인터페이스]
치료 중 저혈당을 예방하기 위해 식사 후 치료시간 권고 등의 지침을 제공해야 한다.	[혈당수치 평가] [경고 메시지 알림] [사용자 인터페이스]

표 7. 기능요구사항 평가표

No.	Performance	Pass/Fail
1	문진을 통해 다양한 전신질환에 대한 정보를 입력할 수 있어야 한다.	Pass
2	입력된 문진 정보가 정확하게 저장되어야 한다.	Pass
3	입력된 문진 정보를 통합 관리하고 조회할 수 있어야 한다.	Pass
4	환자가 접수될 때, 고혈압, 당뇨, 골다공증 여부를 자동으로 확인해야 한다.	Pass
5	접수 시 각 질환의 상태와 관련된 경고 메시지를 자동으로 제공해야 한다.	Pass
6	접수 시 진료에 필요한 전신질환 관련 지침을 제공해야 한다.	Pass
7	시스템은 고혈압 환자의 혈압 수치를 실시간으로 모니터링 하고 기록해야 한다.	Pass
8	고혈압 수치가 위험 수준일 때 경고 메시지를 제공해야 한다.	Pass
9	고혈압 관리에 필요한 지침(예: 약물 복용 중단 시기)을 제공 해야 한다.	Pass
10	시스템은 당뇨병 환자의 혈당 수치를 기록하고 관리해야 한다.	Pass
11	저혈당 및 고혈당 상황에서 적절한 경고를 제공해야 한다.	Pass
12	치료 중 저혈당 예방을 위해 식사 후 치료시간 권고 등의 지침을 제공해야 한다.	Pass
13	골다공증 약물 복용 여부를 확인하고 기록해야 한다.	Pass
14	침습적 시술 시 악골괴사 위험을 평가하고 경고를 제공해야 한다.	Pass
15	PMS와 연동되어야 한다.	Pass

2) 실행 성능(Performance)

CDSS의 시스템 품질 평가를 수행하기 위해 소프트웨어 실행 성능을 측정하며, 평가 지표로써 반응속도를 확인한다. 소프트웨어의 반응속도를 측정하는 기준은 일반적으로 응답 시간(Response Time), 처리 시간(Processing Time), 대기 시간(Wait Time), 트랜잭션 시간(Transaction Time), 지연 시간(Latency), 반응성(Responsiveness)으로 구분한다. 이들 중 반응성이 사용자 경험에 주된 영향을

주지만, 반응성의 기저에는 응답 시간이 깔려있으므로, 본 연구에서는 둘을 통합하여 좀더 보편적인 용어인 응답 시간으로 부르고 이를 측정 기준으로 삼는다.

소프트웨어의 응답 시간은 사용자가 요청(입력)을 보낸 시점부터 시스템이 응답을 반환하는 시점까지의 시간이며, 반응성을 통합하기로 하였으므로 시스템의 응답이 사용자의 화면상에 UI의 형태로 표시가 완료되는 시점까지의 시간을 더한다. 측정 시간은 초 단위이며, 초 단위는 스톱워치를 활용하여 측정한다. 측정 시간은 LCP(Largest Contentful Paint) 지표를 기준을 사용한다. LCP는 웹 성능 최적화 및 사용자 경험 개선을 위한 지표이며, 웹 페이지가 사용자에게 얼마나 빠르고 효율적으로 보여지는지 평가하는데 사용된다. 이는 Google이 제안하였으며 W3C(월드 와이드 웹 컨소시엄)와 협력하여 개발된 표준화된 지표이다. 해당 지표의 기준으로 LCP 시간이 2.5초 이하이면 Good, 2.5초 초과 4초 미만은 Needs Improvement, 4초 이상이면 Poor로 평가된다. LCP의 측정 기준은 표시 화면(페이지)에서 가장 큰 요소가 처음 화면에 렌더링(표시)된 시간이다.

비록 본 연구의 CDSS가 웹 기반 소프트웨어는 아니지만, CDSS의 알림창이 가장 큰 표시 요소라고 볼 수 있으며, 따라서 알림창이 표시되는 시점까지의 시간을 측정하고 LCP 지표의 기준으로 2.5초 이하를 만족하는지를 평가한다.

실행성능의 평가는 표 8과 같이 기능별 성능 기준표를 참고하며, 실행 성능 평가표를 사용하였다.

표 8. CDSS 기능별 실행 성능 평가표

No.	Performance	1	2	3	4	5
1	환자 접수 시 문진 정보가 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
2	환자 접수 시 전신질환 알림이 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
3	혈압 측정 시 수축기/이완기 혈압 정보가 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
4	고혈압 경고 메시지가 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
5	당뇨 측정 시 혈당 수치가 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
6	당뇨 경고 메시지가 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
7	골다공증 환자 정보가 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
8	골다공증 경고 메시지가 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
9	약물 복용 중단 알림이 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					
10	예약 등록 시 정보가 지정된 시간 안에 표시되고 저장되어야 한다.					
11	예약 등록 후 확인 알림이 지정된 시간 안에 표시되어야 한다.					

* 숫자는 초를 의미. 낮을수록 빠름

본 연구에서 구현하는 CDSS의 실행성능은 1초대로 측정되었으며, 상기 LCP 지표의 기준으로 2.5초 이하를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 단, 본 CDSS가 융합되는 PMS의 시스템요구사항 기준이며, 권장사양은 다음과 같다.

- CPU: i3 9세대 이상
- RAM: 16GB 이상
- HDD: SSD 256GB 이상
- OS: Windows 10 이상

4.8.2 사용성 평가(Usability Evaluation)

사용성 평가는 상기 연구방법에서 소개한 사후 시스템 유용성 설문(Poststudy System Usability Questionnaire – PSSUQ) 방법을 사용하였다.

PSSUQ는 16가지의 질문으로 구성되며, 크게 3가지 하위영역(subdomains)으로 구성된다.

1) 시스템 유용성(System Usefulness)

시스템 유용성 도메인은 1에서 6번의 질문이며, 시스템의 효과와 효율성에 대한 사용자의 인식을 평가한다.

2) 정보 품질(Information Quality)

정보 품질 도메인은 7에서 12번의 질문이며, 시스템이 제공하는 정보의 품질과 접근성에 중점을 두며, 정보의 명확성, 오류 메시지, 문서의 유용성으로 평가될 수 있다.

3) 인터페이스 품질(Interface Quality)

인터페이스 품질 도메인은 13번에서 16번까지의 질문이며, 시각적인 아름다움, 레이아웃의 구성, 인터페이스 만족도 즉, 시스템 인터페이스의 미적, 기능적 측면을 평가한다.

표 9. 사후 시스템 유용성 설문 (PSSUQ)

PSSUQ Questionnaire

이 설문지는 치과에서 고혈압과 당뇨병 환자 관리를 위해 개발된 기능의 사용성을 평가하기 위해 만들어졌습니다.
각 항목에 대해 환자 관리 화면의 사용 경험을 기반으로 가장 적합한 답변을 선택해 주세요.
각 항목 옆의 척도에서 가장 적합한 숫자를 선택해 주세요.

성명 :		매우 동의					매우 동의하지 않음	
No.	질문	1	2	3	4	5	6	7
1	전반적으로, 이 기능을 사용하기 쉬웠다고 생각합니다.							
2	이 기능을 사용하는 것은 간단했습니다.							
3	이 기능을 사용하여 고혈압, 당뇨병 환자 관리 업무를 빠르게 할 수 있습니다.							
4	이 시스템 사용이 편하다고 생각합니다.							
5	이 시스템의 사용법을 배우는 것은 쉬웠습니다.							
6	이 시스템을 사용하면 고혈압, 당뇨병 환자 관리업무를 잘 할 수 있다고 생각합니다.							
7	이 시스템은 문제를 해결하는 방법을 명확하게 알려주는 오류 메시지를 제공했습니다.							
8	시스템을 사용하면서 실수를 했을 때마다 쉽고 빠르게 해결할 수 있었습니다.							
9	이 시스템과 함께 제공되는 정보는 명확했습니다.							
10	나에게 필요한 정보를 쉽게 찾을 수 있었습니다.							
11	이 정보는 치과에서 고혈압, 당뇨 환자를 관리하는데 도움이 되었습니다.							
12	시스템 화면에 정보 구성은 명확했습니다.							
13	이 시스템의 인터페이스는 흥미로웠습니다.							
14	이 시스템의 인터페이스를 쓰는 것이 좋다고 생각합니다..							
15	이 시스템은 내가 기대한 기능들을 다 갖추고 있다고 생각합니다.							
16	전반적으로 나는 이 시스템에 대해 만족합니다.							

* 점수가 낮을수록 질의에 동의

4.8.3. 설문지의 배포 및 수집

본 연구에서 개발된 CDSS 프로그램을 사용한 치과의를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 총 20명의 치과 의사 및 치과위생사를 대상으로 소프트웨어를 배포 및 평가 요청하였고, 설문지는 PSSUQ 양식을 출력하여 직접 지류 기입을 하여 회수하였다. 수집된 원본 데이터는 표 10과 같다.

표 10. 수집된 PSSUQ 데이터

이름	직종	성별	연령대	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
P1	치과의사	남	30	3	3	3	4	2	4	2	3	3	4	5	3	3	3	3	4
P2	치과의사	남	50	1	1	2	2	1	1	1	4	3	3	2	2	1	1	2	2
P3	치과위생사	여	30	2	3	3	5	2	5	3	4	3	3	4	2	2	2	3	3
P4	치과의사	남	50	2	2	1	2	2	1	3	3	2	2	1	3	2	1	3	1
P5	치과위생사	여	30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P6	치과의사	남	50	2	2	3	1	1	4	2	3	4	3	4	2	1	3	4	3
P7	치과위생사	남	40	2	4	3	2	1	1	1	5	2	2	1	1	1	2	2	1
P8	치과위생사	여	30	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2
P9	치과의사	여	40	4	4	4	4	2	3	2	4	1	3	3	4	1	3	3	4
P10	치과위생사	여	30	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
P11	치과위생사	여	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P12	치과의사	여	50	3	1	3	3	1	3	2	2	2	1	2	3	4	2	1	1
P13	치과위생사	여	30	2	3	3	3	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	2	1
P14	치과의사	남	40	3	3	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P15	치과의사	남	50	2	3	3	3	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1	3	1
P16	치과위생사	여	30	4	2	3	4	2	2	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3
P17	치과위생사	여	30	3	4	2	2	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	2	1
P18	치과의사	남	40	4	2	2	4	3	2	2	1	3	2	2	1	3	3	2	3
P19	치과의사	남	30	2	1	3	2	2	3	2	3	3	2	2	2	3	3	2	1
P20	치과위생사	남	30	1	1	1	1	1	1	2	1	1	4	5	4	4	3	3	1

4.8.4. PSSUQ 분석

본 연구에 참여한 구성원은 치과 의사 및 치과 위생사, 남성 10명, 여성 10명이며, 30대에서 50대까지 연령 분포로 이루어졌다. 해당 구성원은 각자 여기서 제안한 CDSS 프로그램을 하루 동안 직접 사용한 후 설문조사에 응하였다.

설문조사에 참여한 20인의 데이터를 시스템 유용성, 정보 품질, 인터페이스 품질로 나누어 평균점수를 구하였다. 전체적인 설문 응답의 윤곽을 보기 위해 각 설문 별 정규분포도를 그렸다. 그림 25를 통해 설문 별로 응답의 분포를 직관적으로 확인할 수 있다. 결과적으로 총 16개의 설문들 대다수가 설문에 동의하는 방향인 좌측(점수가 낮은 쪽)으로 포진되어 있는 것을 볼 때 CDSS에 대한 전체적인 응답이 긍정적임을 알 수 있다.

Normal Distribution of PSSUQ Responses (Cronbach's Alpha: 0.88)

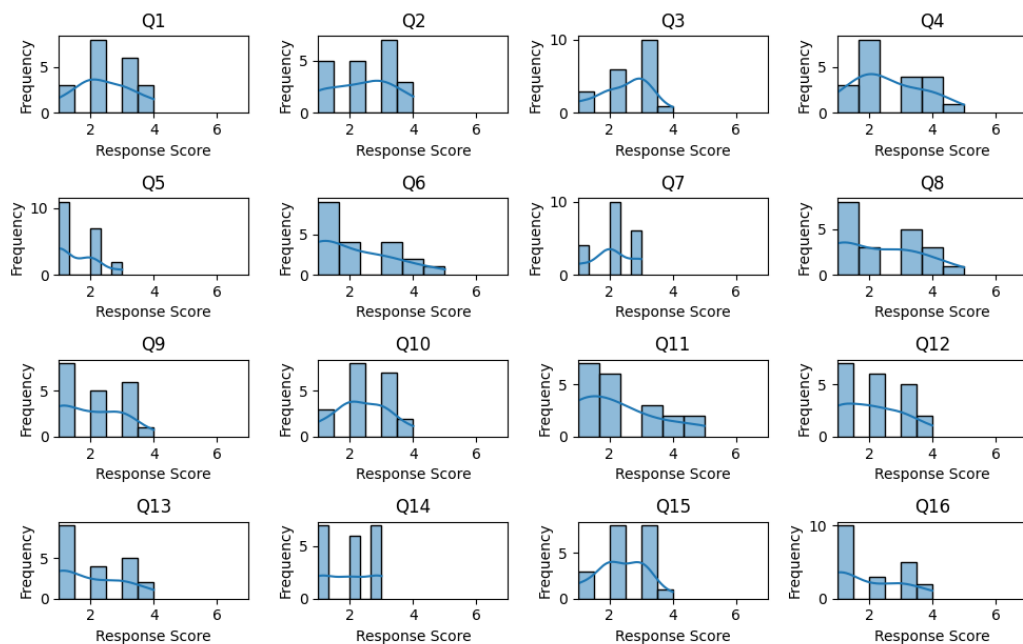


그림 25. PSSUQ 설문별 정규분포도

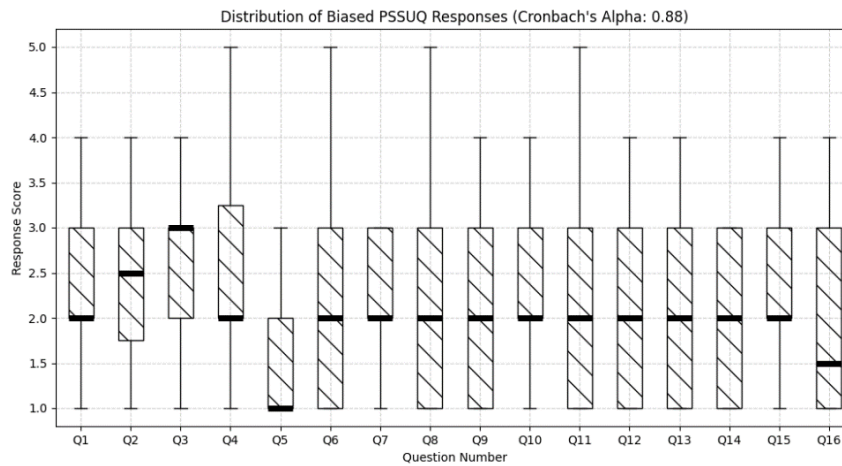


그림 26. PSSUQ 편향 분포 Box plot

PSSUQ의 설문(Q1~Q16)에 대한 응답자들의 점수 분포도를 박스플롯으로 도식하였다(그림 26). 크론바흐 알파 값이 0.88이므로 본 연구의 설문이 일관되고 높은 신뢰성을 가지고 있음을 나타낸다.

Cronbach's alpha

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{y_i}^2}{\sigma_x^2} \right)$$

α : 크론바흐 알파 값

k : 항목의 개수

$\sigma_{y_i}^2$: 각 항목의 분산

σ_x^2 : 모든 항목 총합의 분산

α 값의 해석

- 0.9 이상: 매우 높은 일관성을 나타낸다.
- 0.8 이상: 일관성이 있다.
- 0.7 이상: 어느 정도 일관성이 있다.
- 0.6 이하: 일관성이 없다.

Box plot 범례

Blue Box: 데이터 분포의 50% 범위

Brown Line(Median Line): 데이터 분포의 중앙값(제2사분위수)

Vertical Line(Whiskers): 최소, 최대 값(1.5배 사분위수 안에서)

Circle (Outliers): 이상치(1.5배 사분위수 범위를 벗어난 값)

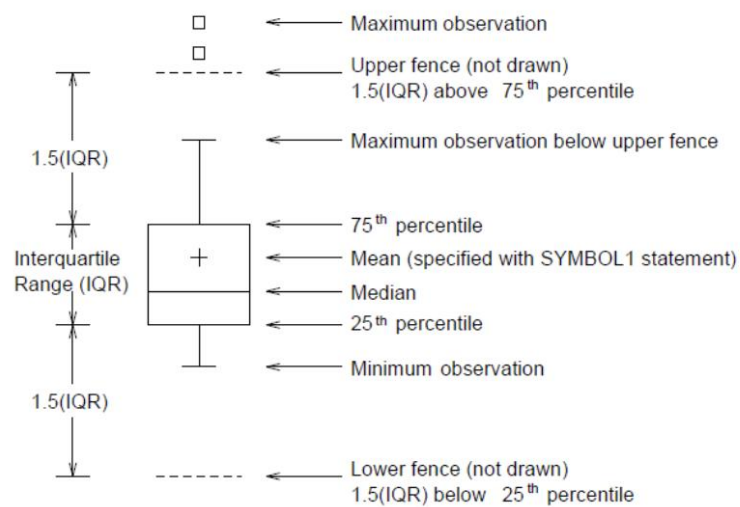


그림 27. 박스플롯의 구성요소

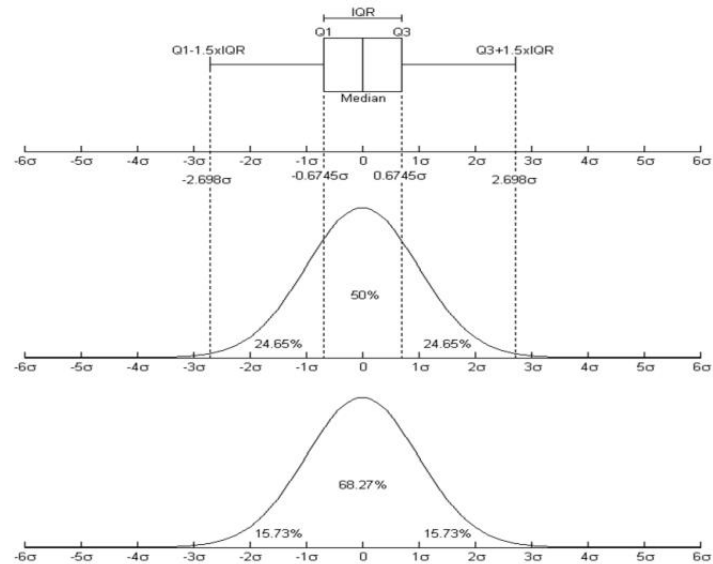


그림 28. 박스플롯과 정규분포의 관계

* IQR : Interquartile Range (사분위수 범위)

* 1.5배 IQR의 범위를 모두 합치면 99.3%로 정규분포의 3표준편차인 99.7%와 유사

4.8.5. 데이터의 해석

1) 설문 항목별 응답 평가

사후 사용성 평가는 총 16항목의 설문으로 구성되어 있으며 각 항목들은 3가지의 하위 항목, 시스템 유용성(System Usefulness), 정보 품질(Information Quality), 인터페이스 품질(Interface Quality)로 구별된다.

설문의 점수는 최고 1점에서 최저 7점으로 표현되고 4점이 중앙값이다. 설문의 점수는 낮을수록 설문에 동의한다는 뜻이다. 다음 표의 점수 분포를 보면 대부분 3점 이하에 평가점수가 포진한 것을 알 수 있다. 50%의 데이터 분포를 나타내는 Box의 위치가 4점 밑에 존재한다는 것은 50%의 응답자가 대체로 동의하는 것을 의미한다. 또한, 각 Box의 수염(Whisker)이 Q4, Q6, Q8, Q11을 제외하고 모두 4점 이하로

측정되었으므로, 이는 대부분의 설문에 대해서 대다수의 응답자가 중립 혹은 대체로 동의함으로 평가했음을 알 수 있다.

상기의 테이터의 그림 25의 그림을 다음 표 11과 같이 구성하고 개별 응답을 평가해 보았다. 분포도가 3점 이하고 중앙값이 2점 이하일 때 대다수라고 표현하였으며, 분포도가 3점 이하이나 중앙값이 2.5점 이상이면 다수라고 표현하였다.

표 11. 개별 설문응답 평가

번호	설문	중앙 값	분포	최대 값	응답평가
Q1	전반적으로, 이 기능을 사용하기 쉬웠다고 생각합니다.	2.0	2.0~3.0	4.0	대다수의 응답자가 시스템 사용이 비교적 쉬웠다고 평가.
Q2	이 기능을 사용하는 것은 간단했습니다.	2.5	1.8~3.0	4.0	다수의 응답자가 시스템 사용이 단순하다고 평가.
Q3	이 기능을 사용하여 고혈압, 당뇨 환자 관리를 빠르게 할 수 있습니다.	3.0	2.0~3.0	4.0	다수의 응답자가 시스템을 사용하여 작업을 빠르게 완료할 수 있었다고 평가.
Q4	이 시스템 사용이 편하다고 생각합니다.	2.0	2.0~3.3	5.0	대다수의 응답자가 시스템 사용 중 편안함을 느꼈다고 평가함. 일부는 조금 불만족함.
Q5	이 시스템의 사용법을 배우는 것은 쉬웠습니다.	1.0	1.0~2.0	3.0	대다수의 응답자가 시스템 사용법을 배우는 것이 쉽다고 평가.
Q6	이 시스템을 사용하면 고혈압, 당뇨 환자 관리 업무가 빠르고 생산적으로 진행될 수 있다고 생각합니다.	2.0	1.0~3.0	5.0	대다수의 응답자가 시스템을 통해 빠르게 생산성을 높일 수 있었다고 평가함. 일부는 조금 불만족함.
Q7	이 시스템은 문제를 해결하는 방법을 명확하게 알려주는 오류 메시지를 제공했습니다.	2.0	2.0~3.0	3.0	대다수의 응답자가 시스템의 오류 메시지가 문제 해결에 도움이 되었다고 평가.
Q8	시스템을 사용하면서 실수를 했을때마다 쉽고 빠르게 해결할 수 있었습니다.	2.0	1.0~3.0	5.0	대다수의 응답자가 사용 중 실수를 했을 때 쉽게 회복할 수 있었다고 평가. 일부는 조금 불만족함.
Q9	이 시스템과 함께 제공되는 정보는 명확했습니다.	2.0	1.0~3.0	4.0	대다수의 응답자가 시스템 제공 정보가 명확하다고 평가.
Q10	나에게 필요한 정보를 쉽게 찾을 수 있었습니다.	2.0	2.0~3.0	4.0	대다수의 응답자가 필요한 정보를 쉽게 찾을 수 있었다고 평가.
Q11	이 정보는 치과에서 고혈압, 당뇨 환자를 관리하는데 도움이 되었습니다.	2.0	1.0~3.0	5.0	대다수의 응답자가 제공된 정보가 작업 완료에 효과적 이었다고 평가. 일부는 조금 불만족함.
Q12	시스템 화면에 정보 구성은 명확했습니다.	2.0	1.0~3.0	4.0	대다수의 응답자가 시스템 화면에 정보가 명확하게 정리되어 있다고 평가.
Q13	이 시스템의 인터페이스는 흥미로웠습니다.	2.0	1.0~3.0	4.0	대다수의 응답자가 시스템 인터페이스가 쾌적하다고 평가.
Q14	이 시스템의 인터페이스를 쓰는 것이 좋다고 생각합니다.	2.0	1.0~3.0	3.0	대다수의 응답자가 시스템 인터페이스 사용을 즐겼다고 평가.
Q15	이 시스템은 내가 기대한 기능들을 다 갖추고 있다고 생각됩니다.	2.0	2.0~3.0	4.0	대다수의 응답자가 시스템이 기대하는 모든 기능과 능력을 갖추고 있다고 평가.
Q16	전반적으로 나는 이 시스템에 대해 만족합니다.	1.5	1.0~3.0	4.0	대다수의 응답자가 전반적으로 시스템에 만족한다고 평가.

2) 설문 종합평가

일반적인 사용 용이성을 검증하는 Q1~Q6에서 대체로 3점 이하의 낮은 점수들이 확인되며, 특히 Q5(“이 시스템의 사용법을 배우는 것은 쉬웠습니다.”)의 경우 낮은 점수가 집중되어 있어 사용자들이 CDSS의 사용에 편안함을 느낀 것으로 평가된다.

오류 메시지 및 회복 용이성을 검증하는 Q7, Q8에서 낮은 점수가 보이므로, 사용자들이 CDSS의 오류 메시지를 명확하다고 느끼고, 실수를 해도 쉽게 회복할 수 있다는 것에 동의한 것으로 평가된다. PSSUQ 종합 분포도 그림 25에서는 알 수 없으나, 설문결과를 그룹단위로 분리하였을 때 몇몇 항목에서 이상치가 보여 특정 사용자들이 조금 다른 경험을 했음을 알 수 있었다.

정보의 명확성을 검증하는 Q9, Q10, Q11, Q12에서도 낮은 점수들이 분포되어, 개발된 CDSS가 표시하는 정보가 이해하기 쉽고 업무수행에 도움이 되었다고 평가할 수 있었다.

인터페이스를 검증하는 Q13, Q14의 점수가 3점 이하로 낮고 중앙값도 2점으로 CDSS가 제공하는 UI/UX가 만족스럽다고 느끼는 사용자들이 대다수인 것을 알 수 있었다.

마지막으로, 시스템 기능을 검증하는 Q15, Q16에서도 낮은 점수가 보이며, 특히 Q16에서 중앙값이 1.5점으로 낮아 대다수의 사용자가 CDSS에 대해 전반적으로 만족함을 확인할 수 있었다.

3) 하위 항목별 응답 평가

● System Usefulness(시스템 유용성) Q1-Q6

Q1에서 Q5까지 중앙값이 대체로 2에서 3사이(Q5는 1)에 위치하며, 분포가 상대적으로 좁다. 이는 대체로 시스템 사용성이 좋다는 평가를 나타낸다. 다만, Q6에서 중앙값은 2이나 분포가 상대적으로 넓은 것으로 보아 사용성에 대해 전반적으로 긍정적이나 여러 가지 의견이 있었음을 알 수 있다.

- Information Quality(정보 품질) Q7-Q12

중앙값이 모두 2점이고 분포가 상대적으로 넓다. 이는 정보 품질에 대해 대체로 긍정적인 평가를 하고 있으나, 정보의 명확성이나 유용성에 대해 일부 응답자들이 다른 응답자들과 다르게 평가하고 있음을 나타낸다.

- Interface Quality(인터페이스 품질) Q13-Q16

중앙값이 1.5에서 2.0 사이에 위치하며, Q15를 제외하고 분포가 상대적으로 넓다. 이는 인터페이스 품질에 대해 대체로 긍정적이거나 조금씩 서로 다른 의견이 있었음을 알 수 있다.

전체적으로 분포가 평가 중앙값인 4점 밑으로 존재해 전반적인 평가는 설문에 동의하고 긍정적임을 알 수 있다. 다만, 긍정적인 측면에서 분포가 2점 이상 펼쳐져 있는 것으로 보아, 의견이 강하게 집중되지는 않았다고 볼 수 있는데, 평가에 대한 확신이 부족했던 것으로 이해될 수 있다. 그리고, Q4, Q6, Q8, Q11의 질문에서는 평가 값이 5점 즉, ‘조금 동의하지 않음’이 나타나는데 중앙값과의 편차가 크고 이상치는 아니지만 주류와 동떨어진 평가가 있음을 유의해 볼 필요가 있다. 주류에서 동떨어진 응답을 한 질문 목록은 표 12과 같으며, 각 질문에 답한 평가자와 추가 인터뷰를 통해 해당 평가의 이유를 파악하고 본 연구의 CDSS를 수정하여 불편함이 개선될 수 있도록 할 것이다.

표 12. 주류 응답이 아닌 질의 항목

Q4	이 시스템 사용이 편하다고 생각합니다.
Q6	이 시스템을 사용하면 고혈압, 당뇨 환자 관리업무가 빠르고 생산적으로 진행될 수 있다고 생각합니다.
Q8	시스템을 사용하면서 실수를 했을 때마다 쉽고 빠르게 해결할 수 있었습니다.
Q11	이 정보는 치과에서 고혈압, 당뇨 환자를 관리하는데 도움이 되었습니다.

표 13. 설문조사 결과 하위영역 분석

	SystemUse	InfoQual	IntQual
P1	3.17	3.33	3.25
P2	1.33	2.50	1.50
P3	3.33	3.17	2.50
P4	1.67	2.33	1.75
P5	3.00	3.00	3.00
P6	2.17	3.00	2.75
P7	2.17	2.00	1.50
P8	2.33	2.00	2.25
P9	3.50	2.83	2.75
P10	1.83	1.50	2.00
P11	1.00	1.00	1.00
P12	2.33	2.00	2.00
P13	2.17	1.50	1.25
P14	2.00	1.17	1.00
P15	2.17	1.50	1.50
P16	2.83	2.67	2.50
P17	2.17	1.50	1.25
P18	2.83	1.83	2.75
P19	2.17	2.33	2.25
P20	1.00	2.83	2.75
AVG.	2.26	2.20	2.08

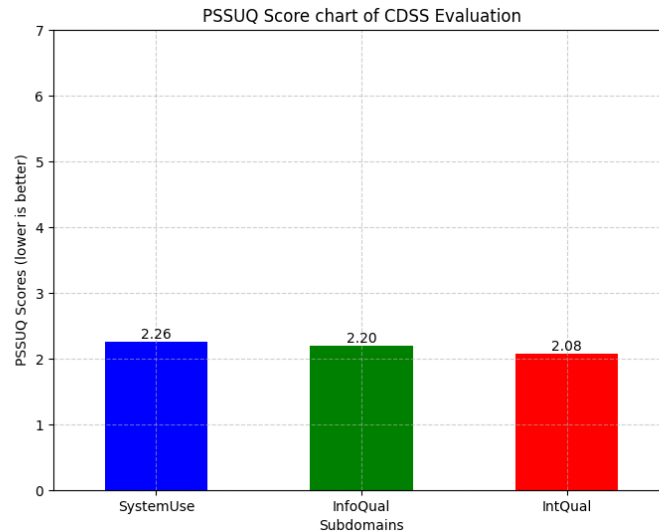


그림 29. 하위영역 평균

표 13의 하위영역 설문자료를 기초로 하위항목 평가로 구분하면, CDSS 프로그램은 시스템 유용성 항목에서 2.26점, 정보 품질은 2.2점, 인터페이스 품질은 2.08점을 받았다. 사용성에 대한 평가는 모든 하위 영역에서 3점 이하의 점수를 획득하여 대체로 사용성에 만족하는 것으로 판단된다(그림 29).

기능 요구사항(Functional Requirements) 및 Performance는 2.03점과 1.90점을 받아, 시스템 품질평가(System Quality Assessment)에서 CDSS로서 요구되는 기능이 만족할 수준임을 검증하였으며, 또한, 해당 기능들이 실행되는 속도 또한, 대체로 만족스러웠음을 알 수 있었다.

4) 그룹별 응답 평가

다음은 설문지 결과를 응답자의 연령대, 직종을 기준으로 구분하여 응답의 특징을 하위 항목별로 평가해본 것이다.

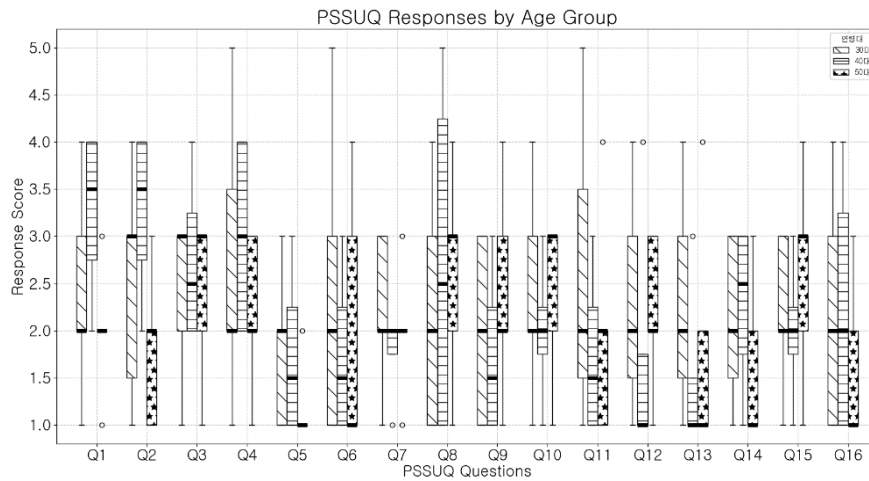


그림 30. 연령대로 구분한 PSSUQ 응답 분포도

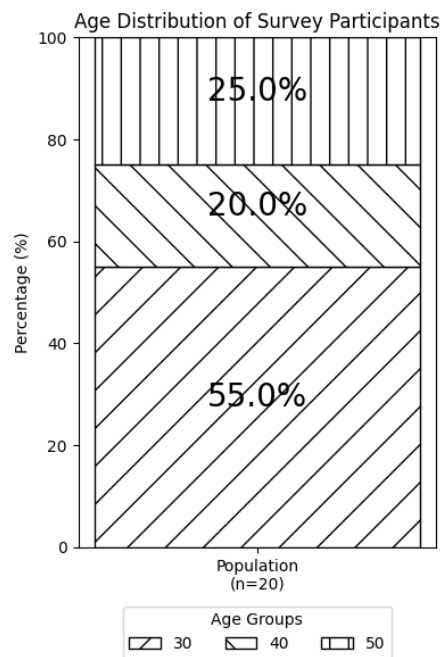


그림 31. 설문자 연령대 분포

5) 연령대 기준 하위 항목별 평가

- System Usefulness(시스템 유용성) Q1-Q6

설문지에 응한 대상자들의 연령별 분포는 그림 31과 같고 그 중 30대가 절반 이상으로 구성되어 있다. 30대는 대부분의 질문에서 중앙값이 낮아 시스템 사용성에 대해 대체로 긍정적이다. 특히 Q3, Q5에서 만족도가 높았다. 40대는 Q1와 Q2에서 상대적으로 높은 중앙값을 보여 상대적으로 시스템 사용성에 대한 만족도가 긍정적이나 다른 항목 대비 다소 낮은 편이다(그림 30). 다른 항목에서는 비교적 낮은 중앙값을 보여 보다 긍정적인 평가를 하였다. 50대 Q3에서 다소 높은 중앙값을 보였으나 최대가 3점으로, 전반적인 시스템 사용성에 대한 만족도가 다른 연령대 대비 높은 편이다.

- Information Quality(정보 품질) Q7-Q12

30대는 시스템의 오류 메시지와 문제 해결 정보에 대해 대체로 긍정적이다. 40대는 Q8을 제외하고 전반적으로 긍정적이다. Q8 응답은 긍정적이지 않은 응답이 포함되고 응답의 분포가 넓었다. 다른 항목에서는 대체로 긍정적인 평가를 하고 있다. 50대는 정보 품질에 대해 대체로 긍정적인 반응이었다.

- Interface Quality(인터페이스 품질) Q13-Q16

인터페이스 품질에 관해서는 30대, 40대, 50대 모두 대체로 긍정적인 평가를 주었다. 다만, 30대와 40대는 긍정적이긴 하나 의견이 집중되지 않고 두루 분포되어 있어 긍정적이지만 그 안에서 다양한 평가가 있었음을 보여준다.

- 연령대 기준 하위평가 요약

시스템 유용성, 정보 품질, 인터페이스 품질 모두에서 대체로 긍정적인 평가를 보였으나, 일부 질문에서 연령대별로 약간의 차이가 있었다. 특히, 40대가 특정 항목에서 다른 연령대에 비해 상대적으로 높은 불만족을 보이고 있다. 40대는 정보

품질면에서 제공되는 정보의 명확성과 효용성에 대해 다소 불만이 있으며, 인터페이스 품질에서도 일부 불만을 보인다고 한다. 50대는 전반적으로 시스템 유용성, 정보 품질, 인터페이스 품질 모두에서 긍정적인 평가를 보인다. 특히 인터페이스 품질에 대해 만족도가 높으며, 시스템 기능과 능력에 대해서도 긍정적인 평가를 했다.

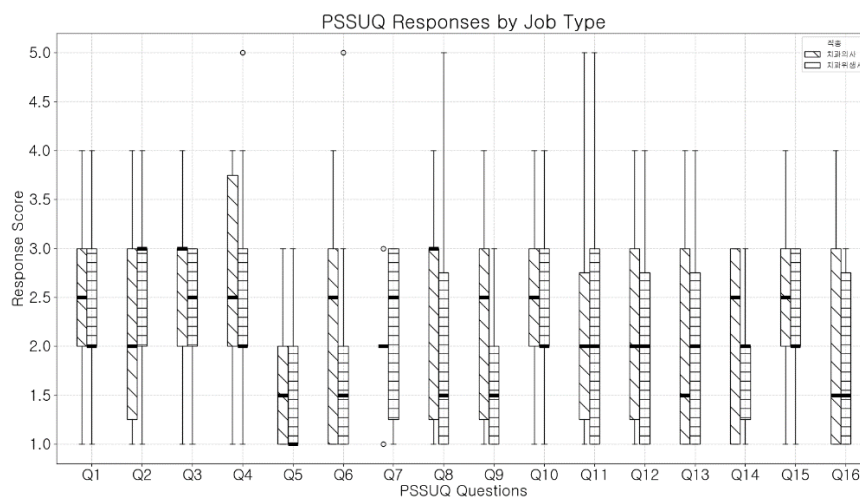


그림 32. 직종으로 구분한 PSSUQ 응답 분포도

6) 직종 기준 하위 항목별 평가

- System Usefulness(시스템 유용성) Q1-Q6

치과 의사와 치과 위생사 모두 대부분의 응답에서 시스템 사용성에 대해 대체로 긍정적인 평가를 하였다. 그러나 치과 의사 대비 치과 위생사의 중앙값이 Q2(“이 기능을 사용하는 것은 간단했습니다.”)를 제외한 나머지 질문에서 보다 긍정적이었다(그림 32).

- Information Quality(정보 품질) Q7-Q12

치과 의사와 치과 위생사 모두 긍정적인 평가를 보여주었다. 정보 품질 면에서

대체로 모두 긍정적이었으나, 중앙값의 차이를 통해 치과위생사가 조금 더 긍정적인 의견을 준 것을 알 수 있다. 단, Q11(“이 정보는 치과에서 고혈압, 당뇨 환자를 관리 하는데 도움이 되었습니다.”)의 경우에서 치과의사와 치과위생사 일부에서 모두 이상치에 근접한 최대치를 보여주며 해당 질문에 긍정적인 동의를 하지 못하였으므로, 어떤 이유에서 그랬는지 검토할 필요가 있다.

- Interface Quality(인터페이스 품질) Q13-Q16

치과의사와 치과위생사 모두 대부분의 질문에서 중앙값이 같거나 소폭 차이가 나지만 대체로 긍정적인 평가를 하였다.

- 직종 기준 하위평가 요약

두 직종 기준으로 대체로 모두 긍정적인 평가였으나, 치과위생사가 치과의사에 비해 시스템 사용성, 정보 품질, 인터페이스 품질의 모든 부분에서 조금 더 긍정적인 모습을 확인할 수 있었다.

5. 고찰

Evidence-based healthcare(근거 기반 의료)가 중요해짐에 따라 진료 활동을 지원하는 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 만성질환자의 치과치료와의 상호연관성을 기반으로 만성질환자의 진료 데이터를 활용하여 치과의사에게 진료 과정에서 참고해야 할 사항을 전달하고, 임상적 처치에 대한 의사결정을 지원할 수 있는 로직을 개발하여 진료 프로세스를 제시하였다.

기존의 연구들이 임상 실행 지침을 문서화하는 것에 초점을 맞추었다면, 본 연구는 이를 넘어, CDSS를 실제 임상 환경에서 환자 진료에 적용할 수 있도록 치과에서 사용 중인 PMS 프로그램에 의사결정 로직을 융합하였다(남정훈, 2010).

또한, 치과 내 시스템 적용을 통해 의료진의 의사결정을 지원하기 위해, CDSS가 제한적인 만성질환을 중심으로 어떤 역할을 해야 하는지 검토하였다. 그 결과, CDSS의 도입은 치과의사들이 만성질환 환자를 진료할 때 필요한 시점에 적절한 정보를 제공받아 보다 정확한 진단과 효과적인 치료 계획을 수립하는 데 도움이 되는 것을 확인하였다.

CDSS의 개발과 구현 과정에서 IT 기술은 중요한 역할을 하였으며, 사용자 친화적인 인터페이스와 명확한 상황 정보를 제공하는 기능을 통해 CDSS가 실제 임상 환경에서 효과적으로 활용될 수 있음을 보여주었다. 아울러, 여러 측면에서 성능을 평가한 결과, 본 연구에서 개발된 CDSS는 치과의사의 만족도를 높이고, 임상적 의사결정 과정에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 CDSS가 치과 진료에서 의료진에게 효과적이며, 본래 목적인 바를 달성할 수 있음을 시사한다.

5.1. 선행연구와의 비교

Russell 등(2015)의 연구에서는 CDSS가 치과위생사의 1차적인 진료와 관리를

지원하는 것이 목표인 시스템을 개발하였다. 그러나 본 연구는 만성질환자의 치과치료 과정에서 의료진의 치료 행위 결정에 도움을 주는 CDSS 개발에 목표를 두었으며, 고혈압, 당뇨병, 골다공증의 특정 만성질환에 맞추어 제한적이지만 특화된 CDSS의 개발을 목표로 하였다.

Russell 등은 기존 치과위생사의 업무흐름에 통합 가능한 일반적인 지침을 다루었다면, 본 연구에서는 환자의 만성질환을 고려하고, 치과치료 중 발생 가능한 위험한 상황에 대비하기 위해, 구체적인 질환 정보와 의사결정 로직을 연동하여 의미 있는 치료 지침 주는 것을 목표로 하였다.

본 연구는 고혈압, 당뇨병, 골다공증이라는 제한적이지만 특정 만성질환을 대상으로 CDSS를 개발함으로써, 해당 질병을 가진 환자들의 치과치료 시 발생할 수 있는 복잡한 의료적 요구와 위험성을 선제적으로 관리할 수 있다는 점에서 질병에 특화된 설계를 부각하였다.

5.2. 연구의 의의

본 연구에서는 치과 의사가 만성질환자의 진료 과정에서 발생할 수 있는 의료적 행위 결정을 지원하기 위해 CDSS를 개발하고, 이를 기존 PMS에 융합하였다. 또한, 시스템의 평가로직과 CDSS에 적합한 UI/UX를 새롭게 제안하였다. 그리고 시스템 유용성 설문(PSSUQ) 방법을 적용하여, 개발된 CDSS의 사용성에 대해 설문하였으며, 그렇게 수집된 평가자료를 연령별, 직군별로 나누어 통계적인 특징을 분석해 보았다. 결과적으로 본 연구에서 개발한 CDSS를 사용하는 것이 사용성 측면에서 긍정적임을 확인할 수 있었다. 이는 치과분야에서 이미 널리 사용되는 PMS에 CDSS가 융합되어도, 기존의 진료과정에 큰 이질감 없이 사용될 수 있음을 보여주는 하나의 사례라고 생각된다.

5.2.1. 학술적 의의

만성질환 환자의 치과치료 과정 중 의료진이 의료행위 결정에 참고할 수 있는

지침 정보를 제공하는 CDSS의 개발을 목표로 진행되었다. CDSS는 기존의 치과치료 과정에서 의료진이 간과할 수 있는 만성질환 환자에 대한 의학적 의견을 주의 깊게 확인할 수 있도록 설계하였다. 기존 연구에서 만성질환 환자의 치과치료에 관한 일반적 지침을 제시하는 정도였다면, 본 연구는 이를 기존의 PMS에 융합확장하고, 주의해야 할 환자의 의료 정보를 의료진에게 알려주어 치료 시 의사결정에 도움을 주는 기능에 초점을 두었고, 또한, 이렇게 기존환경에 융합된 기능이 기존의 치과치료 과정에 자연스럽게 흡수될 수 있음을 확인하였다.

고혈압, 당뇨병, 골다공증과 같은 주요 만성질환이 치과치료 과정에 어떻게 영향을 미칠 수 있는지 이론적 배경을 살펴 보았고, 이를 평가로직으로 적용한 점과 구체적인 지침을 제시하는 점에 학술적인 의미를 부여할 수 있었다.

조금 더 설명하자면, 고혈압 환자의 경우 치과치료 중 혈압상승의 위험성이 크다는 점을 고려하여, 진료 접수 시 환자의 혈압을 측정하게끔 유도한다. 그리고 측정된 혈압이 지식기반 평가 기준을 초과할 경우, 시스템이 이것을 의료진에게 확실히 경고하도록 설계하였다.

5.2.2. 실용적 의의

본 연구에서 개발된 CDSS가 실제 의료현장에서 적용되고 또한, 기존의 PMS에 융합되어 의료진에게 의사결정시스템으로서 도움이 됨을 확인함으로써 실용적 의의를 갖는다고 할 수 있겠다. 지금까지의 치과진료에서는 주로 의료진의 경험과 지식에 의존할 수 밖에 없었다. 만성질환을 가진 환자의 경우 의료진의 누적된 경험에만 의존했을 때, 환자의 치과치료 혹은 환자의 직접적인 건강에 영향을 주는 이슈를 간과할 수도 있을 것이다. 그리고 의료진 간의 경험적 편차는 서로 다른 의료행위의 결정이 가능하다는 것을 의미하므로, 치과 의료행위의 결과가 일관되지 못할 수도 있는 것이다. 이러한 문제를 최소화하기 위해, 환자의 건강 상태와 기존에 기록된 진료정보를 기초로 시스템적인 평가와 중요정보를 전달함으로써 치료 전 의료진의 치료행위 의사결정을 틀림없이 지원할 수 있도록 설계하였다.

제안된 시스템은 진료 접수 시 환자의 혈압과 혈당 수치를 확인하고, 이를 지식기반 데이터베이스의 기준 수치들과 비교 및 평가를 하여 제한된 범위를 초과할 경우, 의료진에게 적절한 경고 메시지를 안내하도록 설계되었다. 이런 방식으로 실제 진료 과정에서 발생할 수도 있는 위험을 사전에 방지하고, 의료진이 실수하지 않도록 도와주는 것이다.

또한, 개발된 CDSS는 사용자 인터페이스(UI)와 사용자 경험(UX)에서도 실용적 가치가 있다. 여기서 개발한 CDSS의 사용성을 평가하기 위해 신뢰도가 높은 공인된 PSSUQ 설문을 기초로 16개의 설문 항목을 준비하였다. 일부 설문 항목을 본 연구의 CDSS의 목적에 맞게 적절히 수정하였다. 평가 결과, 설문 응답자들은 개발된 CDSS를 직관적으로 이해하고 사용하는데 큰 문제가 없었다고 답했다. 이 결과는 시스템이 실제 임상환경에서 의료진이 원활하게 적응할 수 있음을 의미한다. 특히, 여러 가지 상황이 복합적으로 발생할 수 있는 바쁜 진료 과정에서 적절한 정보를 신속하게 확인하고 대응할 수 있다는 점은 이 시스템의 장점이다.

5.2.3. 사회적 의의

만성질환은 현대사회에서 매우 흔한 질병이 되었다. 본격적인 고령화 사회에서 관련 문제들이 더욱 부각되고 있다. 지금과 같은 상황에서 만성질환 환자들이 안전하게 치과치료를 받을 수 있도록 지원하는 시스템을 개발하는 것은 사회적으로도 중요한 의미를 가진다 할 수 있다.

PMS에 융합한 CDSS는 환자의 건강상태를 기록 관리하고 이것을 기초로 평가하여 환자에게 적절한 임상적 고려사항을 의료진에게 안내한다.

만성질환 중 고혈압의 경우를 보자. 고혈압 환자가 치과치료 중 혈압이 상승하는 경우가 발생할 수 있다. CDSS는 내원 환자가 고혈압 환자인지 PMS를 통해 확인할 수 있다. PMS를 통해 고혈압 환자라는 사전 정보가 없는 경우에도, 환자의 문진 점검을 통해 드러나는 증상들을 고려해 고혈압이 의심될 때, 시스템은 해당 환자에게 혈압 측정이 필요하다는 정보를 의료진에게 안내하여 진료 전에 혈압 측정이

이루어질 수 있도록 한다. 측정된 혈압이 지식기반 데이터베이스에 기초한 평가로직에 의해 평가되어 위험 가능성이 확인되면, 이를 의료진에게 알려 치과치료 과정에서 고혈압이 발생시킬 수 있는 여러 가지 위험요소를 고려하였을 때 그에 적합한 치료방법을 안내한다. 의료진은 시스템이 안내하는 정보를 통해 쉽게 지나칠 수 있는 임상 의료적 이슈를 회피할 수 있고, 반복되는 치료과정에 일관성을 가질 수 있게 된다. CDSS의 도입으로 환자의 치료 중 안정성이 적극적으로 보장된다면, 발생할 수 있는 복합 의료 사고를 예방하는데 도움이 될 것으로 생각한다.

만성질환 환자의 치과치료는 개인적인 차원을 넘어 공공의료의 관점에서도 의미를 부여할 수 있을 것이다. 본 시스템이 널리 보급된다면, 고령화 사회의 폭발적인 만성질환 환자들이 치과치료에 있어서 만큼은 조금 더 안전한 치료를 보장받을 수 있을 것이다.

5.3. 한계점 및 미래 연구에 대한 제안

연구를 수행하는데 필요한 의료진으로써 협조한 참여자의 수가 치과 의사와 치과위생사를 포함하여 20명으로 제한적이었다. 제한된 참여자 수로 인해 설문 응답 데이터를 통해 일정 수준의 통계적 분석은 가능했으나, 결과의 보편성을 확보하기 위해서는 더 많은 의료진을 대상으로 한 설문조사가 필요하다. 이에 더해, 실제 만성질환을 가진 환자들의 다양한 치료 케이스에 CDSS를 적용하고 치료 결과를 추적할 수 있다면, 의사결정에 영향을 주는 중요한 요소이나 본 연구에서는 제외된 표준임상경로까지 개선해볼 수 있을 것이고, 이를 통해 CDSS의 의학적 가치가 높아질 수 있을 것이다.

CDSS가 다양한 규모의 병원 환경에서도 목표한 효용성을 유지할 수 있는지 확인하고, 이를 보장하는 것이 중요하다. 시스템에 적용된 지식기반 평가의 추론 성능을 좀더 일반화하고 보편성을 얻기 위해서는 각 병원의 전자건강기록(EHR) 시스템과 표준적인 방법으로 통합하는 문제를 고려하여야 한다.

새로운 시스템의 개발과 구현에 있어 학문적 연구 결과를 실제 임상 과정에

통합하는 것은 결코 쉬운 문제가 아닐 것이다. 이러한 문제를 해결하여 CDSS의
범용성을 갖추기 위해서는 직간접적으로 본 연구와 협업하는 모든 관계자들의 소통,
지식, 정보, 기술의 교류가 절대적으로 요구된다.

6. 결론

만성질환을 가진 환자들이 보다 안전한 치과치료를 받을 수 있도록 의료진에게 임상적 도움을 주는 CDSS를 개발하고, 이를 현재 병원에서 운영되고 있는 PMS와 융합하였다. 의료진의 치과치료 업무 워크플로우 과정에 자연스럽게 녹아들 수 있도록 시스템을 설계하였고 설문을 통해 그것이 유효하다는 결과를 도출하였다.

치과치료에서 의료진은 환자의 만성적 질환이 의료진의 경험과 상황에 따라서 중요한 임상적 고려사항을 간과할 수 있으므로 CDSS와 같은 시스템의 보조적인 도움이 더욱 의미가 있다. CDSS를 통해 임상적 의료결정에 확신을 갖고 환자에 대한 부족한 이해로 위험한 사고가 발생할 수 있는 것을 사전에 막을 수 있도록 시스템을 연구하였다.

본 연구에서는 고혈압, 당뇨병, 골다공증의 만성질환을 대상으로, 각 질환 별로 환자의 상태를 확인하고 이를 지식기반으로 평가하는 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 만성질환을 앓고 있는 환자의 건강상태가 치료계획에 어떤 영향을 주는지 평가하고 중요한 사항을 의료진에게 제공하여 실수 없는 치료에 관한 의사결정을 내릴 수 있도록 설계되었다.

환자관리를 위해 병원에 이미 구축되어 사용되고 있는 PMS와 CDSS를 융합하는 과정에서, 시스템이 기존 PMS 체계에 원활히 통합될 수 있도록 내부 데이터의 호환성을 고려하였다. 동시에, 효율적인 사용자 인터페이스를 개발해야 했는데, 이것은 CDSS가 PMS와 하나의 시스템으로 통합되기 위해 필수적인 작업이었다.

PMS는 환자에 대한 기본 정보 및 의료 정보 즉 전자차트, 진료기록, 비용계산, 이후 진료 일정 등을 관리하는 종합 시스템이다. CDSS는 PMS가 제공할 수 있는 다양한 정보를 기반으로, 내원 환자가 의료적으로 위험한 상황이 감지될 경우 의료진에게 이를 경고하여 적절한 의사결정을 할 수 있도록 하였다.

CDSS의 효과성을 입증하기 위해 본 연구에서는 사후 시스템 유용성 설문(PSSUQ) 기법을 적용하였고, 그것을 기초로 CDSS를 위한 16개의 설문 항목을

구성하고, 사용자 인터페이스(UI/UX)를 설문 평가하였다. PSSUQ는 시스템의 사용성과 상호작용의 효율성 그리고 전반적인 사용자 만족도를 평가하는 데 유용한 도구이다.

설문평가 결과, CDSS는 사용자 친화적인 인터페이스를 제공하여 의료진이 쉽게 적응할 수 있음이 확인되었다. 특히, 시스템의 직관적인 디자인과 간편한 사용법은 CDSS를 편하게 받아들일 수 있는 핵심 요소로 확인되었다. 사용성 평가에서 긍정적인 평가가 도출된 것은 CDSS가 실제로 의료진에게 도움이 됨을 시사한다.

연구를 통해 CDSS는 만성질환자의 치과치료 과정에서 의료진에게 도움이 된다는 것을 알 수 있었으나, 제한적인 연구였으므로 CDSS의 효과를 더욱 분명하게 입증하기 위해서는 추가적인 사례를 동원한 연구가 필요하다.

지식기반 평가 방식은 만성질환과 치료 과정 상호 간에 알려진 문제점이나 치료 절차에 대한 정보들이 사전(dictionary) 적으로 데이터화된 것이다. 증상이나 치료에 관계된 정보 등이 정제되어 데이터화되어 있으나, 질환에 대한 사람의 평가 과정은 추상적인 부분이 대부분 포함되고, 이로 인해 상황에 적합한 자료를 찾지 못할 수 있다는 지식기반 평가 방식의 근본적인 한계가 존재한다. 지식기반 평가의 한계를 개선할 방법은 그 자료가 되는 기반 정보들의 양을 비약적으로 늘리는 방법이 있을 것이다. 또한, 비지식 기반 평가 방법 즉, 규칙을 기반으로 하지 않고 인공지능을 통해 과거 이력이나 임상의료 정보에서 발견된 패턴 정보를 학습하여 추상적이거나 유사한 정보를 가지고도 의사결정을 제공할 수 있도록 개선하는 방법을 혼용할 수도 있을 것이다. 다만, 이러한 방법은 패턴을 학습시키기 위한 샘플 자료의 확보 문제가 있다.

결론적으로, 본 연구에서 개발한 이 시스템이 의료진의 의사결정 안전성 향상에 기여할 수 있음을 보여 주었다. CDSS가 더 발전하면 본격적인 고령화 시대의 다수의 만성질환 환자들에게 치료 안전성이라는 무시할 수 없는 혜택을 제공할 수 있을 것으로 기대한다. 이를 위해 지속적인 연구와 개선이 필요할 것이고, 다양한 임상 환경에서의 적용 가능성을 높이기 위한 노력이 투자되어야 할 것이다.

본 연구가 미래의 다양하고 보편적인 CDSS의 연구와 개발에, 그리고 실제 임상적 적용에 있어서 유용한 통찰과 하나의 방향성을 제공하기를 희망한다. 궁극적으로 CDSS는 의료 서비스의 패러다임을 변화시킬 것이며, 또한, 환자의 건강을 지키는 환자 중심의 맞춤형 진료를 가능하게 하는 핵심기술이 될 것으로 생각한다.

참고 문헌

- 김석범, 김예성, 유은미, 윤서형, 정재엽, 최혜숙 (2023). 디지털 덴티스트리 - 기초부터 임상활용까지 완벽 가이드, 대한나래출판.
- 김선중, 김진우, 김경민, 김덕운 (2015). 악골괴사증의 예방과 치료, 대한나래출판
- 김영희 (2016). 한국 성인의 치주병과 전신질환과의 관련성, Journal of Korean Academy of Oral Health, 40(4):244-249
<https://doi.org/10.11149/jkaoh.2016.40.4.244>
- 남정훈 (2010), 전신질환을 가진 환자의 치과치료 및 약물처방 시 주의할 점, Korean Dental Association.
- 대한고혈압학회 (2022). 2022년 고혈압 진료지침.
- 대한골대사학회 (2019). 골다공증 및 골다공증 골절 FACT SHEET 2019.
- 대한당뇨병학회 (2022). DIABETES FACT SHEET IN KOREA 2022.
- 보건복지부 (2022). 보건의료데이터 활용 가이드라인.
- 의료정책연구소 (2020). 인구건강상태 및 질병현황.
- 정진우, 김민우, 안형준, 김영준, 김철, 권정승, 박지운 (2015). 전신질환 환자의 치과치료, 대한나래출판.
- 질병관리본부 (2016). 건강행태 및 만성질환 통계.
- 질병관리청 (2022). 만성질환 현황과 이슈.
- 통계청 (2022). 고령자 통계.
- 황수연 (2021). 치주질환과 구강위생이 고혈압 발생위험에 미치는 영향.
- American Diabetes Association (2021), Improving Care and Promoting Health in Populations: Standards of Medical Care in Diabetes—2021, Diabetes Care, 44(Supplement_1), S7-S14. DOI: 10.2337/dc21-S001
- Drisko CH. Nonsurgical periodontal therapy. Periodontol 2000. 2001;25:77-88.

- doi: 10.1034/j.1600-0757.2001.22250106.x. PMID: 11155183
- Edwards BJ, Migliorati CA. Osteoporosis and its implications for dental patients. *J Am Dent Assoc.* 2008 May;139(5):545-52; quiz 625-6. doi: 10.14219/jada.archive.2008.0214. PMID: 18451370.
- Gao, S., & Chen, J. (2018). The effects of glycemic control on periodontal health in diabetic patients: A meta-analysis. *Journal of Periodontal Research*, 53(4), 473-480. <https://doi.org/10.1111/jre.12503>
- Ha, Yong-Chan. (2016). Epidemiology of Osteoporosis in Korea, *Journal of the Korean Medical Association* 59, no. 11: 836.
- Hess LM, Jeter JM, Benham-Hutchins M, Alberts DS. Factors associated with osteonecrosis of the jaw among bisphosphonate users. *Am J Med.* 2008 Jun;121(6):475-483.e3. doi: 10.1016/j.amjmed.2008.01.047. PMID: 18501224; PMCID: PMC2601671.
- Ho KF, Chou PH, Chao JC, Hsu CY, Chung MH. (2021). Design and evaluation of a knowledge-based clinical decision support system for the psychiatric nursing process. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1762-7>.
- J Can Dent Assoc. (2023). Management of the hypertensive dental patient. *Journal of the Canadian Dental Association*, 89(n2). <https://jcda.ca/n2>
- Jan Horsky, Gordon D. Schiff, Douglas Johnston, Lauren Mercincavage, Douglas Bell, Blackford Middleton (2012). Interface design principles for usable decision support: A targeted review of best practices for clinical prescribing interventions.
- Kim, J.-H., & Kim, Y.-K. (2001). Review of the dental patients with systemic disease in general hospital. Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Bundang Jesaeng Hospital, DMC.
- Kim, Y. (1997). Systemic diseases and dental treatment: Endocrine disorders,

- Journal of the Korean Dental Association.
- Kohn, L. T., Corrigan, J. M., Donaldson, M. S. (1999). To Err Is Human: Building a Safer Health System.
- Korean Society of Hypertension (2022). Hypertension treatment guidelines 2022.
- Lange, A., J. Zeidler and S. Braun (2014). One-Year Disease-Related Health Care Costs of Incident Vertebral Fractures in Osteoporotic Patients.
- Lee, Y. K., B. H. Yoon and K. H. Koo (2013). Epidemiology of Osteoporosis and Osteoporotic Fractures in South Korea, *Endocrinology and Metabolism* 28 (2), 90, 2013. 68
- Lips, P. T. A. M., van Schoor, N. M. (2005). Quality of life in patients with osteoporosis. *Osteoporosis International*, 16(5), 447–455.
- Little, J. W., Falace, D. A., Miller, C. S., & Rhodus, N. L. (2017). Dental management of the medically compromised patient (8th ed.). St. Louis, MO: Elsevier Mosby.
- Malamed, S. F. (2012). Handbook of local anesthesia (6th ed.). St. Louis, MO: Elsevier Health Sciences.
- Manuel, G., Barrios, V., Caballero, C., & Garc, R. (2004). Chronic thyrotropin-suppressive therapy with levothyroxine and short-term overt hypothyroidism after thyroxine withdrawal are associated with undesirable cardiovascular effects in patients with differentiated thyroid carcinoma. *Endocrine-related cancer*, 11(2), 345–356.
- Marry Gunaratnam, Dr. Monique Frize, Dr. Erika Bariciak (2012). Conceptual Framework for A Perinatal Decision Support System using a Knowledge-Based Approach.
- Martin Alther, Chandan K. Reddy (2015). Clinical Decision Support Systems.
- Mealey, B. L., & Ocampo, G. L. (2007). Diabetes mellitus and periodontal disease.

- Periodontology 2000, 44(1), 127–153.
<https://doi.org/10.1902/jop.2006.050459>
- Mebrahtu, T. F., Morgan, A. W., West, R. M., Stewart, P. M., & Pujades–Rodriguez, M. (2020). Oral glucocorticoids and incidence of hypertension in people with chronic inflammatory diseases: a population–based cohort study. *CMAJ*, 192(12), E295–E301.
- Megan Charles, Alex DelVecchio (2018). Clinical decision support system (CDSS)
- Michael Juntao Yuan, George Mike Finley, Ju Long, Christy Mills, Ron Kim Johnson (2013). Evaluation of User Interface and Workflow Design of a Bedside Nursing Clinical Decision Support System.
- Mingyue Xue, Li Liu, Shuxia Wang, Yinxia Su, Kun Lv, Mingchen Zhang, Hua Yao. (2020). A simple nomogram score for screening patients with type 2 diabetes to detect those with hypertension: A cross–ectional study based on a large community survey in China.
- Nicole Anderson, Mingrui Zhang, Kirby McMaster (2011). Integrating Health Information Systems into a Database Course: A Case Study.
- Preshaw, P. M., & Bissett, S. M. (2019). Periodontitis and diabetes: A two–way relationship. *Diabetes & Metabolism Journal*, 43(4), 493–504.
<https://doi.org/10.4093/dmj.2018.0133>
- Russell, Stefanie L., Greenblatt, Ariel Port, Gomes, Danni, Birenz, Shirley, Golembeski, Cynthia A., Shelley, Donna, McGuirk, Matthew, Eisenberg, Elise, Northridge, Mary E. (2015). Toward Implementing Primary Care at Chairside Developing a Clinical Decision Support System for Dental Hygienists.
- Sarah Tiffany Silva, Francini Haka, Jose Machado (2022). Rule–based Clinical Decision Support System using the OpenEHR Standard.

- Southerland, J. H., Gill, D. G., Gangula, P. R., Halpern, L. R., Cardona, C. Y., & Mouton, C. P. (2016). Dental management in patients with hypertension: Challenges and solutions. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 8, 111–120.
- Tavares, M., Lindefjeld Calabi, K. A., & San Martin, L. (2014), Systemic Diseases and Oral Health, *Journal of Clinical Dentistry*, 21(4), 58–65. DOI: 10.1016/j.cden.2014.07.005
- Yu B, Wang CY. Osteoporosis and periodontal diseases – An update on their association and mechanistic links. *Periodontol 2000*. 2022 Jun;89(1):99–113. doi: 10.1111/prd.12422. Epub 2022 Mar 4. PMID: 35244945; PMCID: PMC9067601.

ABSTRACT

Development of a Clinical Decision Support System (CDSS) for Dental Management of Patients with Chronic Diseases

In modern society, the number of patients with chronic diseases such as hypertension, diabetes, and osteoporosis is rapidly increasing due to the aging population. These chronic disease patients are likely to be exposed to various risks of complications during dental treatment. However, if medical staff do not sufficiently consider the interaction between the patient's disease and dental treatment, the treatment may not proceed as planned or may have a direct negative impact on the patient's health. Therefore, this study aimed to develop a decision support system (CDSS) - referred to as CDSS - that provides medical staff with information on safe and effective treatment methods during the dental treatment process for chronic disease patients, and to integrate it with the practice management software (PMS) - referred to as PMS - that is used for managing patient information in existing hospitals. The developed CDSS provides dental staff with information to review or medical guidelines on treatment methods when treating patients, thereby supporting them to determine the appropriate treatment timing and method by sufficiently considering the patient's condition. To this end, an inference engine based on knowledge-based evaluation was designed. The inference engine collects the patient's medical history, the status of chronic disease at the time of visit, and knowledge-based clinical information from the PMS to provide important information for the medical staff's treatment actions. In order to inform the knowledge-based evaluation, a knowledge-based database was built through several steps. This information was collected through electronic dental records (EDR), PMS, and direct patient questionnaires. In particular, the database was built and the system was designed by focusing on the problems that patients with major chronic diseases such as hypertension, diabetes, and osteoporosis may face during dental treatment.

In addition, the CDSS was designed by optimizing the user interface (UI) and user experience (UX) so as not to interfere with the treatment process of medical staff in complex and busy medical

settings. To verify this, a survey on the CDSS was conducted on 20 medical staff in the field, and a post-system usability survey (PSSUQ) was applied to increase the reliability of the survey.

As a result of the survey, the developed CDSS received positive feedback from medical staff. For example, in the case of a patient with hypertension, if the blood pressure measured at the time of admission was evaluated to exceed the standard value, a warning notification was provided to the medical staff, which ensured the safety of treatment. Diabetic patients were warned to measure their blood sugar levels before treatment to reduce the risk of hyperglycemia, and osteoporosis patients were warned in advance to take measures to prevent complications by reflecting their medication history.

In terms of usability, CDSS was also evaluated, and it was confirmed that the system was easy for medical staff to use through an intuitive and easy-to-use interface, and that it helped to enhance the accuracy of treatment by providing visually clear medical information.

In conclusion, this study showed that CDSS has a high potential to be established as a tool that helps ensure the safety of dental treatment for patients with chronic diseases and medical staff in dental treatment. This system helps medical staff make more consistent and reliable decisions, and it was found that it can have positive effects in various medical fields. In the future, the functions of the system should be expanded to ensure universality, and additional research is suggested to increase the applicability in various clinical environments.

Key words: Clinical Decision Support System(CDSS), Practice Management Software(PMS), Hypertension, Diabetes, Osteoporosis, Chronic disease, Inference Engine, User Interface(UI), User Experience(UX), Knowledge-based database, Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)