
저자 (Authors)	이상호, 정수웅, Syed Imran Ali, Hafiz Syed Muhammad Bilal, 김영신, 이승룡
출처 (Source)	한국통신학회지(정보와통신) 37(9) , 2020.8, 40-46 (7 pages) The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences 37(9) , 2020.8, 40-46 (7 pages)
발행처 (Publisher)	한국통신학회 Korea Institute Of Communication Sciences
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09873409
APA Style	이상호, 정수웅, Syed Imran Ali, Hafiz Syed Muhammad Bilal, 김영신, 이승룡 (2020). 만성 콩팥병-미네랄 뼈질환 환자 치료를 위한 의사결정 시스템. 한국통신학회지(정보와통신), 37(9), 40-46.
이용정보 (Accessed)	경희대학교 국제캠퍼스 163.***.116.140 2020/09/14 17:32 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

만성 콩팥병-미네랄 뼈질환 환자 치료를 위한 의사결정 시스템

이상호, 정수웅, Syed Imran Ali*, Hafiz Syed Muhammad Bilal*, 김영신*, 이승룡*
강동경희대학교병원, 경희대학교*

요약

콩팥병 관리 시스템(Kidney Disease Management System, KDMS)은 투석 치료를 받고 있는 만성 콩팥병 환자들을 위해 설계된 시스템으로 환자들의 의료 검사 결과를 바탕으로 효과적인 후속 치료를 위한 투여 약물 및 복용량 권고 사항을 의사에게 제공한다. KDMS는 웹 기반의 의학 결정 지원 시스템(Medical Decision Support System)으로 전문의가 현장에서 환자의 진료 시 중요한 치료 관련 결정을 내릴 때 즉각적인 지원을 제공하도록 설계되었다. 본고에서는 KDMS 개발을 제안하며, 이는 의사들이 제공한 지식을 바탕으로 구축된 지식베이스를 토대로 한 추론과 의학 검사 및 수치의 중요성에 대한 가이드를 제공한다. 제안 시스템의 가장 큰 공헌은 다른 시스템의 기계학습을 통한 치료 과정 자동화와 달리 전문가 기반 접근법을 사용하는 것이다. 또한 서로 다른 병원의 서로 다른 전문의가 시스템의 권고를 따를 수 있도록 분야별 지침에 근거한 치료 관련 권고 사항을 제공한다. 실제 환자 데이터를 바탕으로 제안 시스템을 실험한 결과 제안 방법에 의한 권고와 전문의에 의한 권고가 89.33%의 일치율을 보였다. 제안 시스템은 정확성, 효용성, 사용자 경험 관점에서 종합적인 평가를 수행하는 최초의 의사결정 시스템 연구 중 하나이다.

I. 서론

만성 콩팥병(Chronic Kidney Disease, CKD)은 콩팥기능이 감소하여 다양한 합병증이 발생하는 질병이다. CKD는 여러 단계로 나뉘며, 후기에는 심각한 콩팥 기능 장애가 발생하여 혈액의 정화와 체내 미네랄 균형 유지를 수행할 수 없게 된다. 콩팥은 신진대사에 중요한 역할을 할뿐만 아니라 칼슘과 인 대사 및 비타민 D를 활성화 시키는 주요 기관이다[1]. 콩팥이 칼슘, 인 대사와 관련 호르몬 조절에 올바른 기능을 수행할 수 없는 경우 투석과 더불어 약물 치료를 통해 전해질과 호르몬 균형을 유지할 수 있다. <그림 1>은 여러 호르몬의 상호 의존성과 콩팥 기능 저하

에 따른 악영향을 나타낸다. 본고에서는 만성 콩팥병-미네랄 뼈질환 환자 치료를 위한 개념 증명 의사결정 시스템을 제안한다.

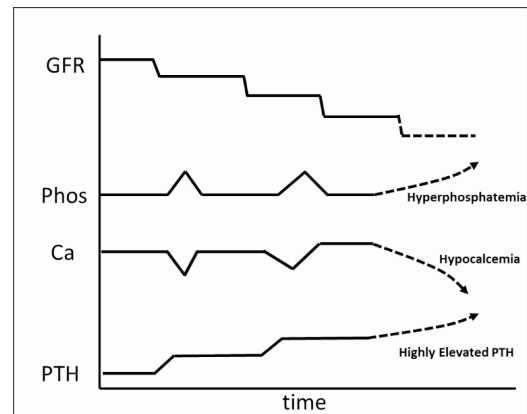


그림 1. 만성 콩팥병에 따른 호르몬 변화 및 질병

만성 콩팥병 환자들은 콩팥 치료를 위해 투석을 받으며, 투석 환자들이 가지는 주요 질병 중 하나는 미네랄 뼈질환(Mineral Bone Disorder, MBD)이다. 제안하는 KDMS가 제공하는 주요 목표는 의사가 환자들의 약물 섭취를 위한 적절한 치료 계획을 수립할 수 있도록 지원하는 것이다[2]. 병원의 투석 장치는 급성 또는 만성 말기 콩팥병 환자에게 사용된다. 만성 콩팥병 5기에 해당하는 말기신부전증 발병률은 미국의 경우 인구 백만명 당 242-348명, 이탈리아는 백만명 당 786명이며, 그들 중 대다수는 당뇨병, 고혈압 그리고 사구체신장염 발생과 관계가 있다[3]. 말기신부전증의 선택적 치료는 콩팥 이식으로 대표되며, 대기자 또는 콩팥 이식이 불가능한 사람에게는 그 대안으로 투석 치료가 제공된다. 투석에는 혈액 투석과 복막 투석의 두 가지 종류가 있다[4]. <그림 1>을 다시 살펴보면, GFR(사구체 여과율)이 점차 감소할 때 인의 농도 그 래프는 위로 치솟으며 칼슘 농도는 정상치 아래로 감소한다. 둘 사이의 균형을 맞추기 위해서는 신장으로 인을 배설시키고 뼈로부터 칼슘을 추출하는 부갑상선 호르몬이 분비되게 된다. 또 신장의 기능 감소로 활성 비타민 D가 부족해지고 혈중 칼슘은 장에서 흡수가 저해되어 부갑상선호르몬은 더 증가하게된다. 이러한 상황이 계속 진행되면 특정 단계에서 고인산혈증과 저칼슘혈증이 동시에

발생하며 높은 부갑상선 호르몬 수치와 낮은 활성 비타민 D 수치를 나타내게 되며 결과로 뼈에는 미네랄이 감소하고 혈관에는 침착되는 석회화가 나타나게 된다. 따라서 질환의 발병 초기에 위의 모든 요인을 억제하는 약물이 처방된다[5].

콩팥 기능이 저하됨에 따라 인과 칼슘의 정상적인 혈청 및 조직 농도의 붕괴로 인해 미네랄 항상성이 악화되며, 순환되는 호르몬의 수치가 변화한다. 여기에는 부갑상선 호르몬(Parathyroid Hormone, PTH), 225-하이드록시비타민 D(225-Hydroxyvitamin D, 225(OH)D), 1,25-디하이드록시비타민 D(1,25-dihydroxyvitamin D, 1.25(OH)2D), 기타 비타민 D 대사물질, 섬유모세포성장인자-23(FibroBlast Growth Factor-23, FGF-23), 성장 호르몬 등이 있다. 만성 콩팥병 3단계부터는 신장이 인산염 부하를 적절히 배설하는 능력이 감소하여 고인산혈증, PTH 상승, FGF-23 수치 상승과 비례하여 1,25(OH)2D가 감소한다. 25(OH)D를 1,25(OH)2D로 변환하는 기능이 손상되면 장내 칼슘 흡수가 감소하고 PTH가 증가한다. 또한 인산염과 칼슘 재흡수를 촉진하는 PTH 또는 인산염 배설을 향상시키는 FGF-23을 분비하지 않는다. 조직 수준에서 비타민 D 수용체의 하향 조절 및 PTH의 작용에 대한 내성 생긴다는 증거도 널리 알려져 있다. 이에 대한 치료는 일반적으로 생화학 및 호르몬 이상을 교정하는 데 중점을 둔다[5].

요독증은 혈중 요소가 높은 상태를 말하며, 이에 따라 콩팥병 말기 역시 요독증으로 알려져 있다. 이 상태의 환자들은 삶을 유지하기 위해서 평생 동안 주기적으로 혈액 투석을 할 필요가 있다. 장기간의 투석 치료 중에는 기타 질병 감염 위험의 방지나 요양을 위해 보통 입원하게 되며, 환자의 수가 증가할수록 개별 환자를 위한 서비스 품질이 낮아진다[5].

지난 10년간 혈관 석회화의 발달로 만성 콩팥병 환자의 미네랄 대사가 뼈질환뿐만 아니라 심혈관질환의 위험성을 높이고 생존률을 감소시킨다는 사실이 널리 받아들여졌다. 이러한 이유로 만성 콩팥병-뼈질환(Chronic Kidney Disease-Mineral and Bone Disorder, CKD-MBD)이라는 새로운 개념이 생겨났다. CKD-MBD는 전신 상태 이상 질환으로 PTH, 칼슘, 인, 비타민 D 수치에 이상이 생겨 뼈에 이상이 생기거나 외골격이 석회화되는 증상이 나타난다. 따라서 환자들은 심혈관 질환이나 골절 등의 관리를 목표로 해야 한다[1].

CKD-MBD의 치료는 생화학 이상, 혈관 석회화, 뼈 이상 등 일련의 요소들의 복잡한 상호 작용으로 인해 매우 까다롭다. 치료의 중요한 요소 중 하나는 PTH의 분비이다. PTH는 뼈 재형성에 중요한 부갑상선에 의해 분비되는 호르몬으로 시간 경과에 따라 뼈 조직이 재흡수되고 재건되는 과정이다. 투석 치료는 고비용이며 어려운 치료법이지만[5], 환자의 80% 이상이 주기적인 치료를 받는 가장 널리 사용되는 치료법이다. 투석 치료 동안에 혈액은 체외 회로를 흐르며

서 요소 등의 대사 산물과 초과 수분이 제거되고 산염기화평형이 회복된다. 이러한 과정은 혈액 투석기를 이용하여 반투막(투석)을 통해 용질을 교환하고 음압 구배(초여과)를 통해 수분을 제거함으로써 수행된다. 환자들은 주 3회씩, 회당 4시간에 걸쳐 치료를 받는다.

콩팥병은 미네랄과 내분비 기능의 붕괴를 초래한다. 이 요소들은 초기 뼈 형성과 뼈 구조 및 기능(뼈 재형성)의 조절에 매우 중요하다. 즉, 콩팥병 환자들은 마지막 단계에서 뼈 형성과 재형성에 장애를 겪게 되며 외골격 석회화 비율도 증가한다. 이는 비정상 미네랄 뼈 대사와 이를 교정하기 위해 사용된 요법으로부터 야기될 수 있다.

중형 규모의 센터는 하루에 두 번씩 60분의 투석 치료가 가능하다. 즉, 일평균 120명의 환자와 한 달에 한 번 정도 방문해야 하는 복막 투석 환자를 관리할 수 있다. 이 과정에는 고도로 훈련된 의료진, 요일 병상, 최소 30개의 혈액투석기 및 일회용 재료가 필요하다. 이렇듯 자원은 제한되어 있지만 불행히도 투석이 필요한 환자의 수는 지속적으로 증가하고 있는 추세이다[6]. 투석 치료에 소요되는 지출을 줄이는 방법으로는 투석의 횟수를 줄이거나, 투석 시간의 단축 등으로 치료의 질을 떨어트리거나, 분배 양식에 제약을 가하는 등의 방법이 있다[7][8].

많은 연구에서 미네랄 대사 장애, 골절, 심혈관 질환, 사망률 사이에 연관성이 있다는 점이 밝혀졌다. 즉, CKD-MBD 환자의 가장 큰 사망 원인으로 심혈관 질환이 포함된다. 비정상 미네랄 대사, 비정상 뼈, 외골격 석회화는 모두 밀접하게 연관되어 있으며, 함께 CKD 환자의 이환율과 사망률의 큰 원인이 된다[9].

KDIGO(Kidney Disease Improving Global Outcomes)는 2003년 콩팥병 환자를 위해 설립된 비영리 재단으로 국제 이사회에 의해 관리된다. 이들은 국제 의료 기관들의 조정, 협동, 통합을 통한 임상 진료 지침 개발이라는 목적을 가지고 있다[5]. 콩팥병의 중요성에 대한 인식을 높이기 위해 2005년 합의 회의가 KDIGO의 후원으로 개최되었다. 그 후속 단계로 콩팥병 질환 치료 가이드를 제공하는 국제 임상 진료 지침의 개발이 이어졌다. 제안 시스템은 KDIGO 지침을 준수하여 전문의들이 입력한 지식을 바탕으로 구축되었다.

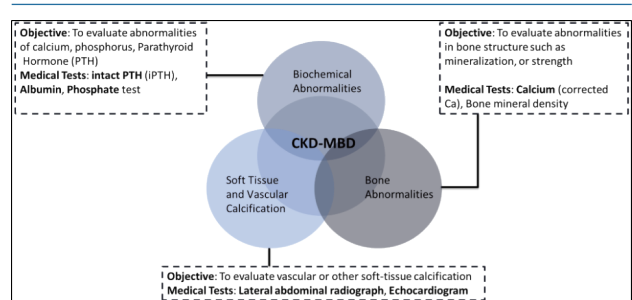


그림 2. CKD-MBD에서 다양한 요인의 복잡한 상호 작용

II. 제안하는 방법론

제안하는 KDMS는 전문의의 지식을 토대로 지식베이스를 구축하고, 추론을 통해 환자 진단 및 치료를 위한 권고 사항을 제공한다. 시스템은 전문의들이 제안한 권장 사항과 시스템이 생성한 권장 사항 사이의 일치성을 자동으로 계산하며, 이는 시스템의 효용성 측면에서의 시스템 평가에 매우 유용하다. 제안 시스템의 공헌점은 다음과 같다.

- 환자 프로필 및 증상의 자동 분석을 통한 의사 인지 부하 감소
- 복잡한 CKD-MBD 사례 처리를 수행하는 의료 연수생을 위한 귀중한 교육 자원
- 의사에게 적절한 경고를 생성하여 우발적인 복약 오류 방지

1. 지식베이스 구축 과정

KDMS는 이미 투석 치료를 받고 있는 만성 콩팥병 환자들에 대해, 환자들의 의학 검사 결과를 바탕으로 효과적인 후속 치료를 위한 투여 약물 및 복용량 권고 사항을 의사에게 제공한다 [10][11]. 제안하는 방법은 약물 치료 관점에서의 사용자 분류와 치료의 두 가지에 기초한다. <그림 3>은 전문가로부터 지식을 습득하여 지식베이스를 구축하기까지의 과정을 나타낸다.

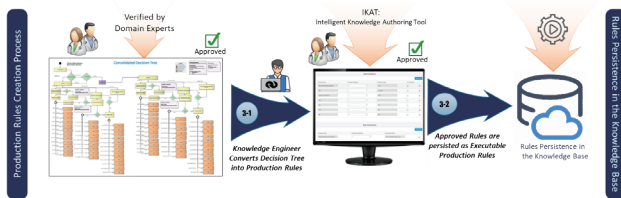


그림 3. 지식 습득부터 지식베이스 구축까지의 전반적인 과정

지식 습득 과정에서는, 우선 시스템에 입력할 지식에 대한 전문가들 사이에서의 의견 일치가 매우 중요하다. 의견이 일치되지 않으면 시스템은 소수 의사들의 특정한 선호도에 편향되는 결과를 초래하므로, 특정 합의에 도달하기 위해 표준 지침을 참고한다. 여러 번의 회의 이후에 지식은 의사 결정에 관련된 핵심 개념과 그들의 관계를 비공식적으로 표현하는 마인드 맵으로 표현된다. 마인드 맵은 권장 사항과 관련된 여러 결정이 명시적으로 표현되지 않는 요약 버전이다. 마인드 맵은 컴퓨터가 이해할 수 있는 형식인 결정 트리로 변환된다. 결정 트리는 나무 모양의 조건부 제어문을 가진 알고리즘을 표시하는 방법 중 하나이다. 결정 트리는 순서도와 비슷한 구조로 되어 있으며, 각각의 내부 노드는 검사명을, 각각의 분기는 검사 결과를, 그리고 각각의 리프 노드는 진단 결과를 나타낸다. 루트 노드부터 리프 노드까지의 경로는 하나의 규칙을 나타낸다[12][13]. CKD-MBD 환자 치

료를 위한 결정 트리는 <그림 4>에 나타난다. 그 후 결정 트리는 실행 가능한 형태인 생성 규칙으로 변환되어 지식베이스에 저장된다[14].

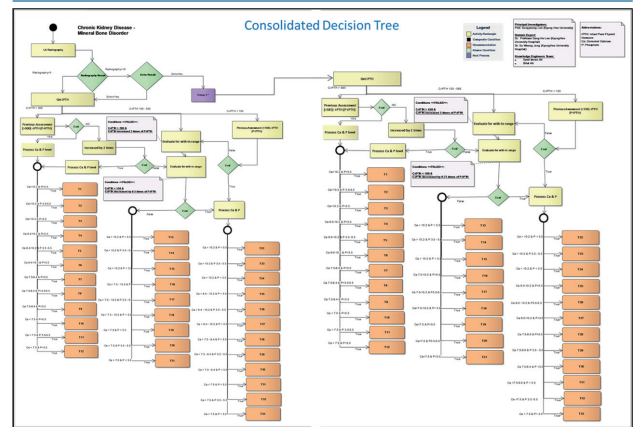


그림 4. CKD-MBD를 위한 결정 트리

2. 시스템 동작 과정

시스템을 실행하면 먼저 환자가 시스템에 사용자 등록을 수행하며, 이름, 성별, 생년월일 등의 기본 정보를 입력한다. 사용자가 등록되면 환자에게 고유 식별 번호인 의료 기록 번호가 부여된다. 기본 정보가 입력되면 환자의 의학 검사 결과를 입력한다. 제안 시스템은 측면 복부 방사선 촬영, 심초음파, 부갑상선 호르몬 수치, 인산염 수치, 칼슘 및 알부민 등의 검사 결과를 요구한다. 측면 복부 방사선 촬영 및 심초음파 검사는 1년에 한 번, 부갑상선 호르몬 검사는 3개월에 한번, 그리고 칼슘과 인산염 검사는 매일 수행한다. 각각의 검사 결과가 정해진 기한 내에 입력되지 않으면 환자 담당의에게 경고를 보낸다.

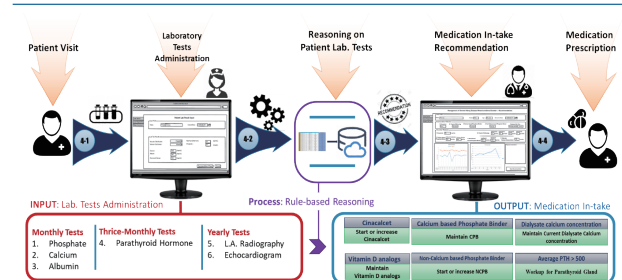


그림 5. 시스템 사용을 위한 환자 등록 과정

3. 환자 상태 결정 및 권고 사항

본 연구의 실험에는 환자가 두 개의 그룹으로 나뉜다. 첫 번째 그룹은 혈관 석회화에 양성인 환자들이며 두 번째 그룹은 음성인 환자들이다. 분류 방법은 측면 복부 방사선 수치에 의해 결정된다. 수치가 5보다 높으면 양성이므로 그룹 1로 분류된다. 5보

다 낮으면 심초음파를 확인하여 '존재'인 경우 그룹 1로, 그렇지 않으면 그룹 2로 분류된다. 각 그룹은 별도의 결정 트리를 가지며, 33개의 환자 상태 결론을 가진다. 결정 트리는 두 그룹이 비슷하지만 생성되는 권고 내용이 다르다. 결정 트리에는 3가지 주요 요인이 있으며, 이는 각각 PTH 수치, 보정된 칼슘 수치 및 인산염 수치이다. 보정된 칼슘 수치는 측정 칼슘과 혈청 알부민 수치를 가지고 다음 공식을 이용하여 계산한다.

보정 칼슘 (mg/dL) = 측정 칼슘 (mg/dL) + $0.8 \times [4 - \text{혈청 알부민 (g/dL)}]$

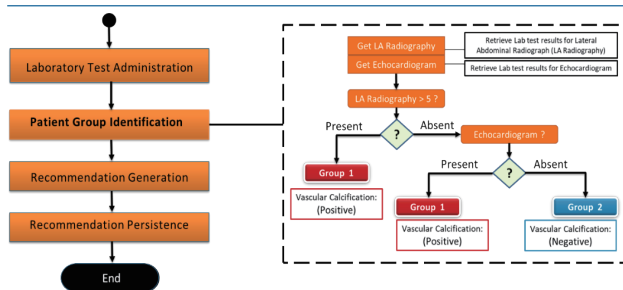


그림 6. 환자 분류

환자의 상태가 결정되면 투약 관리와 관련된 권고 사항이 전문의에게 제공된다. 일반적인 권고 사항의 내용은 <표 1> 및 <그림 7>과 같다.

표 1. 다중 요인 기반 권고 사항 양식

권고 요인	치료 선택 사항			
Cinacalcet	시작	유지	감소	중지
Vitamin D Analogs	시작	유지	감소	중지
Calcitriol	시작	유지	감소	중지
CPB	시작	유지	감소	중지
NCPB	시작	유지	감소	중지
Dialysate Concentration	0.25mmol/L로 증가	현재 투석액 농도 유지	0.25mmol/L로 감소	N/A

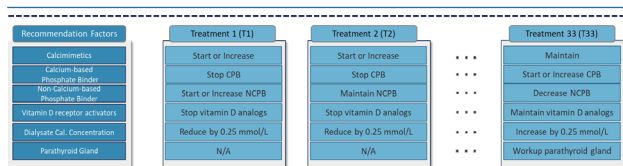


그림 7. 권고 사항 양식에 기반한 권고 예시

III. 실험 환경 및 결과

프로토타입 시스템은 3가지 화면을 가지고 있다. 첫 번째 화면은 사용자 로그인 화면이며, 로그인하면 두 번째 화면인 환자 기

록 입력 화면이 뜬다. 이 화면에서는 새 환자를 등록하거나 기존 환자를 검색할 수 있으며, 기본적인 환자 정보가 표시된다. 왼쪽 패널에는 입력한 필수 검사 결과가 표시되며, 오른쪽 패널에는 환자에게 투여된 약물의 종류를 표시한다. 세 번째 화면은 권고 사항 화면으로 치료 선택에 대한 상세 내용이 제공된다. 가장 오른쪽 패널에는 PTH, 인산염, 칼슘에 대한 통합 그래프가 나타난다. 또한 현재 투약 약물과 검사 결과가 처방 패널에 표시된다.

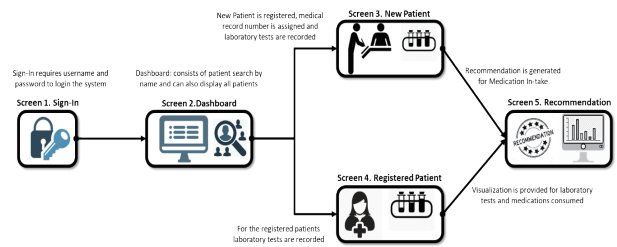


그림 8. 시스템이 제공하는 화면

시스템의 평가는 시스템이 생성한 권고와 의사가 제안한 권고의 일치율을 비교한다. 이를 위해 강동경희대학교병원으로부터 10명의 환자의 1년 추적관찰 데이터를 제공 받았으며, 성별의 비율은 남성 7명과 여성 3명이다.

환자는 여러 번 병원을 방문할 수 있으므로 환자의 치료 이력 추적을 위해 본 연구의 중요한 공헌 중 하나인 환자 개선 지표 (Patient Improvement Indicator, PII)를 이용한다. 이 지표는 일정 기간 동안의 치료 동향을 한 자릿수로 요약해서 제공한다. PII는 0부터 1 사이로 표시되며, 0은 현재 결과 값을 기준으로 정상상을 나타내고 1은 비정상상을 나타낸다.



그림 9. 환자 개선 지표(PII)

<그림 9>의 그래프를 살펴보면, 방문 초기에는 수치가 비정상이었지만, 지속적인 치료를 거친 안정화를 통해 나중에는 정상으로 돌아온다. 보다 자세한 환자의 평가를 위하여 처방된 의약품 뿐만 아니라 의학 검사 결과 모두에 대한 그래프를 살펴볼 수 있다. 칼슘, 인산염, 부갑상선 수치에 대한 그래프는 <그림 10>

에 나타나 있다. PTH는 칼슘, 인산염 및 부갑상선 호르몬 값의 집합적 결과에 기초하므로, 이러한 그래프들을 참조함으로써 치료 결과에 대한 전체적인 관점을 상세히 알 수 있다.

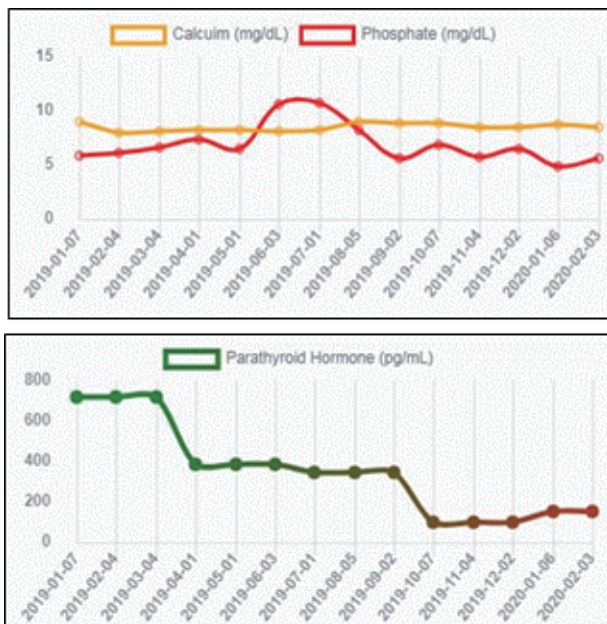


그림 10. (a) 칼슘/인산염 그래프 (b) 부갑상선 그래프

시스템이 생성한 권고와 의사가 제안한 권고의 일치성을 계산한 결과 89.33%가 나왔으며, 이를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$\text{일치율(시스템, 의사)} = \frac{(\text{시스템} \cap \text{의사})}{\text{권고 사항}}$$

의사마다 선호하는 처방 약물이 다르므로, 처방되는 약물의 종류로는 정확도를 판단하기 어렵다. 따라서 약물의 처방량에 따라 정확한 진단이 이루어지는 지 판단하는데, 예를 들어 의사가 약물 처방량을 늘렸을 때 “(약물 처방)시작 또는 증가” 권고를 생성하면 이는 정확한 권고를 진행 중이라고 간주한다. 각각의 권고 사항은 6개의 권고 요인을 가진다. 따라서 각각의 권고 사항에 대해 각각의 권고 요인에 대한 일치율을 평가하였다. 즉, 100개의 권고 사항에 대해 총 600개의 권고 요인에 대한 일치율 검사를 수행했다.

인스턴트 $t1 \sim t100$: 권고 요인 1 < Cinaclet > + 권고 요인 2 < Vitamin D > + 권고 요인 3 < Calcitriol > + 권고 요인 4 < PCB > + 권고 요인 5 < NCPB > + 권고 요인 6 < Dialysate >

$$\text{일치율 } t1 \sim t100: \text{일치} : 536 \mid \text{총} : 600 \Rightarrow \frac{536}{600} = 89.33$$

IV. 결론

본고에서는 CKD-MBD 환자의 치료에 대한 권고 사항 제공을 자동화하는 KDMS 시스템을 제안하였다. 이를 위해 전문가로부터 지식을 습득하고, 이를 마인드 맵으로 변환한 후에 컴퓨터가 이해 가능한 결정 트리 형태로 변환 후, 최종적으로 실행 가능한 생성 규칙으로 변환하여 지식베이스를 구축하였다. 또한 일정 기간 동안의 환자 기록에 대한 전반적인 요약을 제공하는 환자 개선 지표를 제안하였다. 제안 시스템을 100명의 실제 환자 데이터를 바탕으로 의사가 제안한 권고 사항과 시스템이 제안한 권고 사항의 일치율을 비교한 결과 89.33%를 달성하였다. 본 시스템은 사례 기반 추론 등의 데이터 기반 지식 획득 기법의 도입 등 다양한 방법으로 확장 가능하다. 또한, 시스템은 환자 개선 지표를 사용하여 개선된 사례에 따라 복용 권장량을 미세 조정할 수 있으며, 이에 따라 보다 세분화된 수준에서의 권고사항 제공이 가능하다.

Acknowledgement

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원(IITP-2017-0-01629, IITP-2017-0-00655, IITP-2020-0-01489)과 한국연구재단의 지원(NRF-2016K1A3A7A03951968, NRF-2019R1A2C2090504)을 받아 수행된 연구임.

참고 문헌

- [1] Fukagawa, Masafumi, et al. “Clinical practice guideline for the management of chronic kidney disease—mineral and bone disorder.” *Therapeutic Apheresis and Dialysis* 17.3 (2013): 247-288.
- [2] Spiegel, David M., et al. “A computerized treatment algorithm trial to optimize mineral metabolism in ESRD.” *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* 7.4 (2012): 632-639.
- [3] Yeh, Jinn-Yi, and Tai-Hsi Wu. “A Decision Support System for Predicting Hospitalization of Hemodialysis Patients.” *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Social,*

- Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering 3.5 (2009): 535-545.
- [4] Shuiping, Liu, Liang Xianyu, and Ma Lingyun. "Colon Affusion Dialysis Treatment Machine Based on Fuzzy Neural Control [J]." Computer Automated Measurement & Control 8 (2005).
- [5] Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD-MBD Work Group. "KDIGO clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, prevention, and treatment of Chronic Kidney Disease-Mineral and Bone Disorder (CKD-MBD)." Kidney international. Supplement 113 (2009): S1.
- [6] Bellazzi, Riccardo, et al. "Intelligent Data Analysis techniques for Quality assessment of hemodialysis services." Accessed on (2002).
- [7] Akl, Ahmed I., et al. "Artificial intelligence: a new approach for prescription and monitoring of hemodialysis therapy." American journal of kidney diseases 38.6 (2001): 1277-1283.
- [8] Bellazzi, Riccardo, et al. "Intelligent Data Analysis techniques for Quality assessment of hemodialysis services." Accessed on (2002).
- [9] Song, Xudong, Zhanzhi Qiu, and Jianwei Mu. "Study on Data Mining Technology and its Application for Renal Failure Hemodialysis Medical Field." International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT) 4.3 (2012).
- [10] Milani, Richard V., Sylvia A. Oleck, and Carl J. Lavie. "Medication errors in patients with severe chronic kidney disease and acute coronary syndrome: the impact of computer-assisted decision support." Mayo Clinic Proceedings. Vol. 86. No. 12. Elsevier, 2011.
- [11] Patwardhan, Meenal B., et al. "Recommendations for a clinical decision support for the management of individuals with chronic kidney disease." Clinical Journal of the American Society of Nephrology 4.2 (2009): 273-283.
- [12] Yu, Hyeong Won, et al. "Use of mind maps and iterative decision trees to develop a guideline-based clinical decision support system for routine surgical practice: case study in thyroid nodules." Journal of the American Medical Informatics Association 26.6 (2019): 524-536.
- [13] Hussain, Maqbool, et al. "Guideline-enabled data driven clinical knowledge model for the treatment of oral cavity cancer acquired through a refined knowledge acquisition method." (2019).
- [14] Hussain, Maqbool, et al. "Cloud-based Smart CDSS for chronic diseases." Health and Technology 3.2 (2013): 153-175.

약 력



이 상 호

1988년~1994년 경희대학교 의과대학 졸업
1996년~2002년 경희대학교 의과대학원, 박사
2006년 3월~현재 강동경희대병원 신장내과장
2009년 6월~2010년 미국 스탠포드대 신장이식연구소 연수
2012년~현재 경희대학교 의과대학 신장내과학교실
주임교수
관심분야: Role of inflammation in kidney disease
Role of Substance P in kidney regeneration
Biomarker discovery in kidney diseases and transplantation



정 수 웅

2007년 경희대학교 의학사
2019년 경희대학교 의학박사 (석박통합과정)
2018년~2020년 강동경희대학교 병원 신장내과 임상강사
2020년~현재 강동경희대학교 병원 내과 촉탁의
관심분야: 만성신질환, 혈액투석, 신이식



Syed Imran Ali

2008년 파키스탄 Iqra University 컴퓨터공학 학사
2011년 파키스탄 NUCES 컴퓨터공학 석사
2015년~현재 경희대학교 컴퓨터공학 박사과정
2012년 ~2015년 파키스탄 NUCES 강사
관심 분야: 응용기계학습, 데이터 사이언스, 의료 분석



Hafiz Syed
Muhammad Bilal

2008년 파키스탄 National University of Sciences and
Technology 컴퓨터공학 석사
2014년~현재 경희대학교 컴퓨터공학 박사과정
관심분야: 행위 정량화 및 평가, 기계학습,
행위 모델링 및 적용



김 영 신

1979년 연세대학교 이학사
1979년~2017년 한국IBM, NIA, NIPA, 세브란스병원 등 근무
2017년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 산학협력중점교수
관심분야: SW공학/의료플랫폼

약 력



이 승 롱

1978년 고려대학교 학사
1987년 Illinois Institute of Technology 전산학 석사
1991년 Illinois Institute of Technology 전산학 박사
1993년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야: 유비쿼터스컴퓨팅, 상황인지 미들웨어,
지능형 컴퓨팅, 디지털 헬스케어