

# 치과보철 치료에 대한 공유 의사결정 지원 시스템의 개발

박선규†

S 리더치과병원

## 국문초록

**연구목적 :** 공유 의사결정 (shared decision making)은 의사의 의학적인 근거와 환자의 선호도를 상호 참조하여, 치료에 대한 의사결정에 환자를 참여시키려는 접근법이다. 이는 환자중심 진료의 윤리성뿐만 아니라, 의사결정 과정에서의 질적인 향상을 가져온다. 이런 접근법은 비교적 활발히 연구되었으나, 실제로 치과 임상환경에서 사용할 수 있는 도구는 거의 개발되지 않았다. 이에 본 연구는 치과보철 치료에 대한 공유 의사결정 지원시스템을 제안하고자 한다.

**연구방법 :** 이 시스템은 치료 방법을 결정하는데 요구되는 임상적인 지식을 온톨로지 기술을 기반으로 추론하여, 공유 의사결정의 토대가 되는 임상적인 대안들을 제시한다. 그 대안들 중에서 최종 의사결정을 내리기 위해 환자의 선호도를 중요하게 고려하였고, 우선순위 결정을 위해서 다기준 의사결정 방법 중의 하나인 analytic hierarchy process(AHP) 방법을 이용하였다. 이 시스템은 치과보철 치료에 대한 환자 선호도에 따른 근거중심의 치료대안들을 시각적으로 보여줄 수 있도록 웹 어플리케이션의 형태로 개발하였다. 개발된 시스템은 47명의 치과의를 대상으로 AHP 방법에 따라 비교, 평가하였다.

**연구결과 :** 이 시스템은 타 치과관련 프로그램과 비교하여 편의성 측면에서 0.581, 디자인 측면에서 0.696, 기능적 측면에서 0.553의 가중치를 가졌다. 이 기준에 따른 이 시스템의 종합적인 의사결정 가중치는 0.596으로 나타났다.

**결 론 :** 이 시스템은 의사와 환자간의 공유 의사결정을 위한 상호작용의 토대가 될 수 있으며, 환자에게 적합한 치료방법을 결정하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

**색 인 어 :** 공유 의사결정, 온톨로지, analytic hierarchy process, 치과보철 치료

† 투고일: 2014. 4. 15. 논문심사일: 2014. 5. 2. 논문확정일: 2014. 5. 16  
교신저자: 박선규, (143-914) 서울시 광진구 능동로 103 동서빌딩 S리더치과병원  
전화: 82-2-466-7528, Fax: 82-2-466-7628, E-mail: iontiger@gmail.com

## 1. 서론

환자와 의사는 만족스런 치료 결과를 얻기 위해 다양한 의사소통을 한다. 환자가 자신의 불편감을 의사에게 호소하면 의사는 환자의 의학적 증상에 따라 최선의 치료 방법에 대해 설명해주고 환자는 이에 따르게 된다. 이런 전통적인 방식에서는 환자가 의사의 지시에 따르는 한 방향의 의사소통을 하게 된다. 일방적인 의사소통은 최근 사회, 문화, 경제적 변화와 맞물려 변화하게 되었다. 환자는 진료비가 부담되어 의사에게 진료의 질에 상관없이 저렴한 치료대안은 없는지 물어볼 수도 있고, 혹은 진료비에 상관없이 부작용이 가장 적은 치료대안을 요구할 수도 있다. 결국 환자 선호도의 차이에 따라 치료 방향은 의사의 임상적 견해와 크게 다를 수 있다. 이렇듯 환자와 의사간의 의견 차이를 극복하려면 쌍방향의 의사소통을 할 필요가 있다. 환자와 의사간의 효과적인 의사소통을 돕는 방편으로 공유의사결정을 이용할 수 있다.

임상에서 공유의사결정 (shared decision making)이란 의사의 의학적 근거와 환자 선호도를 상호 참조하여, 치료에 대한 의사결정에 환자가 참여하는 행위를 뜻한다 (Charles C et al. 1997). 여기서는 환자의 의학적 문제를 해결하기 위한 여러 치료 방법들에 대한 모든 근거와 정보를 제공하고, 환자 선호도에 따라 가장 적합한 치료 대안들 중의 하나를 선택하는 것이다. 공유의사결정은 두 가지 장점이 있다. 먼저 의사 측면에서는 치료 방법에 대한 모든 위험요인과 혜택을 환자에게 고지함으로써 진료의 윤리성을 보장하고, 진료의 질적인 향상을 가져온다 (Stewart MA 1995). 환자 측면에서는 환자의 만족도와 자아존중감을 증가시킬 수 있다 (Stewart 1995; Crawford MJ et al. 2002). 이와 같은 장점에도 불구하고, 의사는 실제 임상현장에서 공유의사결정을 널리 실행하지 못하고 있다.

임상 현장에서 공유의사결정의 실행을 가로막는 요인은 다음과 같다. 의사의 공유의사결정에 대한 부정적인 태도, 미숙한 의사소통 능력, 복잡한 과정, 바쁜 임상현장이다 (L gar F et al. 2006). 의사는 일반적으로 진단과 치료에 대해 다소 권위적인 태도를 보이며, 환자 증상에 따른 모든 치료 대안들을 나열하는 과정을 복잡하게 생각한다. 또한, 환자와 쌍방향의 의사소통에 서투르고, 환자 선호도를 파악하고 충분히 의사소통을 할 여유가 없다. 이러한 여러 장애물을 극복하기 위한 방법으로 컴퓨터 기술을 활용하면 효과적일 것이다.

컴퓨터 기술을 활용한 임상 의사결정 지원 시스템이 공유의사결정의 실행을 도와줄 수 있다 (Elwyn G et al. 2010). 이 시스템은 환자의 데이터를 분석하여 진단, 치료, 예방과 같은 임상에서 부딪히는 모든 문제들에 관한 의사결정을 도와준다. 이는 의학적 근거에 손쉽게 접근할 수 있게 하여 의사의 부담을 줄여줄 수 있고, 다양한 치료 대안들의 장점과 단점을 파악하기 용이하게 하여 의사의 시간을 절약해 줄 수 있다. 환자 선호도를 파악하고 분석할 수 있는 도구를 제공하여 의사의 미숙한 의사소통 기술을 대신할 수 있고 신속한 처리가 가능하게 할 수 있다. 이처럼, 임상 의사결정 지원 시스템은 공유의사결정에 큰 기여를 할 수 있다.

공유 의사결정에 효과적인 임상 의사결정 시스템이 되기 위해서는 두 가지 조건을 만족해야 한다. 첫째는 의사의 방대하고 복잡한 임상 도메인 지식을 체계적이고 관리 가능한 형태로 만들 수 있어야 한다 (Musen MA 2001). 둘째는 환자 선호도를 파악하고 이를 임상 현장에 적용할 수 있어야 한다 (Brennan PF and Strombom I 1998). 첫 번째 조건을 만족시키기 위해서는 재사용가능하고 시스템 독립적인 도메인 지식 체계 또는 구조적 틀이 필요하다. 이는 지식 획득 및 관리에 요구되는 노력을 최소화시켜줄 수 있을 것이다 (Grunder T 1993). 두 번째 조건을 만족시키기 위해서는 서로 다른 환자 선호도를 측정하고 분석할 수 있는 방법이 필요하다.

임상 도메인 지식 체계를 구축하기 위한 하나의 방법으로 온톨로지 기술이 있다. 온톨로지란 지식을 명세화하는 것을 뜻하며, 특히 의료정보학 분야에서 활발히 연구되고 있는 분야이다. 임상 지식 체계를 구축한 다른 예로 의료 용어 시스템이 있으나, 단순한 용어 목록이거나 트리 형태인 경우가 많아 지식의 표현력이 적다. 어떤 시스템이 좀 더 표현력이 큰 지식을 요구하는 경우에는 기존의 의료 용어 시스템만으로는 부족하게 된다. 온톨로지는 다양한 로직을 기반으로 개념을 정교하게 표현할 수 있다. 실제 온톨로지를 이용한 임상 의사결정 지원 시스템에 대한 연구뿐만 아니라 생명정보학 분야에서 복잡한 유전자의 식별에도 많은 연구가 이루어지고 있다. 그럼에도 불구하고 치과 분야의 온톨로지를 개발하고 이를 시스템에 적용한 연구는 거의 찾아보기 힘들다.

환자 선호도의 측정과 분석에 유용한 방법으로 analytic hierarchy process(AHP) 방법이 있다. 이 분석 방법은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 여러 요소간의 쌍대비교 분석을 통하여 의사결정자의 지식, 경험 및 직관을 포착하는 의사결정 방법이다 (Saaty TL 2008). 이 방법은 분석 과정이 간단하고, 정량적 요소와 정성적 요소를 동시에 고려하기에 용이하다. 여러 기업에서 투자계획의 타당성 검토와 전략계획 수립 시에 활용하고 있다. 의료 분야에서는 개념화하기 어려운 환자 선호도를 계층화하여 이끌어내어 비교 분석하는 연구 (Liberatore MJ and Nydick RL 2008)가 최근 이루어졌으나 아직 치과보철 환자 선호도의 측정과 분석에 활용한 사례는 없었다.

이 연구는 치과보철 치료에 대한 공유 의사결정 지원 시스템을 제안하고자 한다. 이 시스템은 치과보철 치료에 관련한 임상지식을 획득, 관리하기 위해 기계가 이해할 수 있는 형태인 온톨로지를 이용한다. 이 시스템은 AHP 방법을 이용하여 환자 선호도를 기반으로 한 치과보철 치료 대안들에 대한 우선순위를 도출한다. 이는 환자와 의사간의 공유 의사 결정을 위한 도구로서의 역할을 수행할 수 있을 것이다.

## II. 연구대상 및 방법

연구 방법은 치과보철 치료에 대한 공유의사결정 지원 시스템을 개발하는 것이다. 우선 전체적인 시스템의 설계도를 살펴보고, 임상 지식을 체계화하기 위한 온톨로지의 구축과정을 단계별로 자세히 설명하고자 한다. AHP 방법을 이용하여 어떻게 환자 선호도를 측정하고 분석하였는지를 기술하고, 온톨로지와 AHP 방법을 통합한 웹 어플리케이션 구축 과정을 설명하고자 한다.

### 1. 시스템의 설계

이 시스템의 전체적인 기능적 명세 (functional description)는 그림 1에 도해하였다. 우선, 환자의 구강 검진을 통해서 질환과 이환 부위와 같은 정보를 수집한다. 이 정보는 이 시스템에 내장된 온톨로지의 인스턴스 (instance)로 추가된다. 시스템에 내장된 온톨로지는 치과보철 치료에 대한 근거를 저널, 교과서, 치과 전문의의 도움을 받아 미리 작성된 것이다. 환자의 치의학적 문제점에 관한 정보를 담고 있는 온톨로지에 질의 (query)를 하여 자동적으로 근거중심의 치과보철 치료 대안들이 도출된다. 그리고 시스템은 환자로부터 편의성, 가격, 심미성, 보철물의 수명과 같은 선호도를 쌍대 비교 (pairwise comparison) 방법으로 입력을 받는다. AHP 방법에 따라, 환자 선호도의 쌍대 비교를 통해 각 치과보철 치료 대안들에 대한 가중치가 자동적으로 계산된다. 가중치가 높은 순서대로 환자의 선호도에 맞는 보철 치료 대안임을 의미한다. 이제, 치과의사와 환자는 의사결정을 내릴 수 있는 정보를 얻었고, 쌍방향 의사소통을 거쳐 공유의사결정을 내릴 수 있다.

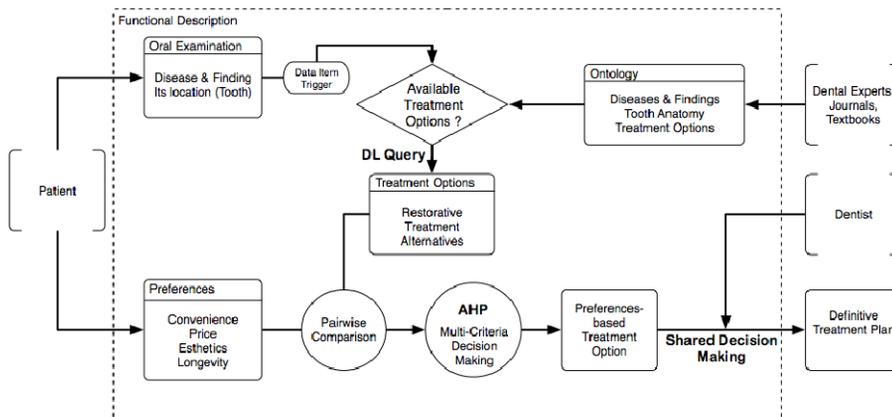


그림 1. 치과보철 치료에 대한 공유의사결정 지원 시스템의 기능적 명세

## 2. 온톨로지 디자인

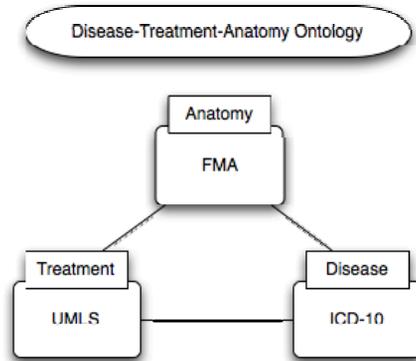


그림 2. 질병-치료-해부학적 개념의 상호적 연결

치과보철 치료 대안을 제시할 목적으로 온톨로지를 개발하는데 다음과 같은 세 가지 요소 (질병과 증상의 분류 개념, 공간 관계를 포함한 치아 해부학적 개념, 치과보철 치료 개념)를 고려하였다(그림 2).

질병과 증상의 개념은 ICD-10 (The International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, ICD) 용어 시스템을 이용하였고, 치아 해부학적 개념은 FMA (Foundational Model of Anatomy) 온톨로지에서 가져왔다. 치과보철 치료 개념은 이 연구에서 직접 개발하였다. 세 가지 요소를 포함한 전체 온톨로지를 TPSS (Treatment Planning Support System) 온톨로지라 명명하고, 각 개념을 통합하였다. 기존 온톨로지를 이용하는 것은 재사용성을 높이고, 기존 온톨로지와 상호운용성을 높일 수 있을 것이다.

기존 온톨로지를 이용하는 것은 때로 복잡한 문제에 부딪힌다. 해부학적 개념을 표현하기 위해 이용한 FMA 온톨로지는 방대한 양의 콘셉트들로 구성되어 시스템의 효율성을 떨어뜨린다. 게다가 TPSS 온톨로지는 OWL 2를 이용하여 개념을 표현하였는데, FMA는 frame이라는 다른 표현 방식으로 개념화되어 통합하기 어렵게 만든다. 반대로 ICD-10 용어 시스템은 질병의 분류 계층만 포함하고 있어 너무 단순하다. 따라서 재사용할 기존 온톨로지를 이 연구의 목적에 맞게 다듬는 작업이 선행되었다.

FMA 온톨로지는 의학 분야의 온톨로지를 개발할 때 가장 적합한 템플릿으로 고려되고 있는 참조 해부학 온톨로지이다 (Rosse C and Mejino JL Jr 2003). FMA 온톨로지는 인간의 해부학적 구조물에 대한 명시적인 선언적 지식 (explicit declarative knowledge)을 표현한 도메인 온톨로지이다. 해부학적 구조에 대한 개념을 표현하기 위하여 클래스와 type (일종의 인스턴스와 비슷한 개념)을 사용하고 그 부분-전체 관계 (part-whole relationship)가 정의된 온톨로지이다. 세포에서부터 장기에 이르는 70,000개가 넘는 개별 해부학적 개념을

포함하고, 이 개념은 110,000개가 넘는 해부학 용어와 연관되어 있다. 170가지가 넘는 관계 (relationship)로 연결된 인스턴스 (instance)의 수는 150만개가 넘는다. 이런 방대한 FMA 온톨로지에서 치아와 관련된 클래스만 TPSS 온톨로지로 가져왔고, 기존의 부분-전체 관계 구조는 유지하면서 OWL 형식에 맞추어 변환하였다.

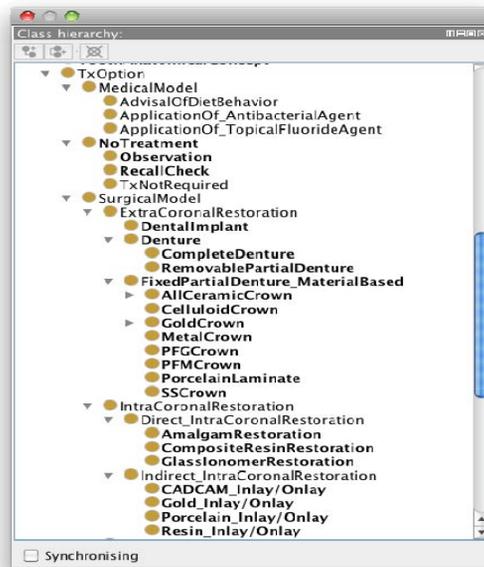


그림 3. TPSS 온톨로지의 치과보철 치료 클래스(Tx, option class) 계층

치과보철 치료 대안에 대한 기존 온톨로지는 없었다. 따라서 TPSS 온톨로지에 포함된 치과보철 치료방법은 UMLS (Unified Medical Language System) metathesaurus에서 필요한 콘셉트들을 빌려와, 직접 계층화, 구조화시키고 질병, 해부학적 구조 콘셉트와 연결하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이, 치과보철 치료 대안들의 개념을 모두 포함한 최상위 계층을 Tx Option 클래스로 정의하고, medical model, surgical model, no treatment 클래스로 크게 세부분으로 나누었다. medical model 클래스는 침습적 치료방법에 상반되는 것으로, 식이조절, 항생제 처방, 불소 도포와 같은 클래스를 하위에 두고 있다. surgical model 클래스는 침습적인 치료를 표현하기 위한 것으로, 치관외 수복치료 (extracoronaral restoration) 와 치관내 수복 치료 (intracoronaral restoration) 로 나뉜다. 치관내 수복 치료는 직접법과 간접법으로 나누어 세분화하였다.

질병, 치료, 해부학적 개념은 RO (relation ontology) (Smith, Ceusters et al. 2005)의 속성을 이용하여 의미적으로 연결하였다. RO에서 part\_of, located\_in, has\_participant 의 세 가지 속성을 가져왔다. part\_of 속성은 TPSS 온톨로지서 부분-전체 관계를 표현하는데 이용하였다. located\_in 속성은 일반적으로 위치관계를 표현하는데 이용하는데, 이 연구에서는 이런 일반적인 관점보다 넓은 의미로 이용하였다. 치료 개념이 치아의 해부학적 구조

개념에 위치한다고 표현하였다. 따라서 아말감 수복이라는 치료는 금속 색으로 인해 전치부 치아에 위치할 수 없다고 표현할 수 있다. 그림 4는 amalgam restoration 클래스가 구치부 치아 클래스와 located\_in (노란색 점선) 속성으로 연결된 것을 보여주고 있다. located\_in 속성이 해부학적 구조간의 공간 관계를 표현하는 것뿐만 아니라 치료 클래스와 해부학적 구조 클래스를 연결하는데 사용함으로써, 간결한 온톨로지를 개발하는데 효과적으로 기여하고 있다 (Schulz S et al. 2007). RO에서 occurs\_with와 continuants를 연결하는 속성은 has\_participant 이다. 따라서 TPSS 온톨로지에서는 occurs\_with에 해당하는 치료 클래스와 continuants인 질병 클래스를 has\_participant 속성으로 연결하면 된다. 그러나 이 연구의 목적에 적합한 속성 이름을 가지기 위해서 has\_participant 의 서브클래스로 has\_Indication 속성을 생성하고, 이를 통해 치료 클래스와 질병 클래스를 연결하였다. 그림 4는 amalgam restoration 클래스가 caries\_of\_dentine, caries\_limited\_to\_enamel, other\_dental\_caries, dental\_caries\_unspecified 와 같은 치아 우식증 질병과 has\_Indication 속성 (빨간색 점선)으로 연결된 것을 보여주고 있다.

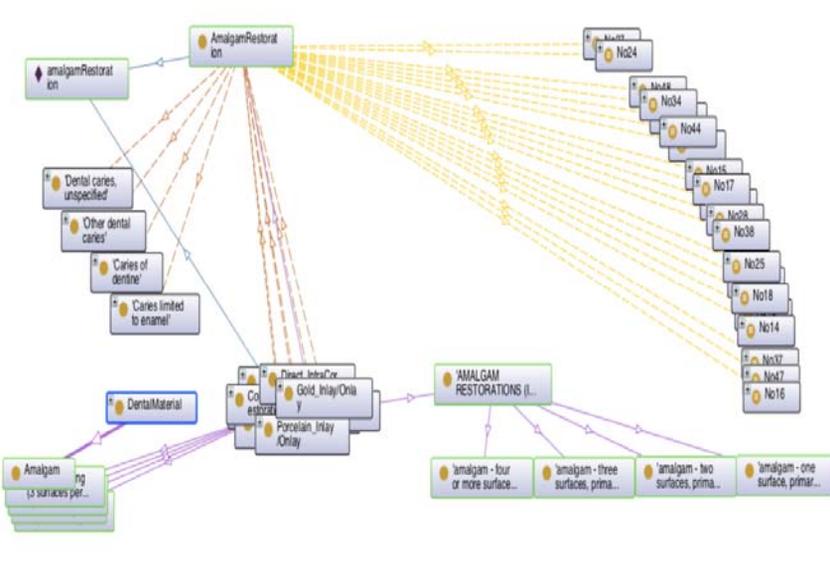


그림 4. Amalgam restoration 클래스와 속성으로 연결된 클래스

### 3. AHP 적용 과정

이 연구에서 AHP 방법은 다음과 같은 세 단계를 거쳐서 이루어졌다: 1) 문제를 계층화하여 모델링; 2) 의사결정 요소 간의 쌍대비교 (pairwise comparison)로 판단자료를 수집하고 고유벡터 방법을 사용하여 의사결정 요소의 상대적 가중치 계산; 3) 의사결정 요소의 상대적인 가중치를 종합하여 의사결정에 활용.

첫 번째, 이 연구의 의사결정 문제를 계층화하여 모델링하였다. 이 계층은 의사결정 목표 (goal), 기준 (criteria), 대안 (alternative) 으로 구성되었다. 그림 5. 이 연구의 의사결정

목표는 환자에게 가장 적합한 치과보철 치료 방법을 선택하는 것이다. AHP 계층 모델에서 대안은 환자의 질환과 그 이환부위를 기반으로 이 시스템의 온톨로지를 추론한 것이다. 치아 우식증 질환에 대한 대안의 예는 그림 5에서 보는 바와 같이 gold inlay restoration, composite resin filling, amalgam filling이 될 수 있을 것이다. AHP 계층 모델에서 기준 요소는 환자의 선호도가 되었다. 이 연구에서 환자의 선호도를 측정하기 위한 지표로 네 가지를 선택하였다: 치료의 편의성; 심미성; 가격; 수명 (longevity). 이 지표는 선호도를 기반으로 의료 서비스 시장을 세분화한 연구 (Woodside AG et al, 1988)에서 주로 참조하였다. 환자 선호도 지표 중에서 치료의 편의성은 환자의 내원횟수로 좀 더 구체화하였다.

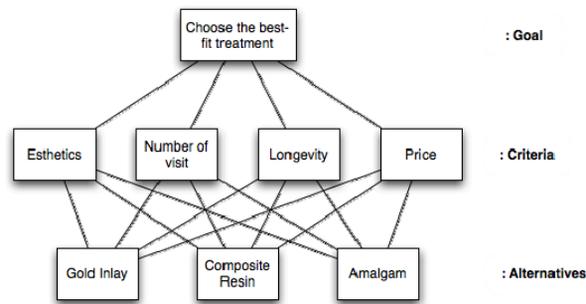


그림 5. AHP 방법에서 치과보철 치료 의사결정 문제를 계층화한 모습

두 번째, 의사결정 요소 간의 쌍대비교 (pairwise comparison)로 판단자료를 수집하고 고유벡터 방법을 사용하여 의사결정 요소의 상대적 가중치를 계산하였다. 의사결정 요소 간의 쌍대비교는 두 유형으로 이루어진다. 의사결정 목표를 달성하기 위한 기준 요소의 중요성에 대한 비교와 의사결정 기준을 만족시키는 의사결정 대안들의 능력에 대한 비교이다. 이 연구에서는 의사가 후자의 비교를 시행하게 되었다. 왜냐하면, 환자는 치과보철 치료 대안들이 어떻게 환자 선호도 지표에 적합한지 평가할 수 없기 때문이다. 치과보철 치료 대안의 환자 선호도 지표에 대한 쌍대 비교는 실제 임상에 참여하고 있는 여러 치과 의사들이 시행하였다. 여기에서 구해진 쌍대 비교 값들을 온톨로지의 각 클래스의 속성 값으로 입력하였다. 쌍대 비교 값의 고유벡터 값을 구하여 대안의 상대적 가중치를 계산하는 것은 시스템에서 자동적으로 수행하게 하였다.

의사결정 대안들의 쌍대 비교 값은 온톨로지의 data 속성을 이용하여 저장하였다. 사용한 data 속성은 표 3에 보는 것처럼 치료의 편의성, 심미성, 가격, 수명에 관련한 속성이다. 이 data 속성은 도메인 값으로 tx option 클래스로 가지고, 레인지(range) 값으로 integer (XML에서 data 표현을 위해 정의한 값으로 음의 정수, 0, 양의 정수를 포함)를 가진다. has esthetic value 속성은 치과 보철 치료의 심미성에 관한 정량적인 지표의 상대적 중요도를 data 값으로 가지고, has longevity of restoration 속성은 치과 보철 치료의 수명을 상대적인 관점에서 보았을 때 비교 값을 가진다. has number of visit 속성은 치료의 편의성을 측

정하기 위한 참조 지표로서 치료완료까지 내원해야하는 횟수를 값으로 가진다. has price 속성은 치과 보철 치료에 대해 환자가 부담해야 하는 비용을 값으로 가지며, 이에 속하는 금액은 치과마다 상이할 것이다. 금액을 원화 단위 그대로 data 값으로 가짐으로써 치과마다 상이한 가격에 대응할 수 있는 유연한 구조를 만들었다. 물론 앞의 세 개의 속성과 data의 범위가 다르므로 정규화 할 필요가 있고, 이는 시스템 내의 로직에서 처리하였다.

의사결정 목표를 달성하기 위한 기준 요소의 중요성에 대한 비교는 환자가 시행할 것이다. 이는 각 환자의 선호도 지표에 대한 상대적인 가중치를 구하기 위한 작업이므로, 사전에 미리 입력할 수 없는 값이다. 4가지의 선호도 지표 (치료의 편의성, 심미성, 가격, 수명)에 대한 쌍대비교는 총 6번 시행하게 된다. 이 연구의 시스템에서는 슬라이더 유저 인터페이스를 이용하여 손쉽게 쌍대비교를 할 수 있도록 하였다. 환자가 쌍대비교를 완료하면, 고유펙터 방법을 이용하여 기준 요소간의 상대적인 가중치를 구할 수 있다. 이 가중치 값이 환자의 선호도를 나타내는 값이 된다.

세 번째, 의사결정 요소의 상대적인 가중치를 종합하여 의사결정에 활용하였다. 구체적으로 두 번째 단계에서 시행한 기준과 대안의 상대적인 가중치를 곱한 값을 이용하여 최종 의사결정에 사용하였다. 이 값은 의사결정 목표를 달성하기 위한 대안의 상대적인 능력으로 해석할 수 있다. 구현된 시스템에서는 이 값을 막대그래프의 형태로 시각화하였다. 이는 의사와 환자가 공유의사결정을 하기 위해 적합한 시각화 자료가 될 것이다.

#### 4. 구현

이 시스템은 오픈 소스인 Adobe Flex를 이용하여 구현하였다. OWL API (Horridge M and Bechhofer S 2009)를 이용하여, 온톨로지의 생성, 저장, 삭제 등을 구현하였다. Pellet 추론기 (reasoner)를 이용하여 온톨로지의 일관성을 검토하였고, 클래스 간의 포함관계 (subsumption relationship)를 추론하였다. AHP 방법을 구현하기 위해 java언어를 이용하여 로직을 구성하였고, 웹 어플리케이션을 구동하기 위한 서버로는 tomcat을 사용하였다(그림 6).

각 세부 기능은 다음과 같다. 상단에 위치한 버튼은 새로운 환자를 생성, 저장하고, 언어를 영어나 한국어를 선택하는 기능을 한다. 좌측의 창에는 저장된 환자들의 이름이 나열된다. 그 아래에는 이름, 나이, 성별, 결혼유무, 방문 경로와 같은 환자의 인구 통계적 변수가 표시된다. 화면 중앙에는 치아의 모습이 보이고, 그 상단으로 환자가 가진 질병이나 증상을 선택할 수 있는 풀-다운 메뉴가 있다. 크게 상실, 치아우식증, 기존 보철물의 상태를 선택할 수 있다. 상실을 선택하고 그 이환 부위의 치아를 클릭하면 'M' 아이콘이 그 치아의 우측 상단에 나타나 사용자에게 시각적으로 도움을 준다. 치아우식증의 경우엔 'D', 기존 보철물의 경우는 'F'가 나타난다. 화면 중앙의 하단에는 이환 부위 치아의 정보가 표시되고, 그 아래로 각 선호도 지표를 두개씩 짝지어 비교, 입력할 수 있는 슬라이더 인터페이스가 구현되어 있다. 그 오른쪽 화면은 온톨로지 추론한 치료 대안들을 나열해주고, 각각 AHP 방법에서 도출한 최종 중요도를 막대그래프 형태로 보여준다.

이 인터페이스를 이용하는 흐름은 다음과 같다. 먼저 최초 신환인 경우는 환자 등록을 하고, 기존 구환인 경우는 리스트에서 스크롤하면서 선택하거나, 검색을 하여 선택한다. 신환은 환자 정보를 입력해야 한다. 구체적으로 이름, 나이, 성별, 결혼유무, 주소, 우편번호, 방문 경로의 정보를 입력한다. 다음은 환자의 질병이나 증상을 선택한다. 화면 중앙의 치아 그림 위의 메뉴를 클릭하면, 세부적인 선택을 할 수 있다. 이렇게 선택을 하면, 온톨로지는 이 질병이나 증상에 따른 치료 대안들을 추론하여 우측 하단에 나열해준다. 이때는 이 질병의 이환 부위가 입력되지 않았기 때문에 매우 넓은 범위의 치료 대안들이 나열된다. 다음으로 이환부 위 치아를 선택한다. 이렇게 질병과 이환 부위가 모두 선택이 되면 온톨로지가 추론한 치료 대안이 좀 더 좁혀져서 나열된다. 이후에는, 환자 선호도를 입력해야 한다. 중앙 하단의 슬라이더 인터페이스를 이용하여 환자는 선호도 지표를 쌍대비교하면 된다. 슬라이더를 중앙에 위치시키면 두 선호도는 동일한 중요성을 갖고 있다는 의미이다. 환자가 슬라이더를 한쪽으로 치우치게 위치시키면, 슬라이더 눈금에 가까운 선호도 지표가 먼 선호도 지표보다 중요하다는 것을 의미한다. 이런 방식으로 여섯 가지 쌍대비교를 마무리하면 치료 대안에 대한 최종 중요도가 나타난다. 이 중요도를 환자와 의사가 참조하여 공유의사결정을 내릴 수 있다.

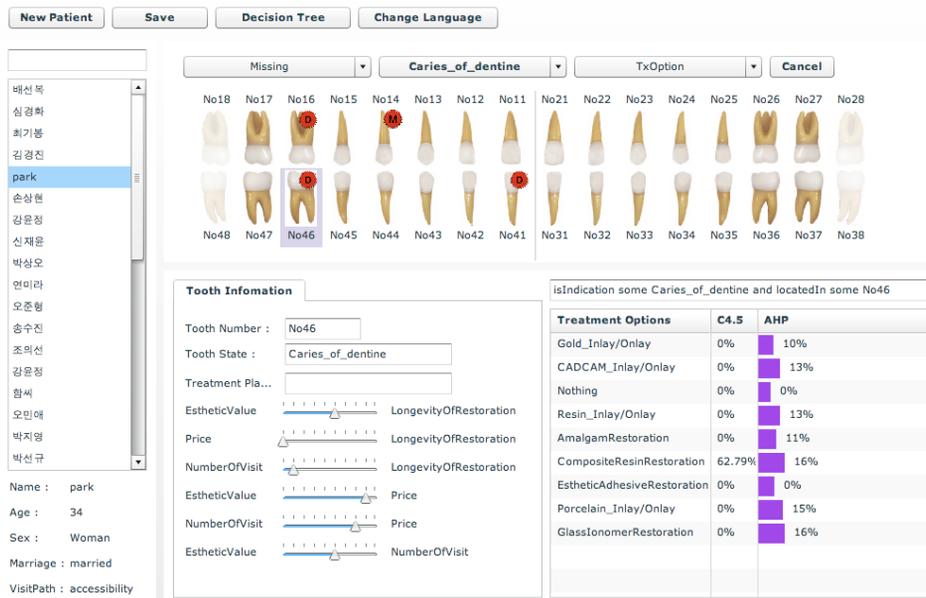


그림 6. 구현된 웹 어플리케이션의 모습

## 5. 평가

구현된 시스템을 47명의 치과 의사에게 시연하고, 타 치과 프로그램과 비교하고자 하였다. 각 치과 의사에게 편의성, 디자인, 기능의 다기준(multi-criteria)에 따라 의사결정을 내리도록 설문을 구성하였다. AHP방법에 따라 각 기준별로 쌍대비교를 시행하였고, 그 기준에 따

라 이 시스템과 타 치과프로그램을 비교하도록 하였다.

### III. 연구결과

47명의 제한된 치과의사에게 구현된 이 시스템을 시연하고, AHP방법에 따라 평가한 결과는 다음과 같다. 우선, 기준으로 설정된 3가지(편의성, 디자인, 기능) 속성에 대한 쌍대비교 결과는 그림 7에 나타내었다. 치과 프로그램이 가져야할 속성으로 편의성과 디자인 사이의 쌍대비교 결과, 47명의 치과의사는 편의성이 디자인보다 중요하다고 답변하였고, 그 가중치는 3.2이다. 편의성과 기능 사이에서는 편의성이 조금 더 중요하다고 답변하였고, 그 가중치는 1.02 이다. 디자인과 기능 간에는 기능이 더 중요하다고 답변하였고, 가중치는 1.04로 나타났다.

설정된 3가지 기준 속성에 대해서 이 시스템 (tx plan이라 명명)과 현재 사용하고 있는 다른 치과관련 프로그램 (others라 명명)을 비교한 결과는 그림 8에 나타내었다. 편의성 측면에서 이 시스템이 조금 더 낮다고 평가하였고, 가중치는 0.581로 나타났다. 디자인 측면에서도 이 시스템이 더 시인성이 좋다고 평가하였고, 가중치는 0.696로 나타났다. 기능 측면에서는 0.553의 가중치를 이 시스템에 주었고, 0.447 가중치를 타 프로그램에 주었다. 이 기준에 따른 이 시스템의 종합적인 의사결정 가중치는 0.596으로 나타났다.

	편의성	디자인	기능
TxPlan	0.581	0.696	0.553
Others	0.419	0.304	0.447

그림 7. 디자인, 편의성, 기능 간의 쌍대비교 결과

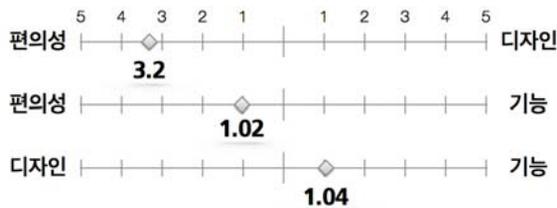


그림 8. 디자인, 편의성, 기능의 기준 속성에 따른 각 시스템이 가지는 가중치 결과

## IV. 고 찰

임상 의사결정은 ‘효과적인’ 치료결정이나, ‘선호도에 민감한’ 결정으로 구분할 수 있다 (O'Connor AM et al. 2007). 이 결정은 환자에 대한 혜택과 위험의 정도에 따라 나뉜다. 효과적인 치료결정은 이런 결정을 내림으로써 환자에게 위험보다는 혜택을 훨씬 많이 제공할 수 있다고 환자와 의사 모두가 믿는 경우에 나타난다. 반면, 선호도에 민감한 치료결정은 과학적인 근거에 기반을 둔 혜택-위험 비율이 불확실할 때 나타난다. 이 경우에는, ‘최상의’ 치료란 환자의 선호도에 따라 달라질 것이다.

대부분의 치과보철 치료결정은 선호도에 민감한 결정이다. 이를테면, 구치부 충치로 인한 치아구조의 상실로 저작시 불편감이 있는 경우, 치료의 결정은 아말감 수복이 될 수도 있고, 복합레진 수복이 될 수도 있다. 과학적 근거에 기반을 두었을 때, 아말감 수복 치료결정이 복합레진 수복보다 환자에게 확실한 혜택을 주고 있다고 말하긴 어렵다 (Vidnes-Kopperud S et al. 2009). 따라서 치과보철 치료결정에는 의사의 의학적인 판단 이외에도, 환자의 가치와 선호도 또한 고려해야 한다.

이 연구의 결과인 치과보철 치료에 대한 공유의사결정 지원 시스템은 선호도에 민감한 치료결정을 도와줄 수 있음을 확인하였다. 이 시스템은 환자에게 과학적 근거에 기반을 둔 치료 대안들을 제시하고, 환자의 선호도에 기반하여 그 대안들의 우선순위를 시각적으로 보여주었다. 결국 환자와 의사간의 쌍방향 의사소통을 도와 최종 치료결정을 내리는데 기여를 할 것이다. 이 장에서는 이 연구 결과의 시사점과 제한점을 살펴보고자 한다.

연구 결과의 시사점은 방법론적인 측면과 실무적인 측면에서 살펴보고자 한다. 방법론적인 측면에서는 크게 세 가지 측면에서 시사점을 제시하고자 한다: 온톨로지 기반 지식베이스; AHP 방법; 온톨로지와 AHP의 통합.

방법론적인 측면에서, 온톨로지를 이용하여 지식베이스를 구축한 것은 다음과 같은 시사점을 갖는다. 첫째, 온톨로지는 호환성 (compatibility)과 재사용성 (reusability)이란 이점을 가진다. 이 연구에서 개발된 TPSS 온톨로지와 같은 도메인 온톨로지는 기존 연구에서 검증된 기초 온톨로지를 바탕으로 개발되어야 한다. 검증된 기초 온톨로지란 외부의 형식 온톨로지 또는 용어 시스템이 될 수 있다. 이 연구에서는 ICD-10과 FMA를 외부의 용어로 사용하였다. 따라서 FMA의 치아 해부학적 구조와 ICD-10의 치과 질병/증상 개념은 TPSS 온톨로지에 포함된 개념과 정확히 일치하며, 재사용되고 있다. TPSS 온톨로지는 계속적으로 개선 및 확장 중이므로, 치과보철 치료외의 다른 분야에서도 재사용할 수 있을 것이다.

둘째, 온톨로지를 기반으로 한 치과보철 치료대안의 제시는 의사의 임상 선호도를 반영할 수 있다. 임상 선호도는 환자가 만나는 그 의사가 진료를 담당하기 때문에 중요하다. 임상 선호도가 치아우식증 치료에 대한 임상 의사결정 모델의 한 부분으로서 필요하다는 연구도 있다 (White BA and Maupom G 2001). 의사마다 개별화된 임상 선호도는 치료 대안의 변화를 가져온다. 예를 들어, 어떤 치과의사는 신경치료가 수반되지 않은 전치부의 보철 수

복은 금속이 없는 보철물 (metal-free restoration)로 치료해야 심미적인 결과를 얻는다고 믿을 수 있다. 이 치과 의사는 이런 조건의 환자에게 금속이 없는 보철물을 권할 것이다. 이런 개별화된 치료 대안은 지식 베이스가 온톨로지로 구성되어 있으면 손쉽게 변경이 가능하다. 구체적으로, 금속이 없는 보철물의 개념을 전치부의 치아 클래스와 연결하고, 치수염 질병 클래스와는 not 연산자를 이용하여 연결한다면 원하는 추론 결과를 손쉽게 얻을 수 있다. 결국 온톨로지 기반으로 지식 베이스를 구축하는 것은 의사에게 맞춤 치료계획을 제공하여 의사의 요구를 만족시킬 수 있을 것이다.

셋째, 온톨로지를 기반으로한 임상 지식의 명세화는 확장 가능성의 장점을 가진다. 최신의 임상 지식을 온톨로지를 기반으로한 지식 베이스 시스템에 손쉽게 추가할 수 있으며, 이 시스템을 활용하는 임상현장에 곧바로 반영할 수 있다. 반면 고정된 형식의 일반적인 임상 지식 (예를 들어, 교과서, 저널, 강의와 같은 형태)은 지식의 변화를 추가하거나, 삭제하는 일을 곧바로 임상현장으로 전달하기 어렵다. 여러 기존 연구 (Casteleiro MA and Diz JJD 2008; Abidi S and Shayegani S 2009; Chen CC et al, 1997; Kaiser K et al, 2010)에서도 온톨로지를 기반으로 한 임상 지식의 명세화는 재사용성, 관리의 용이성, 변경 및 추가의 용이성 등의 장점을 보인다고 하였다. 이 연구에 포함된 임상 지식이 치과보철 치료에 대한 모든 것을 포괄하고 있지는 않지만, 이 시스템의 지식 베이스가 온톨로지를 기반으로 작성되어 있으므로 외부의 임상 지식을 손쉽게 추가하여 확장할 수 있다. 따라서 임상 지식이 발전함에 따라 이 시스템의 근거중심 보철치료 대안이 정교화될 것이다.

개별화와 확장성은 이 시스템의 온톨로지를 강건하게 만든다. 이런 동적인 온톨로지 지식 베이스를 기반으로한 의사결정 지원시스템은 진화 가능한 이점을 가진다. 따라서 환자에게 가장 적합하고, 최신의 치과보철 치료대안들을 제시할 수 있을 것이다. 이렇게 제시된 대안들 중에서 환자의 선호도를 고려하여 공유의사결정을 내린다면 환자와 의사 모두 만족스런 결과를 얻을 수 있을 것이다.

방법론적인 측면에서, AHP 방법을 이용하여 환자 선호도를 측정하고 분석한 것은 다음과 같은 시사점을 갖는다. 첫째, 쌍대비교를 통해 환자 선호도를 명확하게 이끌어낼 수 있다는 점이다. 선호도는 환자 자신도 정확히 무엇을 원하는지 모를 수 있고, 의사는 환자 선호도가 무엇인지 정확히 파악하기 어려울 수 있다. 임상 의사결정을 내리는데 복수의 기준을 요구하기 때문이다. 예를 들면, 치과보철 치료에서는 심미적이고, 수명이 긴 치료 방법이 저렴하고 빠르게 완성되면 좋겠다고 생각할 수 있다. 복수의 기준이 생기고, 그 기준들 간의 절충 (trade-off)이 필요한 경우는 환자 선호도를 명확히 파악하기 힘들다. 따라서 복수의 기준을 두개씩만 비교하여 계층화한다면 훨씬 손쉬울 것이다. 대개 두 개 중의 하나의 중요도를 고려는 문제는 쉽게 느끼기 때문이다. AHP 방법은 쌍대비교를 통해 기준들 간의 중요도를 계산할 수 있는 수학적인 토대를 제공한다. 결국 복수의 기준을 가진 환자 선호도를 측정하는데 AHP 방법이 적절한 도구가 될 것이다.

둘째, AHP 방법은 환자 선호도와 같은 정성적인 데이터를 수학적으로 분석할 수 있도록 도와준다. 쌍대비교를 통한 행렬에서 도출할 수 있는 최대의 고유벡터를 기준과 대안의 중요

도로 간주하고, 각 중요도 행렬의 곱으로 최종 목표에 대한 대안의 중요도를 산출하는 과정이 이해하기 쉽고, 수학적으로도 강건하다.

방법론적인 측면에서, 온톨로지와 AHP 방법을 통합한 시스템은 개발의 유연성을 가진다. 이 연구의 시스템은 온톨로지를 이용하여 지식 베이스를 구축하고, AHP 방법으로 추론 엔진을 따로 개발하였다. 지식 베이스와 추론 엔진이 분리되지 않으면 시스템의 유지 보수 및 관리가 어려워진다 (Musen MA 2001). 시스템이 모듈화 되면 전체의 수정 없이 지식의 획득 및 관리가 이루어질 수 있다. 예를 들어, AHP 방법에서 기준 요소와 대안의 추가 및 삭제는 온톨로지 기반의 지식 베이스에서 이루어지기 때문에 시스템의 전반적인 수정이 필요 없는 것이다. 시스템의 추론 엔진은 지식베이스의 질의결과를 가져오고, AHP 방법의 수학적 계산을 수행한다. 결국 AHP 방법의 계층 구조를 변화시키는데 온톨로지를 사용하고, 온톨로지의 변화에 따라 AHP 방법의 수학적 계산이 이루어지는 유기적인 통합을 이룰 수 있었다.

실무적인 측면에서, 이 시스템은 사용자 (환자와 의사)에게 정보를 시각적으로 표현하여 의사결정을 도와준다. 환자의 쌍대비교 과정에서 슬라이더 인터페이스를 사용하여 직관적으로 선호도를 입력하도록 하였다. 환자의 구강내 질병과 증상을 의사가 쉽게 파악할 수 있도록 치아에 아이콘을 배치하고, 상실치아의 경우 흐리게 표현하였다. 구강내 질병과 증상은 트리 구조로 배치하여 의사가 쉽게 검색하고 선택할 수 있도록 하였다. AHP 방법에 따른 대안의 중요도를 막대그래프 형태로 표현하여 한 눈에 알아볼 수 있도록 하였다. 위의 모든 과정이 화면의 이동 없이 한 화면에서 입출력이 되도록 고안하여, 즉각적인 수정이 가능하고 한 눈에 파악할 수 있도록 하였다. 결국 시각적인 정보의 표현이 효율적인 의사결정을 도울 수 있을 것이다.

이 연구의 제한점을 크게 2가지 측면에서 살펴보고자 한다: 1) 각 임상 사례에서 도출되는 치료 대안의 수; 2) AHP 방법에서 사용되는 환자 선호도의 측정 문제.

첫째, 이 연구에서는 단순히 2가지 매개변수 (질병과 위치)로만 치과보철치료의 대안을 도출한다. 이 2가지 매개변수가 언뜻 충분해 보이지만, 생성된 치료의 대안이 간혹 너무 많이 사용자 (환자와 의사)에게 보여진다. 따라서 치료 대안을 도출하는 과정의 개선이 필요하다. 한 가지 가능한 해결책은 질병의 중증도와 치료의 예후와 같은 매개변수를 부가하여, 사용자에게 제시되는 치료 대안의 수를 다루기 쉬운 정도로 제한하는 것이다. 환자의 질병에 대한 자세한 입력이 치료 대안의 출력을 정교화할 수 있다.

둘째, 환자의 선호도는 모든 임상 사례의 경우에 고정적이거나, 일관적이지는 않다는 것이다. 이는 AHP 방법을 의학 분야에 적용하는 경우에 항상 직면하는 문제이다 (Dolan JG 2008). 환자는 일반적으로 경제적인 가치를 우선적으로 추구할 수 있으나, 그 질병이 심각하거나 응급한 경우에는 값이 싸다는 이유만으로 치료방법을 선택하지는 않을 것이다. 그러므로 만족스런 치료대안을 찾는데 이미 결정된 선호도를 사용하는 것은 좋은 선택이라고 볼 수는 없다. 이 문제를 부분적으로 해결하기 위해서, 이 연구에서는 환자의 선호도 변화에 상호 작용할 수 있는 유저 인터페이스를 구현하였으나 완벽한 해결책이라고 할 수는 없다.

## V. 결 론

이 연구는 온톨로지와 AHP 방법을 기반으로 치과보철 치료에 대한 공유의사결정 지원 시스템의 개발과 그 효과를 보여주었다. 임상 의사결정 지원 시스템에 온톨로지를 적용함으로써, 도메인 지식이 쉽게 조직화, 구조화, 실행 가능한 형태로 변환될 수 있었다. AHP 방법은 환자 선호도를 일관적이고 강건하게 계층화시키고, 그 측정을 가능하게 만들었다. 온톨로지를 기반으로한 근거중심 치과보철 치료대안들에 대한 환자 선호도의 우선순위 정렬은 공유 의사결정을 위한 중요한 수단이 되었다. 특히, 웹 어플리케이션의 형태로 개발된 이 시스템은 환자와 의사간의 상호작용을 가능케 하고, 시각적으로 뛰어나며, 접근성이 뛰어난 장점을 가졌다.

이 연구를 발전시켜, 향후 연구에 대한 제안을 한다면 다음과 같다. 치과보철 치료분야에만 국한하지 않고 다양한 치과 치료분야로 넓힌다면, 일반적인 공유의사결정의 장(場)이 될 수 있을 것이다. 이 목적을 달성하기 위해, 온톨로지의 구조화 및 형식화가 좀 더 정교하게 이루어져야 할 것이다. 더불어, 치과 전반에 관한 온톨로지의 개발과 발전이 있어야 할 것이다. 이는 치과분야에서의 진단, 치료, 용어, 해부학적 구조, 환자의 용어 등이 포함될 것이다. 한편, 이 연구에서는 공유의사결정의 수학적인 방법론으로 AHP 방법을 선택하였지만, 환자의 선호도를 측정, 평가할 수 있는 다른 방법론을 검토하여 연구할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- Abidi S, Shayegani S. Modeling the form and function of clinical practice guidelines: An ontological model to computerize clinical practice guidelines. *Knowledge Management for Health Care Procedures* 2009;5626:81-91.
- Brennan PF, Strombom I. Improving health care by understanding patient preferences: the role of computer technology. *J Am Med Inform Assoc* 1998;5(3):257-262.
- Casteleiro MA, Diz JJD. Clinical practice guidelines: A case study of combining OWL-S, OWL, and SWRL. *Knowledge-Based Systems* 2008;21(3):247-255.
- Charles C, Gafni A, Whelan T. Shared decision-making in the medical encounter: what does it mean? (or it takes at least two to tango). *Soc Sci Med*. 1997;44(5):681-92.
- Chen CC, Chen K, Hsu CY, Li YC. Developing guideline-based decision support systems using prot g and jess. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2011;102(3):288-94
- Crawford MJ, Rutter D, Manley C, Weaver T, Bhui K, Fulop N, Tyrer P. Systematic review of involving patients in the planning and development of health care. *BMJ* 2002;325(7535):1263
- Dolan JG. Shared decision-making--transferring research into practice: the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Patient Educ Couns* 2008;73(3):418-425.
- Elwyn G, Laitner S, Coulter A, Walker E, Watson P, Thomson R. Implementing shared decision making in the NHS. *BMJ* 2010;341:c5146.
- L gar F, Ratt S, Gravel K, Graham ID. Barriers and facilitators to implementing shared decision-making in clinical practice: a systematic review of health professionals' perceptions. *Implement Sci* 2006;9(1):16.
- Grunder T. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowl Acquis* 1993; 5(2): 199-220.
- Horridge M, Bechhofer S. The OWL API: A Java API for Working with OWL 2 Ontologies. 6th OWL Experienced and Directions Workshop, Chantilly, VA, United States, 2009.
- Kaiser K, Seyfang A, Miksch S. Identifying Actions Described in Clinical Practice Guidelines Using Semantic Relations. *Proc. of the KR4HC 2010-2nd International Workshop on Knowledge Representation for Health-Care in conjunction with the European Conference on Artificial Intelligence*, 2010.

- Woodside AG. Marketing for health care organizations : Philip Kotler and Roberta N. Clarke, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1987.
- Liberatore MJ, Nydick RL. The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *Eur J Oper Res* 2008;189(1):194-207.
- Musen MA. Clinical Decision-Support Systems. *Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. E. Shortliffe, L. Perreault, G. Wiederhold and L. Fagan, NY, Springer-Berlag: 573-609, 2001.
- O'Connor AM, L'gar F, Stacey D. Risk communication in practice: the contribution of decision aids. *BMJ* 2007;327(7417): 736-740.
- Rosse C, Mejino JL Jr. A reference ontology for biomedical informatics: the Foundational Model of Anatomy. *J Biomed Inform*, 2003 ;36(6):478-500.
- Saaty TL. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int J Services Sciences*, 2008;1(1):83-98.
- Schulz S, Mark K, Hahn U. Spatial location and its relevance for terminological inferences in bio-ontologies. *BMC Bioinformatics* 2007;8:134.
- Smith B, Ceusters W, Klagges B, K hler J, Kumar A, Lomax J et al. Relations in biomedical ontologies. *Genome Biol* 2005;6(5): R46.
- Stewart MA. Effective physician-patient communication and health outcomes: a review. *CMAJ* 1995;152(9):1423-1433.
- Vidnes-Kopperud S, Tveit AB, Gaarden T, Sandvik L, Espelid I. Factors influencing dentists' choice of amalgam and tooth-colored restorative materials for Class II preparations in younger patients. *Acta Odontol Scand*. 2009;67(2):74-9
- White BA, Maupom G. Clinical decision-making for dental caries management. *J Dent Eeduc*. 2001;65(10): 1121-5.
- Woodside AG, Nielsen RL, Walters F, Muller GD. Preference segmentation of health care services: the old-fashioned, value conscious, affluents and professional want-it-all. *J Health Care Mark*. 1988 ;8(2):14-24.

**Abstract**

## **Shared decision support system on dental restoration**

**Seon Gyu Park<sup>†</sup>**

S-leader dental hospital

Shared decision making (SDM) is an approach in which doctor-patient communication regarding available evidence and patient preferences is facilitated to enable the patient to participate in treatment decisions. SDM affords not only the inclusion of the ethical diversities involved in patient-centered care, but also the quality improvements in decision-making process. Though SDM has been studied extensively, there have been few practical implementations in real clinical environments. In this paper, we propose a shared decision-making system with its focus on dental restorative treatment planning. In our system, restorative treatment alternatives for SDM were generated by employing an ontology that had captured the clinical knowledge required for treatments. We considered patient preferences for treatment as an important support for mutual agreements between the patient and the doctor on healthcare decisions. We constructed a consistent and robust hierarchy of preferences using the analytic hierarchy process(AHP) method, to help determine treatment priorities. On the basis of our proposed system, we developed a Web-based application for the visualization of evidence-based treatment recommendations with preference-based weights. We tested our system using a scenario to illustrate how doctors and patients can make shared decisions. The application is of high value in supporting SDM between doctors and patients, and expedites effective treatments and enhanced patient satisfaction.

**Keywords** : Shared decision making, Ontology, analytic hierarchy process (AHP), Dental Restoration

---

<sup>†</sup> Coreespondence to Seon Gyu Park

S-leader dental hospital, Dongseo Bldg. 103, Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul, Korea.

Tel: 82-2-466-7528, Fax: 82-2-466-7628, E-mail: iontiger@gmail.com<sup>†</sup>