

NECA-의료기술재평가사업

NECA-R-22-001-28 (2022. 12.)



의료기술재평가보고서 2023

# 모발검사(미네랄·중금속)

## 의료기술재평가사업 총괄

---

최지은 한국보건의료연구원 보건의료평가연구본부 본부장  
신상진 한국보건의료연구원 보건의료평가연구본부 재평가사업단 단장

## 연구진

---

### 담당연구원

이현아 한국보건의료연구원 재평가사업단 주임연구원

### 부담당연구원

정지영 한국보건의료연구원 재평가사업단 부연구원

## 주 의

---

1. 이 보고서는 한국보건의료연구원에서 수행한 의료기술재평가사업(NECA-R-22-001)의 결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 신문, 방송, 참고문헌, 세미나 등에 인용할 때에는 반드시 한국보건의료연구원에서 수행한 평가사업의 결과임을 밝혀야 하며, 평가내용 중 문의사항이 있을 경우에는 주관부서에 문의하여 주시기 바랍니다.

요약문 (국문) .....	i
알기 쉬운 의료기술재평가 .....	1
<b>I. 서론 .....</b>	<b>1</b>
1. 평가배경 .....	1
1.1 평가대상 의료기술 개요 .....	1
1.2 국내외 보험 및 행위등재 현황 .....	2
1.3 질병 특성 및 현존하는 의료기술 .....	3
1.4 국내외 임상진료지침 .....	4
1.5 선행연구 현황 .....	5
1.6 기존 의료기술평가 .....	5
2. 평가목적 .....	5
<b>II. 평가 방법 .....</b>	<b>6</b>
1. 체계적 문헌고찰 .....	6
1.1 개요 .....	6
1.2 핵심질문 .....	6
1.3 문헌검색 .....	7
1.4 문헌선정 .....	8
1.5 비뚤림위험 평가 .....	8
1.6 자료추출 .....	9
1.7 대국민 정보제공 .....	10
<b>III. 평가결과 .....</b>	<b>11</b>
1. 문헌선정 결과 .....	11
1.1 문헌선정 개요 .....	11
1.2 선택문헌 특성 .....	11
1.3 비뚤림위험 평가 결과 .....	13
2. 분석 결과 .....	14
2.1 안전성 .....	14
2.2 효과성 .....	14
<b>IV. 결과요약 및 결론 .....</b>	<b>16</b>
1. 평가결과 요약 .....	16
1.1 안전성 .....	16
1.2 효과성 .....	16
2. 결론 .....	17

3. 대국민 정보문 .....	17
<b>V. 참고문헌 .....</b>	<b>19</b>
<b>VI. 부록 .....</b>	<b>20</b>
1. 의료기술재평가위원회 .....	20
2. 소위원회 .....	21
3. 문헌검색현황 .....	22
4. 비돌림위험 평가 및 자료추출 양식 .....	24
5. 최종선택문헌 .....	28
6. 한국보건 의료연구원 국민참여단 설문조사 결과 .....	29

## 표 차례

---

표 1.1 분석장비 관련 식품의약품안전처 허가사항 .....	2
표 2.1 PICO-TS 세부 내용 .....	6
표 2.2 국외 전자 데이터베이스 .....	7
표 2.3 국내 전자 데이터베이스 .....	7
표 2.4 문헌의 선택 및 배제기준 .....	8
표 2.5 AMSTAR 2 평가항목 .....	9
표 2.6 자료추출 항목 .....	10
표 3.1 최종 선정 문헌 특성 .....	12
표 3.2 비뿔림위험 평가 결과 .....	13

## 그림 차례

---

그림 3.1 문헌선정 흐름도 .....	11
-----------------------	----

# 요약문 (국문)

## 평가 배경

모발검사(미네랄·중금속)는 건강상태 확인 등의 목적으로 모발조직에 축적된 미네랄·중금속을 분석하여 체내 영양 미네랄의 불균형 상태와 중금속 오염 및 미네랄 간의 상호작용을 측정하는 검사로서, 선택 비급여 의료기술에 해당한다. 선택 비급여는 신체적 필수 기능개선을 직접 목적으로 하지 않고 의료소비자의 선택에 의해 사용되는 의료기술을 의미한다. 의료소비자인 국민들에게 모발검사(미네랄·중금속)에 대해 올바른 정보를 제공하고 이를 통해 해당 의료기술의 적정사용을 지원하고자 내부 모니터링으로 발굴된 주제이다.

2022년 제5차 의료기술재평가위원회(2022.05.13.)에서는 체계적 문헌고찰 검토를 통해 모발검사(미네랄·중금속)의 임상적 유용성에 대한 의과학적 근거를 평가하고, 동 안전에 대하여 대국민 정보문을 제공하는 것으로 심의하였다.

## 평가 방법

동 평가에서는 모발검사(미네랄·중금속)의 임상적 유용성을 확인하기 위하여 체계적 문헌고찰의 검토(Overview of Systematic Reviews)를 수행하였다. 모든 평가방법은 평가목적에 고려하여 가정의학과 2인, 진단검사의학과 2인, 근거기반의학 1인으로 구성된 “모발검사(미네랄·중금속) 재평가 소위원회(이하 ‘소위원회’)”의 심의를 거쳐 확정하였다.

동 평가의 핵심질문은 ‘건강상태 확인 등의 목적으로 사용하는 모발검사(미네랄·중금속)는 임상적으로 안전하고 효과적인가?’ 이었다. 본 핵심질문을 토대로 국외 3개, 국내 5개 데이터베이스에서 검색하였으며, 문헌선정 및 배제기준에 따라 두 명의 검토자가 독립적으로 선별하고 선택하였다. 선택문헌에 대한 자료추출은 미리 정해놓은 자료추출 양식을 활용하여 수행하였으며, 해당 문헌들의 비풀림 위험은 AMSTAR 2(A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews 2) 도구를 사용하여 평가하였다. 자료추출 및 비풀림위험평가는 두 명의 검토자가 독립적으로 수행하였으며, 의견 불일치가 있을 경우 논의하여 합의하였다. 자료합성은 선택문헌에서 보고한 결과지표가 상이하여 양적 합성이 불가능하여 질적 검토 방법을 적용하였다. 2022년 제12차 의료기술재평가위원회(2022.12.09.)에서는 소위원회의 검토 의견을 고려하여 대국민 정보문을 확정하였다.

## 평가 결과

최종 선택문헌은 체계적 문헌고찰 4편으로 출판연도는 2020년대 1편, 2010년대 1편, 2000년대 2편이었다. 모두 국외 문헌이었으며, 멕시코, 폴란드, 영국, 홍콩에서 각 1편씩 출판되었다. 4편의 체계적 문헌고찰 문헌을 대상으로 AMSTAR 2를 이용하여 비뿔림위험 평가를 수행한 결과, 전반적 신뢰도가 매우 낮음(75%, 3편) 또는 낮음(25%, 1편)으로 전반적인 비뿔림위험은 높은 것으로 나타났다.

## 안전성

모발검사(미네랄·중금속)의 안전성은 위음성 및 위양성으로 평가하고자 하였으나, 해당 지표를 보고한 문헌은 없었다. 소위원회는 동 검사는 신체에 위해를 가하지 않는 비침습적인 검사이므로 안전성에는 문제가 없다는 의견이었다.

## 효과성

모발검사(미네랄·중금속)의 효과성은 진단정확성, 의료결과와의 상관성으로 평가하고자 하였으나, 해당 지표를 보고한 문헌은 없었다. 이에 소위원회에서는 건강인을 대상으로 모발검사를 수행한 연구의 기타 결과지표를 검토하였다.

Lavalle-Carrasco 등(2021)은 불소 노출 인구집단에서 불소 농도를 관찰하기 위해 모발검사를 수행한 5편의 선택문헌에 대하여 질적으로 기술하였으며, 이 중 4편에서는 모발이 불소 노출 정도를 측정하는 데 적절하다고 보았으며, 1편은 적절한 생체표지자가 아닐 수 있다고 명시하였다.

Mikulewicz 등(2013)의 연구에서는 분석 방법론, 특히 시료 준비, 분해, 분석 방법이 상이하여 참조값으로 보고된 모발 미네랄 수치가 다양했으며, 표준적인 절차를 정교화하고, 나아가 모발 미네랄 검사를 검증하고 자세한 방법론을 제공하는 것이 필요하다고 명시하였다.

Lowe 등(2009)의 연구에서는 모발 중 아연 농도가 아연 보충제 섭취 이후 유의하게 증가하였으며, 건강인에서 모발 중 아연은 신뢰할 만한 생체표지자라고 보았다.

Ng 등(2007)은 아동 및 청소년에서 수은 노출을 측정하기 위한 모발검사와 소변과의 상관계수는 0.459, 제대혈의 경우 0.640, 혈액의 경우 0.6107로 보고하였으며, 모발 중 수은과 혈액 중 수은 간 상관성이 확인되었지만 임상에서 혈액 혹은 소변 중 수은 검사를 대체할 만큼 상관성이 높지 않다고 보았다.



## 결론 및 제언

모발검사(미네랄·중금속) 재평가 소위원회는 현재 평가 결과에 근거하여 다음과 같이 제언하였다.

모발검사(미네랄·중금속)는 신체에 위해를 가하지 않는 비침습적인 검사로 안전성에는 문제가 없으나, 체내 미네랄과 중금속의 농도를 측정하기 위한 검사로서의 정확성과 임상적 유용성을 입증하는 문헌적인 근거가 없다고 평가하였다.

2022년 제12차 의료기술재평가위원회(2022.12.09.)에서는 소위원회 검토 결과와 대국민 정보문에 대해 논의하였으며, 의료기술재평가사업 관리지침 제4조 제10항에 의거 “모발검사(미네랄·중금속)”에 대해 소위원회 결론은 원안대로 심의 의결하고 대국민 정보문을 일부 수정하여 심의 의결하였다.

의료기술재평가위원회는 모발검사(미네랄·중금속)는 신체에 위해를 가하지 않는 비침습적인 검사이므로 안전성에는 문제가 없으나, 체내 미네랄과 중금속의 농도를 측정하기 위한 검사로서의 정확성과 임상적 유용성을 입증하는 문헌적인 근거가 없다고 판단하였다.

## 주요어

모발검사, 미네랄, 중금속, 효과성

Hair Analysis, Mineral, Heavy Metal, Effectiveness

# 알기 쉬운 의료기술재평가

## 모발검사가 건강상태를 확인하는 데 안전하고 효과적인가요?

### 질한 및 의료기술

모발검사(미네랄·중금속)는 건강상태 확인 등의 목적으로, 일정 기간(약 3개월) 동안 자란 머리카락(모발)을 소량(약 3cm의 모발 50가닥) 채취하여 분석 기관으로 보낸 후 수령한 검사 결과지를 통해 체내 미네랄 균형 여부와 중금속 축적 정도를 확인할 수 있는 검사로 알려져 있다. 해당 검사는 신체적 필수 기능개선을 직접 목적으로 하지 않고 의료소비자의 선택에 의해 사용되는 선택 비급여항목으로 최근 모발검사를 통해 개인의 영양 불균형을 가늠하고 개인 맞춤 영양치료를 적용하는 방법으로 국민들의 관심이 높다.

### 의료기술의 안전성 · 효과성

건강상태 확인 등의 목적으로 사용하는 모발검사(미네랄·중금속)가 임상적으로 안전하고 효과적인지를 평가하기 위해 체계적 문헌고찰 문헌 4편 및 국외 가이드라인을 검토하였다. 미국 임상독성학회는 여러 가지 중금속 검사를 위한 모발검사는 신뢰하기 어렵고, 진단이 잘못되어 도움이 되지 않는 치료를 받게 될 가능성이 있다고 강조했으며, 여러 연구를 포괄적으로 검토한 문헌에 따르면, 채취한 모발의 세척 등 준비 과정, 분석 방법의 기준이 연구마다 달랐다. 또한, 국내 의료현장에서 검사의 유용성이 검증된 바가 없으며, 진단의 정확한 판정 기준은 확인되지 않았다.

### 결론 및 권고문

의료기술재평가위원회는 모발검사(미네랄·중금속)는 신체에 위해를 가하지 않는 비침습적인 검사이므로 안전성에는 문제가 없으나, 체내 미네랄과 중금속의 농도를 측정하기 위한 검사로서의 정확성과 임상적 유용성을 입증하는 문헌적 근거가 없다고 평가하였다.

## 1. 평가배경

‘모발검사(미네랄·중금속)’는 건강상태 확인 등의 목적으로 모발조직에 축적된 미네랄·중금속을 분석하여 체내 영양 미네랄의 불균형 상태와 중금속 오염 및 미네랄 간의 상호작용을 측정하는 검사로서, 선택 비급여 의료기술에 해당한다. 선택 비급여는 신체적 필수 기능개선을 직접 목적으로 하지 않고 의료소비자의 선택에 의해 사용되는 의료기술을 의미한다. 의료소비자인 국민들에게 모발검사(미네랄·중금속)에 대해 올바른 정보를 제공하고 이를 통해 해당 의료기술의 적정사용을 지원하고자 내부 모니터링으로 발굴된 주제이다.

2022년 제5차 의료기술재평가위원회(2022.05.13.)에서는 체계적 문헌고찰 검토(overview of systematic reviews)를 통해 모발검사(미네랄·중금속)의 임상적 유용성에 대한 의과학적 근거를 평가하고, 동 안전에 대하여 대국민 정보문을 제공하는 것으로 심의하였다.

### 1.1 평가대상 의료기술 개요

#### 1.1.1 모발검사

모발은 두피를 구성하는 한 조직으로서, 어떤 물질이나 성분의 저장 장소로 사용될 수는 없으며 일정한 시간에 일정한 길이의 모발이 생성된다. 모발은 대체로 하루에 0.03 mm 정도 자라며, 따라서 한 달에 0.9 mm 즉, 1 cm 정도 자란다. 모발 미네랄 검사는 어느 일정한 기간 동안(약 3개월) 자란 모발을 채취하여 미량 원소에 포함되는 미네랄의 변화를 확인함으로써 신체의 변화 패턴을 확인하고 질병으로 진행되기 전의 변화를 감지하여 잘못된 생활습관 또는 부적절한 식사 형태의 개선을 통해 질병 발생을 억제하거나 건강한 상태로 되돌아갈 수 있도록 도와줄 수 있는 진단의 한 도구로 알려져 있다(오한진, 2003).

모발이라는 한계 때문에 샘플 채취도 엄격하게 시행해야 하고 특히, 모발 미네랄 검사를 시행하는 검사기관이 모발 검체를 검사 과정 전에 세척하는지 여부도 매우 중요한 요인이다. 검사 과정 전에 모발을 세척하면 특히 스트레스에 민감한 미네랄인 나트륨 및 칼륨이 세척되기 때문에 모발 미네랄 검사 결과 스트레스 상태를 정확하게 반영하기 어렵고, 또한 샤워도 일시적으로 수용성 미네랄 검사 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 엄격하게 검체 채취 규정을 준수하여야 한다(오한진, 2003).

현재 의료에 사용하고 있는 일반적 혈액 및 소변검사 등의 진단 방법과 같이 모발 미네랄 검사로 어떤 질병을 진단해 내는 것은 어렵다. 물론 모발 미네랄 검사가 어떤 질병이나 환경에 따른 미네랄의 변화를 보여주지만,

단지 모발 미네랄 검사 단독으로 질병을 진단할 수는 없다. 즉 모발 미네랄 검사는 질병과 연관된 미네랄의 변화 패턴을 보여주는 것이다(오한진, 2003).

### 1.1.2 국내 이용현황

동 기술은 선택 비급여 항목으로서 정확한 국내 이용현황 파악이 어려우며, 일부 기관에서 제시한 모발검사의 시중 가격은 10~15만 원 정도로 확인되었다.

## 1.2 국내외 보험 및 행위등재 현황

### 1.2.1 국내 보험 및 행위등재 현황

모발검사(미네랄·중금속)은 건강보험 요양 급여·비급여 비용 목록에 등재되어 있지 않으며, 국민건강보험 요양급여의 기준에 관한 규칙 <별표 2>에 해당하는 비급여 대상(제9조제1항관련) - 업무 또는 일상생활에 지장이 없는 경우에 실시 또는 사용되는 행위·약제 및 치료재료에 해당하는 선택 비급여 항목이다.

### 1.2.2 소요장비

동 검사의 검체 분석장비 관련하여 식품의약품안전처 등록된 의료기기는 [표 1.1]과 같이 확인되었다.

표 1.1 분석장비 관련 식품의약품안전처 허가사항

식약처 허가사항	
품목명	의료용분광광도장치
품목기준코드	J01080.01
제품명	CareBuddy Multi, Clover Multi, CareBuddy Analyzer, CareforU Analyzer 등 총 63개의 제품 확인(수출용 only, 취소/취하 제외)
사용목적	검체 중 분석물질의 분광 광도(광학)적 특성을 측정함에 따라 물질농도를 정량하는 장치

### 1.2.3 국외 보험 및 행위등재 현황

미국 CPT 코드 목록과 일본 진료보수 점수표에서 관련 항목을 확인할 수 없었다.

## 1.3 질병 특성 및 현존하는 의료기술

### 1.3.1 미네랄

미네랄이 비타민이나 탄수화물, 지방, 단백질과 다른 점은 유기 화합물이 아닌 무기 원소 자체이므로 열, 빛, 산, 알칼리에 의해 분해되지 않는다는 점이다. 비타민과 같이 우리 몸에서 적은 양이 필요하지만, 세포의 적절한 기능과 구조를 유지하고 여러 대사 과정의 보조 효소로 작용하며, 혈액의 산도를 조절하는 등 한 가지 미네랄이 여러 가지 중요한 역할을 한다(대한가정의학회, 2016).

각각의 미네랄은 다른 미네랄에 서로 영향을 주고, 한 가지가 부족하거나 과잉이면 줄줄이 불균형이 와서 다양한 문제를 유발한다. 또한 오염된 음식과 공기, 물을 통해 수은 납, 카드뮴, 알루미늄 등의 중금속이 체내에 축적되는데, 이들 중금속은 아연, 마그네슘, 셀레늄 등의 필수 미네랄과 경쟁하여 소모시킨다. 다행히 우리의 장관 내에서 미네랄의 흡수량은 결핍 정도와 필요량에 따라 어느 정도 변하여 균형을 이루려고 하지만, 만성으로 결핍이나 과잉이 지속되면 질병을 초래하게 된다. 1일 100 mg 이상 섭취해야 하는 나트륨, 칼륨, 염소, 칼슘, 인, 마그네슘, 황을 다량 미네랄이라 하고, 1일 100 mg 미만으로 섭취하는 철분, 아연, 요오드, 망간, 크롬, 구리, 셀레늄, 붕소, 몰리브덴, 바나듐 등을 미량 미네랄이라 한다(대한가정의학회, 2016).

칼슘, 마그네슘, 인은 뼈와 치아를 형성한다. 뇌, 근육 및 신경 기능을 유지하는 데에는 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨이 필요하다. 산소는 철분에 의해 전달되고 크롬은 혈당을 조절한다. 아연은 상처 치유, 회복, 성장에 관여한다. 셀레늄, 아연은 면역계를 활성화한다. 뇌 기능을 유지하기 위해서는 마그네슘, 망간, 아연 등의 영양소가 필요하다. 칼슘, 마그네슘은 케일, 양배추, 뿌리채소에 풍부하고 견과류, 씨앗류에도 많다. 칼슘은 유제품에도 풍부하다. 과일, 채소에는 다량의 칼륨과 소량의 나트륨이 존재하여 균형이 잘 맞는다. 통곡류, 씨앗류, 견과류, 콩류는 철분, 아연, 망간, 크롬이 풍부하다. 셀레늄은 견과류, 해조류, 씨앗류(특히 참깨)에 풍부하다(대한가정의학회, 2016).

### 1.3.2 중금속

금속은 건축, 자동차산업, 항공산업, 전기 및 반도체, 유리, 색소와 염료 및 다양한 제조업 등의 각종 분야에서 광범위하게 이용되고 있다. 다양하게 이용되는 금속류는 사람이 이용함에 따라 소모되거나 분해되지 않으며, 금속의 종류에 따라서는 체내에 들어오면 장기적으로 축적된다(박정덕, 2010).

중금속에 의한 건강영향은 예로부터 잘 알려져 있는 편이다. 모든 금속류나 금속화합물이 체내에서 항상 독성작용만을 나타내는 것은 아니다. 즉, 아연, 철, 망간 등과 같은 금속들은 인체 내에서 물질대사작용에 반드시 필요하여 일정 수준의 체내 농도 유지가 요구되는 생체대사에 필수적인 금속들(essential metals)이다. 반면, 납, 카드뮴, 수은 등은 인체의 정상적인 생체대사에 전혀 필요 없는 물질들로서 오염에 의해 체내에 들어오게 되면 인체에 유해한 작용을 일으키는 독성, 비필수 금속(toxic and nonessential metals)에 해당된다. 필수 금속의 경우 일반적으로 과소 섭취에 의한 건강장애가 공중보건학적으로 주요한 건강문제가 되고 있으나, 산업장 근로자의 경우 작업장 내 오염된 필수 중금속에 대한 과다 노출로 인한 건강장애도 초래될 수 있다(박정덕, 2010).

### 1.3.3 혈액검사

현재 병·의원에서 이용하는 혈액을 통한 검사들과 소변을 이용한 검사들은 모두 질병을 확인하거나 진단을 하기 위한 기준점 또는 기준 변동 수치가 알려져 있다. 따라서 정상 범위를 벗어난 측정치를 보이는 경우 질병으로 진단할 수 있다. 혈액검사는 일반적으로 개인의 질병 및 건강상태를 알려주는 최고의 지표로 생각되고 있다. 대부분의 경우 혈액검사는 개인의 건강상태에 대한 중요한 정보를 알려주지만, 어떤 경우에는 전혀 도움이 되지 않는 경우도 있다. 즉 건강하지는 않으나 질병 상태도 아닌 경우에는 환자가 여러 증상을 호소하여도 혈액검사에서는 유의할 만한 어떤 수치도 나타나지 않는 경우를 임상에서 많이 접하고 있다(오한진, 2003).

혈액검사가 가지는 제한점 중 하나는 혈액은 단순한 이동 매체라는 점이다. 혈액은 에너지가 생산되는 세포와 조직으로 포도당과 산소를 수송하고, 세포와 조직으로부터 생산된 이산화탄소 및 기타 노폐물들을 수송하여 체외로 배설한다. 그러나 체내에서 에너지가 생산되는 곳은 세포와 조직 내부이며, 또한 우리가 잘 알고 있는 마그네슘, 인 및 구리와 같은 미네랄은 세포와 조직 내에서의 에너지 생산에 중요한 역할을 한다. 따라서 세포와 조직 내에서의 미네랄의 결핍 또는 불균형은 여러 건강상의 문제 및 증상들과 매우 밀접하게 관련되어 있지만, 혈액에 반영되는 미네랄의 변화는 세포와 조직에서의 변화가 나타난 이후에 나타나기 때문에, 이는 혈액검사가 가지는 제한점이라 할 수 있다. 두 번째 제한점으로 혈액은 항상성이 유지되고 있다는 점이다. 혈액은 세포와 조직 내 보유하고 있는 미네랄 저장을 이용하여 혈액 내에서 미네랄의 균형을 이루는 능력이 있다. 예를 들면, 골다공증 환자에서 골 조직에서의 칼슘은 감소되어 있더라도, 즉 골밀도가 낮아져 있더라도 혈액에서의 칼슘 수치는 정상 수치를 나타낼 수 있다는 것이다. 세포와 조직 내에서는 에너지 생산에 필수적인 미네랄들이 실질적으로 유의하게 결핍되어 있거나 균형이 깨져있을 경우에도 혈액에서는 정상으로 나타날 수 있다는 것이다. 미네랄의 혈중 수치를 균형에 맞게 유지하는 것이 혈액의 중요한 기능 중 하나이다. 그러므로 혈액검사를 통한 미네랄 검사 결과는 건강상의 문제에 대한 조기 지표로 이용하는 데 한계를 보인다(오한진, 2003).

## 1.4 국내외 임상진료지침

미국 Choosing Wisely에 따르면, American Academy of Pediatrics (2022)에서는 자폐스펙트럼을 포함한 행동 또는 발달 장애 아동에서 환경독성 측정을 위해 모발검사를 사용하지 않을 것을 권고했다. 해당 권고문에 따르면, 광범위한 원소와 화학물질 분석은 과학적 근거가 없으며, 해당 분석은 신뢰도가 부족하다. 화학물질은 모발에서 균등하게 분포하지 않을 수 있으며 분석은 기술적으로 정확하지 않을 수 있다. 다양한 금속물질이 발견되었다는 보고서는 가족에게 심각한 공포를 일으키고 다른 검사를 필요로 하게 한다. 역사적으로, 표준적인 방법을 통한 검사는 모발검사로 보고된 노출을 입증하지 못했다.

American College of Medical Toxicology and The American Academy of Clinical Toxicology (2015)에서도 비특이적 증상이 있는 환자에서 중금속 중독 검사를 위한 모발 또는 손톱검사를 수행하지 않도록 권고했다. 해당 권고문에 따르면, 모발검사는 거의 필요하지 않으며 신뢰성이 낮고 중금속 노출 후 제한적인 유용성을 제공한다. 여러 가지 중금속 검사를 위한 비특이적 모발 및 손톱 검사는 잠재적으로

위해한 진단오류 및 해로운 후속 치료로 이어질 가능성이 있다.

영국 National Institute for Health and Clinical Excellence 가이드라인(2011)은 음식 알레르기의 진단에서 모발검사의 사용을 권고하지 않았으며, American Academy of Asthma, Allergy and Immunology 가이드라인(Wallace 등, 2008)에서는 비염 진단에서 모발검사는 진단 타당성이 없다고 명시했다. 싱가포르 보건부의 가이드라인(2010)에서는 자폐스펙트럼에서 모발검사의 사용을 권고하지 않았다(Aetna, 2022 재인용).

## 1.5 선행연구 현황

Mikulewicz 등(2013)은 체계적 문헌고찰을 통해 모발의 성분 함량에 대한 참조범위를 확인하였다. 참조범위는 2000-2012년에 다양한 인구집단에 대해 제시되었으며, 특히 시료 준비, 분해(digestion), 분석(ICP-AES, ICP-MS) 방법이 달랐기 때문에 참조값으로 보고된 모발 미네랄 수치는 다양했다. 의학적 진단기술로 활용을 위해서는 모발 미네랄 검사의 표준 절차를 정교화하고 자세한 방법론 제공이 필요하다고 강조했다.

Wołowicz 등(2013)의 체계적 문헌고찰에서는 66편의 선택문헌에서 보고한 질환군(자폐스펙트럼, 암, 고혈압, 심근경색, 신장질환, 골관절염, 당뇨, 기타 질환)과 대조군의 모발검사를 통한 각 미네랄 수치 비교 결과를 정리하였다. 많은 저자들이 모발 미네랄 불균형이 많은 질환을 조기 진단하는 데 유용할 수 있다고 결론 내렸지만, 시료 준비 절차, 특히 세척과 석화(mineralization) 방법을 표준화할 필요성이 있다고 기술하였다.

Namkoong 등(2013)의 국내 연구에서는 혈액검사와 비교할 때 모발 미네랄 분석을 시행하는 상업적 실험실에서 실험실내, 실험실간 신뢰도를 고려할 때 한계가 있으므로, 임상적 모발 미네랄 분석을 혈액검사의 보조검사로 이용해야 할 것이라고 결론내렸다.

Hong 등(2009)의 국내 일차연구에 따르면 의원을 방문한 50세 이상 성인 여성을 대상으로 조사한 결과 일부 모발 미네랄 수치는 영양소 섭취량과 유의한 상관관계를 나타내지만 모발 미네랄 함량은 각 미네랄 섭취량에 직접적인 영향을 받지 않는 것으로 보였다.

## 1.6 기존 의료기술평가

동 기술과 관련된 기존 의료기술평가는 확인할 수 없었다.

## 2. 평가목적

동 평가는 선택 비급여 항목인 모발검사(미네랄·중금속)의 임상적 유용성에 대한 현존하는 의과학적 근거 평가를 통해 대국민 정보를 제공하고자 하였다.



## 1. 체계적 문헌고찰

### 1.1 개요

동 평가에서는 모발검사(미네랄·중금속)의 임상적 유용성을 확인하기 위하여 체계적 문헌고찰의 검토(overview of systematic reviews)를 수행하였다. 자세한 평가방법은 아래 기술된 바와 같으며, 모든 평가방법은 평가목적에 고려하여 “모발검사(미네랄·중금속) 재평가 소위원회(이하 ‘소위원회’라 한다)”의 심의를 거쳐 확정하였다.

### 1.2 핵심질문

동 평가의 핵심질문은 ‘건강상태 확인 등의 목적으로 사용하는 모발검사(미네랄·중금속)는 임상적으로 안전하고 효과적인가?’ 이다. 핵심질문에 따라 확정된 평가범위(PICO-TS)는 [표 2.1]과 같다.

표 2.1 PICO-TS 세부 내용

구분	세부내용
Patients (대상환자)	제한하지 않음 (단, 특정 질환 진단 및 약물 복용 검사 목적은 제외함)
Intervention (중재검사)	모발검사
Comparators (비교검사)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 혈액검사</li> <li>▪ 소변검사</li> </ul>
Reference Standard (참조검사)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 식사일지</li> <li>▪ 영양지표</li> </ul>
Outcomes (결과변수)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 안전성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위음성 및 위양성</li> </ul> </li> <li>▪ 효과성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 진단정확성</li> <li>- 의료결과와의 상관성</li> </ul> </li> </ul>
Time (추적기간)	제한하지 않음
Setting (세팅)	제한하지 않음
Study Designs (연구유형)	체계적 문헌고찰



## 1.3 문헌검색

### 1.3.1 국외

국외 문헌검색은 체계적 문헌고찰 시 주요 검색원으로 간주되는 Ovid-MEDLINE, Ovid-Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL) 3개의 전자 데이터베이스를 이용하였다. 검색어는 Ovid-MEDLINE에서 사용된 검색어를 기본으로 각 자료원의 특성에 맞게 수정하였으며 MeSH term, 논리연산자, 절단 검색 등의 검색기능을 적절히 활용하였다. 구체적인 검색전략 및 검색결과는 <부록 3>에 제시하였다.

표 2.2 국외 전자 데이터베이스

국외 문헌 검색원	URL 주소
Ovid-MEDLINE	<a href="http://ovidsp.tx.ovid.com">http://ovidsp.tx.ovid.com</a>
Ovid-Embase	<a href="http://ovidsp.tx.ovid.com">http://ovidsp.tx.ovid.com</a>
Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL)	<a href="http://www.cochranelibrary.com">http://www.cochranelibrary.com</a>

### 1.3.2 국내

국내 문헌검색은 코리아메드(KoreaMed), 한국의학논문데이터베이스(KMBASE), 한국학술정보(KISS), 한국교육학술정보원(RISS), 한국과학기술정보연구원(ScienceON) 5개의 전자 데이터베이스를 이용하여 수행하였다.

표 2.3 국내 전자 데이터베이스

국내 문헌 검색원	URL 주소
KoreaMed	<a href="http://koreamed.org">http://koreamed.org</a>
한국의학논문데이터베이스 (KMBASE)	<a href="http://kmbase.medic.or.kr">http://kmbase.medic.or.kr</a>
한국학술정보 (KISS)	<a href="http://kiss.kstudy.com">http://kiss.kstudy.com</a>
한국교육학술정보원 (RISS)	<a href="http://www.riss.kr">http://www.riss.kr</a>
한국과학기술정보연구원 (ScienceON)	<a href="https://scienceon.kisti.re.kr/">https://scienceon.kisti.re.kr/</a>

### 1.3.3 시기 검색

전자검색원의 검색한계를 보완하기 위하여 선행 체계적 문헌고찰 및 문헌 검색과정에서 확인되거나 본 평가 주제와 관련된 참고문헌 등을 토대로, 본 평가의 선택/배제기준에 적합한 문헌을 추가로 검토하여

선정 여부를 판단하였다.

## 1.4 문헌선정

문헌선정은 두 명의 검토자가 독립적으로 수행하였다. 1차 문헌선정 단계에서는 제목 및 초록을 바탕으로 본 평가의 평가대상과 관련성이 없는 것으로 판단되는 문헌을 배제하고, 2차 단계에서는 문헌의 전문(full-text)을 검토하여 본 평가의 선택기준에 맞는 문헌을 최종적으로 선정하였다. 의견 불일치가 있을 경우, 제3자 검토 및 소위원회를 통하여 의견일치를 이루었다. 구체적인 문헌의 선택 및 배제기준은 [표 2.4]와 같다.

표 2.4 문헌의 선택 및 배제기준

선택기준 (Inclusion Criteria)	배제기준 (Exclusion Criteria)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모발검사를 수행한 연구</li> <li>- 사전에 정의한 연구설계에 해당하는 연구</li> <li>- 한글 또는 영어로 출판된 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인간 대상 연구가 아닌 경우(동물연구 또는 전임상연구)</li> <li>- 원저가 아닌 연구(중설, letter, comment 등)</li> <li>- 회색문헌(초록만 발표된 연구, 학위논문, 기관보고서 등 peer-review를 거치지 않은 경우)</li> <li>- 원문 확보 불가</li> <li>- 중복 출판된 문헌</li> </ul>

## 1.5 비뚤림위험 평가

최종 선정된 체계적 문헌고찰의 비뚤림위험 평가는 AMSTAR 2(A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews 2)를 활용하여, 두 명의 평가자가 독립적으로 시행하였다. 구체적인 평가항목은 [표 2.5]와 같다.

표 2.5 AMSTAR 2 평가항목

영역	질문
1	체계적 문헌고찰의 연구질문과 포함기준에는 PICO의 구성요소가 포함되었는가?
2	체계적 문헌고찰 방법론이 실제 문헌고찰을 시행하기 전에 확립되었으며, 보고서에는 프로토콜로부터 중대한 이탈이 있는 경우 이에 대한 정당화(합당한 이유)가 제시되었나?
3	문헌고찰 저자는 문헌고찰에 포함될 연구설계 선택에 대해 설명하였나?
4	문헌고찰 저자는 포괄적인 문헌 검색 전략을 사용하였는가?
5	문헌고찰 저자는 연구 선택을 중복으로 수행하였는가?
6	문헌고찰 저자는 자료추출을 중복으로 수행하였는가?
7	문헌고찰 저자는 배제 연구에 대한 목록과 합당한 배제사유를 제공하였는가?
8	문헌고찰 저자는 포함된 연구들의 세부사항을 적절히 기술하였는가?
9	문헌고찰 저자는 문헌고찰에 포함된 개별 연구의 비뚤림위험(ROB)을 평가하기 위해 만족스러운 도구를 사용하였는가?
10	문헌고찰 저자는 문헌고찰에 포함된 연구들의 자금 출처에 대해 보고하였는가?
11	메타분석을 수행하였다면, 문헌고찰 저자는 이에 대한 합당한 이유를 제시하였고, 연구결과의 통계학적 결합을 위해 적절한 방법을 사용하였는가?
12	메타분석을 수행하였다면, 문헌고찰 저자는 개별 연구의 비뚤림위험이 메타분석 연구결과나 다른 근거 합성에 미칠 잠재적 영향을 평가하였는가?
13	문헌고찰 저자가 문헌고찰 결과를 해석/논의할 때 개별 연구의 비뚤림 위험을 고려하였는가?
14	문헌고찰 저자는 문헌고찰 연구결과에서 발견된 이질성에 대해 만족스러운 설명을 하였는가?
15	양적 합성을 하였다면, 문헌고찰저자는 출판비뚤림 (소규모연구 비뚤림)에 대한 적절한 조사를 수행하고, 문헌고찰 결과에 미칠 수 있는 영향에 대해 고찰하였는가?
16	문헌고찰 저자는 문헌고찰 수행을 위한 자금지원을 포함하여 잠재적 이해상충에 대해 보고하였는가?

## 1.6 자료추출

사전에 정해진 자료추출 서식을 활용하여 두 명의 검토자가 독립적으로 자료추출을 수행하였다. 주요 자료추출 내용에는 연구설계, 연구대상, 수행검사, 안전성 및 효과성 결과 등이 포함되었다.

표 2.6 자료추출 항목

추출항목	내용
연구설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구유형</li> <li>• 연구국가</li> <li>• 연구기관 (다기관 여부)</li> <li>• 대상자 모집기간</li> </ul>
연구대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대상환자 (환자 수, 연령, 성별)</li> <li>• 대상특성</li> <li>• 선택기준</li> <li>• 배제기준</li> </ul>
수행시술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중재검사 (분석방법, 기기)</li> <li>• 비교검사 (분석방법, 기기)</li> <li>• 참조검사 (분석방법, 기기)</li> </ul>
안전성 결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위음성 및 위양성</li> </ul>
효과성 결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진단정확성</li> <li>• 의료결과와의 상관성</li> </ul>

## 1.7 대국민 정보제공

최근 의료기술평가(Health Technology Assessment, HTA) 개념이 대두되면서 보건의료분야의 의사결정 과정에서 전문가의 일방적 의견이 아닌 과학적 근거를 바탕으로 한 환자·보호자·정책결정자들이 참여하여 합리적인 결정을 하기 위한 노력이 시도되고 있으며, 한국보건의료연구원에서는 일반 국민을 참여시키기 위한 노력의 일환으로 제2기 국민참여단을 구성하여 운영하고 있다.

국민참여단은 일반 시민 및 환자참여그룹 추천으로 96명으로 구성되었으며, 이 중 환자참여그룹은 한국 선천성 심장병 환우회, 한국건선협회, 한국백혈병환우회, 한국 1형 당뇨병 환우회, 한국희귀난치성 질환연합회, 류마티스 환우회, 소비자와 함께, 소비자 시민모임, 한국소비자연맹이 포함되었다.

본 설문조사는 일상생활에 지장이 없는 미용 개선 또는 건강증진을 목적으로 하는 비급여 의료기술(선택 비급여)에 대해 국민의 궁금증을 파악하여 올바른 정보를 제공하고자 연구원 내 국민참여단의 의견을 조사하기 위해 실시되었다. 조사방법은 구조화된 온라인 설문지를 바탕으로 전체 국민참여단을 대상으로 수행되었으며, 응답자는 모발검사 경험, 모발검사를 받게 된 계기, 모발검사 효과, 모발검사에 대해 궁금한 점을 자가 응답 방식으로 작성하였다. 본 조사의 응답 내용을 중심으로 대국민 정보문의 내용을 구성하였다.

설문조사 결과 55.2% (53명)가 응답하였으며, 세부 내용은 <부록 6>과 같다.

### 1. 문헌선정 결과

#### 1.1 문헌선정 개요

국내·외 데이터베이스를 통해 총 1,890편이 검색되었으며, 각 DB별 중복검색된 문헌을 제거한 총 1,075편을 대상으로 제목·초록 검토를 통해 87편을 선별하였다. 이후 원문(full text) 검토를 통해 최종적으로 총 4편의 문헌이 선정되었다. 문헌선정 흐름도는 [그림 3.1]과 같으며, 최종 선택문헌 목록은 출판연도 순으로 <부록 5>에 자세히 기술하였다. 본 과정에서 배제된 문헌은 <별첨 2>에 기술하였다.

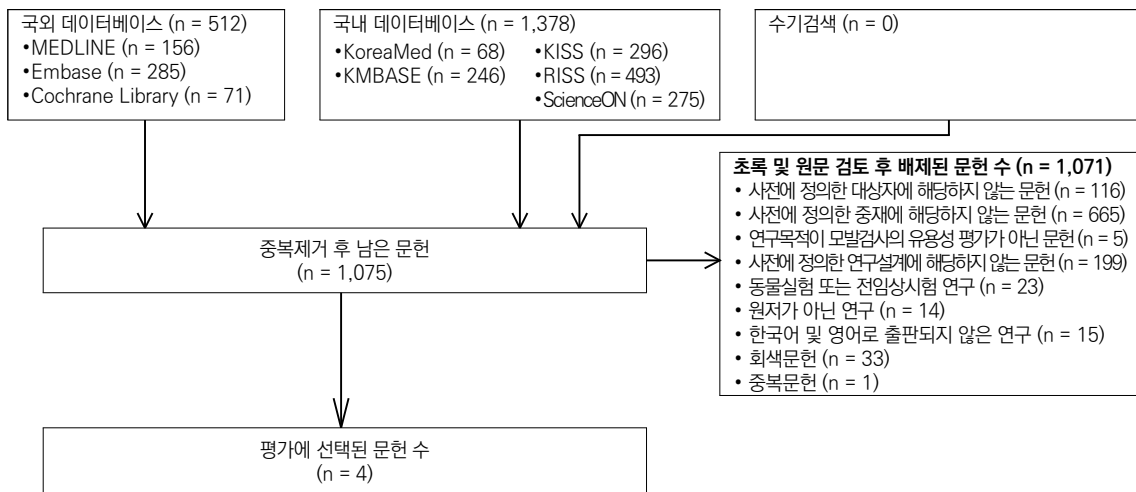


그림 3.1 문헌선정 흐름도

#### 1.2 선택문헌 특성

최종 선택문헌은 체계적 문헌고찰 4편으로 출판연도는 2020년대 1편, 2010년대 1편, 2000년대 2편이었다. 모두 국외 문헌이었으며, 멕시코, 폴란드, 영국, 홍콩에서 각 1편씩 출판되었다.

선택문헌의 특성은 [표 3.1]과 같다.

표 3.1 최종 선정 문헌 특성

연번	1저자 (연도)	연구 국가	연구대상	검색원 수	검색기간	선택문헌 수	메타분석 여부	결과
1	Lavalle-Carrasco (2021)	멕시코	불소 노출 인구집단	4	2000.1.1.~ 2020.3.31.	17편 (모발검사 5편)	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antonijevic 등(2016): 식수 중 불소 농도와 모발 불소 수치 간의 양적(positive) 상관 관계가 있었으며, 식수 중 불소에의 노출을 모니터링하는 데 소변보다 더 우수한 생체표지자로 간주됨 (소변 r=0.92, 모발 r=0.94)</li> <li>• Joshi 등(2018): 풍토적 불소증 지역 인구의 모발에서 불소 수치가 더 높았으며 (p&lt;0.001), 만성적인 불소 노출을 측정하는 데 적절한 생체표지자임</li> <li>• Parimi 등 (2013): 식수 중 불소 농도가 높은 지역의 인구에서 모발 불소 수치가 대조군 보다 높았으며(p=0.000) 불소에의 장기간 노출을 모니터링하는 데 적절하다고 간주됨</li> <li>• Idowu 등(2020): 일일총불소섭취량과의 상관성이 다른 생체표지자에 비해 가장 낮으므로(p=0.027, ρ=0.306), 식수를 통한 불소 노출을 결정하는 데 적절한 생체표지자가 아닐 수 있음</li> <li>• Elekdag-Turk 등(2019): 손톱검사와 모발검사 모두에서 풍토적, 비풍토적 불소증 지역 주민 간 불소 수치의 유의한 차이를 보였으며(손톱검사 p&lt;0.001, 모발검사 p=0.004), 손톱검사가 더 높은 민감도를 나타냄</li> </ul>
2	Mikulewicz (2013)	폴란드	건강인	3	2000.1.1.~ 2013.2.14.	5편	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분석 방법론, 특히 시료 준비, 분해(digestion), 분석 방법(ICP-AES, ICP-MS)이 상이하여 참조값으로 보고된 모발 미네랄 수치가 다양했음. 표준적인 절차를 정교화하고, 나아가 모발 미네랄 검사를 검증하고 자세한 방법론을 제공하는 것이 필요함. 그래야만 의미 있는 참조값을 제공하고 의학적인 진단기술로서 모발 미네랄 검사의 잠재력을 활용하는 것이 가능해짐</li> </ul>
3	Lowe (2009)	영국	건강인	3	~2007.10.	48편 (모발검사 3편)	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모발 중 아연 농도는 아연 보충제 섭취 이후 유의하게 증가하였음 (WMD: 13.24 ppm; 95% CI: 11.91, 14.56; I<sup>2</sup>=0%)</li> <li>• 건강인에서 혈청, 소변, 모발 중 아연은 신뢰할 만한 생체표지자임</li> </ul>
4	Ng (2007)	홍콩	건강인	1	1966-2003	11편	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Ref. 소변, 3편) Sample-size weighted mean correlation coefficient* 0.459</li> <li>• (Ref. 제대혈, 2편) Sample-size weighted mean correlation coefficient 0.640</li> <li>• (Ref. 혈액, 6편) Sample-size weighted mean correlation coefficient 0.6107</li> </ul>

\* >0.5일 때 상관관계가 있음을 의미함

### 1.3 비풀림위험 평가 결과

4편의 체계적 문헌고찰 문헌을 대상으로 AMSTAR 2를 이용하여 비풀림위험 평가를 수행한 결과, 전반적 신뢰도가 매우 낮음(75%, 3편) 또는 낮음(25%, 1편)으로 전반적인 비풀림위험은 높은 것으로 나타났다.

표 3.2 비풀림위험 평가 결과

1저자 (연도)	1. 연구질문 및 포함기준	2. 프로토콜	3. 연구설계 선택	4. 포괄적 문헌검색	5. 연구선택	6. 자료추출	7. 배제연구 및 사유	8. 선정연구 세부사항	9. 비풀림 위험	10. 자금출처	11. 메타분석 통계적 방법	12. 메타분석 비풀림 위험 고려	13. 결과고찰 비풀림 위험 고려	14. 이질성 설명 고찰	15. 출판 비풀림	16. 이해상충 보고	전반적 신뢰도*
Lavalle-Car rasco (2021)	예	예	예	일부 예	예	예	아니오	예	예	아니오	메타분석 없음	메타분석 없음	예	아니오	메타분석 없음	예	낮음
Mikulewicz (2013)	예	아니오	아니오	일부 예	아니오	예	예	예	일부 예	아니오	메타분석 없음	메타분석 없음	아니오	아니오	메타분석 없음	예	매우 낮음
Lowe (2009)	예	아니오	예	예	예	아니오	아니오	예	예	아니오	아니오	아니오	아니오	아니오	아니오	예	매우 낮음
Ng (2007)	아니오	아니오	아니오	아니오	예	예	아니오	아니오	아니오	아니오	아니오	아니오	아니오	아니오	아니오	아니오	매우 낮음

\*전반적인 신뢰도 평가

- 1) 높음: 핵심적인 영역(문항 2, 4, 7, 9, 11, 13, 15)는 모두 '예'이고 비핵심적인 영역 1개에서 '아니오'
- 2) 중등도: 둘 이상의 비핵심적인 영역에서 '아니오'
- 3) 낮음: 비핵심적인 영역에 관계없이 핵심적 영역 1개에서 '아니오'가 있음
- 4) 매우 낮음: 비핵심적인 영역에 관계없이 핵심적인 영역 2개 이상에서 '아니오'

## 2. 분석 결과

### 2.1 안전성

모발검사(미네랄·중금속)의 안전성은 소위원회의 논의를 바탕으로 위음성 및 위양성으로 평가하고자 하였으나, 해당 지표를 보고한 문헌은 없었다. 소위원회는 동 검사는 신체에 위해를 가하지 않는 비침습적인 검사이므로 안전성에는 문제가 없다는 의견이었다.

### 2.2 효과성

모발검사(미네랄·중금속)의 효과성은 소위원회의 논의를 바탕으로 진단정확성 및 의료결과와의 상관성으로 평가하고자 하였으나, 해당 지표를 보고한 문헌은 없었다. 이에 소위원회에서는 건강인을 대상으로 모발검사를 수행한 연구의 기타 결과지표를 검토하였다.

Lavalle-Carrasco 등(2021)은 불소 노출 인구집단에서 불소 농도를 관찰하기 위한 최신의 생체표지자인 손톱검사와 모발검사를 검증하기 위하여 체계적 문헌고찰을 수행하였으며, 모발검사를 수행한 5편의 선택문헌에 대하여 질적으로 기술하였다.

- Antonijevic 등(2016)에 따르면, 식수 중 불소 농도와 모발 불소 수치 간의 양적(positive) 상관관계가 있었으며, 모발은 식수 중 불소에의 노출을 관찰하는 데 소변보다 더 우수한 생체표지자로 간주된다(소변  $r=0.92$ , 모발  $r=0.94$ ).
- Joshi 등(2018)의 연구에서는 비풍토적 불소중독 지역 인구에 비해 풍토적 불소중독 지역 인구의 모발에서 불소 수치가 더 높았으며( $p<0.001$ ), 모발이 만성적 불소 노출을 측정하는 데 적절한 생체표지자로 보았다.
- Parimi 등(2013)의 연구에서는 식수 중 불소 농도가 높은 지역의 인구에서 모발 불소 수치가 대조군보다 높았으며( $p=0.000$ ), 모발이 불소에의 장기간 노출을 관찰하는 데 적절하다고 보았다.
- Idowu 등(2020)은 일일총불소섭취량과의 상관성이 다른 생체표지자에 비해 가장 낮으므로( $p=0.027$ ,  $\rho=0.306$ ), 식수를 통한 불소 노출을 결정하는 데 적절한 생체표지자가 아닐 수 있다고 보았다.
- Elekdag-Turk 등(2019)의 연구에서는 손톱검사와 모발검사 모두에서 풍토적, 비풍토적 불소중독 지역 주민 간 불소 수치의 유의한 차이를 보였으며(손톱검사  $p<0.001$ , 모발검사  $p=0.004$ ), 손톱검사가 더 높은 민감도를 보였다.

Mikulewicz 등(2013)의 연구에서는 모발 내에 존재하는 다양한 원소의 참조값을 확인하기 위하여 체계적 문헌고찰을 수행하였는데, 분석 방법론, 특히 시료 준비, 분해(digestion), 분석 방법(ICP-AES, ICP-MS)이 상이하여 참조값으로 보고된 모발 미네랄 수치가 다양했다. 표준적인 절차를 정교화하고, 나아가 모발 미네랄 검사를 검증하고 자세한 방법론을 제공하는 것이 필요하며, 그래야만 의미 있는



참조값을 제공하고 의학적인 진단기술로서 모발 미네랄 검사의 잠재력을 활용하는 것이 가능해진다고 보았다.

Lowe 등(2009)의 연구에서는 체내 아연 농도를 확인하기 위한 생체표지자의 유용성을 평가하기 위해 체계적 문헌고찰을 수행하였으며, 그 중 모발검사를 수행한 연구는 3편의 아연 보충제 RCT였다. 메타분석 결과, 모발 중 아연 농도는 아연 보충제 섭취 이후 유의하게 증가하였으며(WMD: 13.24 ppm; 95% CI: 11.91, 14.56;  $I^2=0\%$ ), 건강인에서 모발 중 아연은 신뢰할 만한 생체표지자라고 보았다.

Ng 등(2007)은 아동 및 청소년에서 수은 노출을 측정하기 위한 모발검사에 대한 체계적 문헌고찰을 수행하였으며, 메타분석을 수행하여 참조 생체표지자인 소변, 제대혈, 혈액과의 상관성을 확인하였다. 소변(3편)과의 sample-size weighted mean correlation coefficient는 0.459, 제대혈(2편)의 경우 0.640, 혈액(6편)의 경우 0.6107로 나타났다. 모발 중 수은과 혈액 중 수은 간 상관성이 확인되었지만, 임상에서 혈액 중 수은과 소변 중 수은 검사를 대체할 만큼 상관성이 높지는 않다고 보았다.

# IV

## 결과 요약 및 결론

### 1. 평가결과 요약

모발검사(미네랄·중금속)는 건강상태 확인 등의 목적으로 모발조직에 축적된 미네랄·중금속을 분석하여 체내 영양 미네랄의 불균형 상태와 중금속 오염 및 미네랄 간의 상호작용을 측정하는 검사로서, 선택 비급여 의료기술에 해당한다. 선택 비급여는 신체적 필수 기능개선을 직접 목적으로 하지 않고 의료소비자의 선택에 의해 사용되는 의료기술을 의미한다. 의료소비자인 국민들에게 모발검사(미네랄·중금속)에 대해 올바른 정보를 제공하고 이를 통해 해당 의료기술의 적정사용을 지원하고자 내부 모니터링으로 발굴된 주제이다. 2022년 제5차 의료기술재평가위원회(2022.05.13.)에서는 의료기술의 적정사용을 위한 근거를 제공하기 위하여, 체계적 문헌고찰 검토를 통해 모발검사(미네랄·중금속)의 임상적 유용성에 대한 의과학적 근거를 평가하고, 동 안전에 대하여 대국민 정보문을 제공하는 것으로 심의하였다.

동 평가에 선택된 문헌은 체계적 문헌고찰 4편이었으며, 모두 국외 문헌이었다.

#### 1.1 안전성

모발검사(미네랄·중금속)의 안전성은 소위원회의 논의를 바탕으로 위음성 및 위양성으로 평가하고자 하였으나, 해당 지표를 보고한 문헌은 없었다. 소위원회는 동 검사는 신체에 위해를 가하지 않는 비침습적인 검사이므로 안전성에는 문제가 없다는 의견이었다.

#### 1.2 효과성

모발검사(미네랄·중금속)의 효과성은 소위원회의 논의를 바탕으로 진단정확성, 의료결과와의 상관성으로 평가하고자 하였으나, 해당 지표를 보고한 문헌은 없었다. 이에 소위원회에서는 건강인을 대상으로 모발검사를 수행한 연구의 기타 결과지표를 검토하였다.

Mikulewicz 등(2013)의 연구에서는 분석 방법론, 특히 시료 준비, 분해, 분석 방법이 상이하여 참조값으로 보고된 모발 미네랄 수치가 다양했으며, 표준적인 절차를 정교화하고, 나아가 모발 미네랄 검사를 검중하고 자세한 방법론을 제공하는 것이 필요하다고 명시하였다.

Ng 등(2007)은 아동 및 청소년에서 수은 노출을 측정하기 위한 모발검사와 소변과의 상관계수는 0.459, 제대혈의 경우 0.640, 혈액의 경우 0.6107로 보고하였으며, 모발 중 수은과 혈액 중 수은 간 상관성이 확인되었지만, 임상에서 혈액 중 수은과 소변 중 수은 검사를 대체할 만큼 상관성이 높지는 않다고 보았다.

Lavalle-Carrasco 등(2021)은 불소 노출 인구집단에서 불소 농도를 관찰하기 위해 모발검사를 수행한 5편의 선택문헌에 대하여 질적으로 기술하였으며, 이 중 4편에서는 모발이 불소 노출 정도를 측정하는데 적절하다고 보았으며, 1편은 적절한 생체표지자가 아닐 수 있다고 명시하였다.

Lowe 등(2009)의 연구에서는 모발 중 아연 농도가 아연 보충제 섭취 이후 유의하게 증가하였으며, 건강인에서 모발 중 아연은 신뢰할 만한 생체표지자라고 보았다.

## 2. 결론

모발검사(미네랄·중금속) 재평가 소위원회는 현재 평가 결과에 근거하여 다음과 같이 제안하였다.

모발검사(미네랄·중금속)는 신체에 위해를 가하지 않는 비침습적인 검사이므로 안전성에는 문제가 없으나, 체내 미네랄과 중금속의 농도를 측정하기 위한 검사로서의 정확성과 임상적 유용성을 입증하는 문헌적인 근거가 없다고 평가하였다.

2022년 제12차 의료기술재평가위원회(2022. 12. 09.)에서는 소위원회 검토 결과와 대국민 정보문에 대해 논의하였으며, 의료기술재평가사업 관리지침 제4조 제10항에 의거 “모발검사(미네랄·중금속)”에 대해 소위원회 결론은 원안대로 심의 의결하고 대국민 정보문을 일부 수정하여 심의 의결하였다.

의료기술재평가위원회는 모발검사(미네랄·중금속)는 신체에 위해를 가하지 않는 비침습적인 검사로 안전성에는 문제가 없으나, 체내 미네랄과 중금속의 농도를 측정하기 위한 검사로서의 정확성과 임상적 유용성을 입증하는 문헌적인 근거가 없다고 판단하였다.

## 3. 대국민 정보문

### 모발 미네랄·중금속 검사를 고려하고 있다면, 꼭 확인하세요!

미네랄 중독과 중금속 중독 여부 등에 대해 알고자 하신다면 의사와의 진료, 상담, 검사 등을 통해 건강상태를 정확하게 파악하는 것이 필요합니다.

### 모발 미네랄·중금속 검사란?

미네랄은 우리 몸의 생리적 기능에 필요한 광물성 영양소로 나트륨, 칼슘, 칼륨, 철, 인 등이 해당됩니다. 중금속은 구리, 아연, 니켈 등과 같은 생명체에 없어서는 안 되는 필수원소와 납, 수은 등과 같은 비 필수원소로 구분되며, 모두 허용기준 이상으로 체내에 흡수되면 인체에 유해합니다. 모발 미네랄·중금속 검사는 일정 기간(약 3개월) 동안 자란 머리카락(모발)을 소량(약 3cm의 모발 50가닥) 채취하여 분석 기관으로 보낸 후 수령한 검사 결과지를 통해 체내 미네랄 균형 여부와 중금속 축적 정도를 확인할 수 있는 검사로 알려져 있습니다.

### **모발 미네랄·중금속 검사로 알 수 있는 것은 무엇인가요?**

모발 미네랄·중금속 검사는 건강상태 확인 등의 목적으로 모발조직에 축적된 미네랄·중금속을 분석하여 체내 미네랄의 불균형 상태와 중금속 중독 여부를 파악하고 미네랄 간의 상호작용을 측정하는 검사로 홍보되고 있습니다. 그러나 현재까지 건강상태를 확인하거나 특정 질환을 진단하기 위한 목적으로 해당 검사를 시행하는 것이 유용한지를 뒷받침하는 국내외의 과학적 근거는 없습니다.

### **모발 미네랄·중금속 검사는 얼마나 정확한가요?**

미국 임상독성학회는 여러 가지 중금속 검사를 위한 모발검사는 신뢰하기 어렵고, 진단이 잘못되어 도움이 되지 않는 치료를 받게 될 가능성이 있다고 강조했습니다. 또한, 여러 연구를 포괄적으로 검토한 문헌에 따르면, 채취한 모발의 세척 등 준비 과정, 분석 방법의 기준이 연구마다 달랐습니다. 모발 미네랄·중금속 검사는 국내 의료현장에서 검사의 유용성이 검증된 바가 없으며, 진단의 정확한 판정 기준이 존재하지 않습니다.



1. 대한가정의학회. 가정의학 총론. 의학출판사. 2016.
2. 박정덕. 중금속 노출 근로자의 직업병. *Hanyang Medical Reviews*. 2010;30(4):319-25.
3. 오한진. 모발 검사의 허와 실. *가정의학회지*. 2003;24:781-5.
4. Aetna Hair Analysis. Last Review April 28, 2022. [https://www.aetna.com/cpb/medical/data/300\\_399/0300.html](https://www.aetna.com/cpb/medical/data/300_399/0300.html).
5. American Academy of Pediatrics Council on Environmental Health. Do not order hair analyses for “environmental toxins” in children with behavioral or developmental disorders, including autism. Released May 17, 2021. Last reviewed. 2022. <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/aapeh2-do-not-order-hair-analyses-for-environmental-toxins-in-children-with-behavioral-or-developmental-disorders-including-autism/>.
6. American College of Medical Toxicology and The American Academy of Clinical Toxicology. Don't perform hair or nail testing for “metal poisoning” screening in patients with nonspecific symptoms. Released March 26, 2015. <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/acmt-and-aact-testing-for-metal-poisoning/>.
7. Antonijevic E, Mandinic Z, Curcic M, Djukic-Cosic D, Milicevic N, Ivanovic M, et al. “Borderline” fluorotic region in Serbia: Correlations among fluoride in drinking water, biomarkers of exposure and dental fluorosis in schoolchildren. *Environ. Geochem. Health*. 2016;38:885-96.
8. Elekdag-Turk S, Almuzian M, Turk T, Buzalaf MAR, Alnuaimi A, Dalci O, Darendeliler MA. Big toenail and hair samples as biomarkers for fluoride exposure - a pilot study. *BMC Oral Health*. 2019 May 13;19(1):82.
9. Hong SR, Lee SM, Lim NR, Chung HW, Ahn HS. Association between hair mineral and age, BMI and nutrient intakes among Korean female adults. *Nutr Res Pract*. 2009;3(3):212-9.
10. Idowu OS, Duckworth RM, Valentine RA, Zohoori FV. Biomarkers for the Assessment of Fluoride Exposure in Children. *Caries Res*. 2020;54(2):134-43.
11. Joshi NA, Ajithkrishnan CG. Scalp Hair as Biomarker for Chronic Fluoride Exposure among Fluoride Endemic and Low Fluoride Areas: A Comparative Study. *Int J Trichology*. 2018;10(2):71-5.
12. Mikulewicz M, Chojnacka K, Gedrange T, Górecki H. Reference values of elements in human hair: a systematic review. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2013;36(3):1077-86.
13. Namkoong S, Hong SP, Kim MH, Park BC. Reliability on intra-laboratory and inter-laboratory data of hair mineral analysis comparing with blood analysis. *Ann Dermatol*. 2013;25(1):67-72.
14. Parimi N, Viswanath V, Kashyap B, Patil PU. Hair as biomarker of fluoride exposure in a fluoride endemic area and a low fluoridated area. *Int J Trichol*. 2013;5:148-50.
15. Wołowiec P, Michalak I, Chojnacka K, Mikulewicz M. Hair analysis in health assessment. *Clin Chim Acta*. 2013;419:139-71.

## 1. 의료기술재평가위원회

의료기술재평가위원회는 총 19명의 위원으로 구성되어 있으며, 모발검사(미네랄·중금속)의 안전성 및 효과성 평가를 위한 의료기술재평가위원회는 총 2회 개최되었다.

### 1.1 2022년 제5차 의료기술재평가위원회

- 회의일시: 2022년 5월 13일
- 회의내용: 재평가 프로토콜 및 소위원회 구성안 심의

### 1.2 2022년 제12차 의료기술재평가위원회

#### 1.2.1 의료기술재평가위원회 분과위원회 (서면)

- 회의일시: 2022년 11월 25일 ~ 11월 30일
- 회의내용: 최종심의 사전검토

#### 1.2.2 의료기술재평가위원회

- 회의일시: 2022년 12월 9일
- 회의내용: 최종심의 및 결론검토

## 2. 소위원회

모발검사(미네랄·중금속) 재평가 소위원회는 연구기획자문단 명단에서 무작위로 선정된 가정의학과 2인, 진단검사의학과 2인, 근거기반의학 1인, 총 5인으로 구성하였다. 소위원회 활동 현황은 다음과 같다.

### 2.1 제1차 소위원회

- 회의일시: 2022년 7월 14일
- 회의내용: 평가계획서 논의

### 2.2 제2차 소위원회

- 회의일시: 2022년 10월 5일
- 회의내용: 문헌선택 결과보고, 자료분석 계획논의

### 2.3 제3차 소위원회

- 회의일시: 2022년 11월 9일
- 회의내용: 자료분석 결과보고, 결론 및 대국민 정보문 논의

### 3. 문헌검색현황

#### 3.1 국외 데이터베이스

##### 3.1.1 Ovid MEDLINE® 1946~현재까지

(검색일: 2022. 07. 29.)

구분	연번	검색어	검색결과(건)
중재	1	exp hair/ or hair*.mp.	151,370
	2	exp minerals/ or mineral*.mp. or exp metals/ or metal*.mp.	1,897,883
	3	1 and 2	12,945
	4	exp hair analysis/ or (hair adj3 analy*).mp or (hair adj3 test*).mp	4,312
중재 종합	5	3 or 4	16,604
SIGN Filter (Systematic Reviews)	6	(Meta-Analysis as Topic/ or meta analy\$.tw. or metaanaly\$.tw. or Meta-Analysis/ or (systematic adj (review\$1 or overview\$1)).tw. or exp Review Literature as Topic/ or cochrane.ab. or embase.ab. or (psychlit or psychlit).ab. or (psychinfo or psycinfo).ab. or (cinahl or cinhal).ab. or science citation index.ab. or bids.ab. or cancerlit.ab. or reference list\$.ab. or bibliograph\$.ab. or hand-search\$.ab. or relevant journals.ab. or manual search\$.ab. or ((selection criteria or data extraction).ab. and Review/)) not (Comment/ or Letter/ or Editorial/ or (animal/ not (animal/ and human/)))	462,764
종합	7	5 and 6	156

##### 3.1.2 Embase 1974 to 2022 July 27

(검색일: 2022. 07. 29.)

구분	연번	검색어	검색결과(건)
중재	1	exp hair/ or hair*.mp.	221,459
	2	exp mineral/ or mineral*.mp. or exp metal/ or metal*.mp.	2,221,513
	3	1 and 2	17,120
	4	exp hair analysis/ or (hair adj3 analy*).mp or (hair adj3 test*).mp	9,696
중재 종합	5	3 or 4	24,851
SIGN Filter (Systematic Reviews)	6	(exp Meta Analysis/ or ((meta adj analy\$) or metaanalys\$.tw. or (systematic adj (review\$1 or overview\$1)).tw. or cancerlit.ab. or cochrane.ab. or embase.ab. or (psychlit or psychlit).ab. or (psychinfo or psycinfo).ab. or (cinahl or cinhal).ab. or science citation index.ab. or bids.ab. or reference lists.ab. or bibliograph\$.ab. or hand-search\$.ab. or manual search\$.ab. or relevant journals.ab. or bibliograph\$.ab. or hand-search\$.ab. or manual search\$.ab. or relevant journals.ab. or ((data extraction.ab. or selection criteria.ab.) and review.pt.)) not ((letter or editorial).pt. or (animal/ not (animal/ and human/)))	589,589
종합	7	5 and 6	285



## 3.1.3 Cochrane Library Trials (CENTRAL)

(검색일: 2022. 07. 29.)

구분	연번	검색어	검색결과(건)
중재	1	MeSH descriptor: [Hair Analysis] explode all trees	0
	2	(hair analy*):ti,ab,kw	1,323
	3	(hair test*):ti,ab,kw	1,175
중재 종합	4	#1 or #2	2,052
종합	5	Cochrane Reviews	71

## 3.2 국내 데이터베이스

(검색일: 2022. 07. 29.)

데이터베이스	연번	검색어	검색결과(건)	비고
KoreaMed	1	(("hair"[ALL])) AND ("mineral"[ALL])	48	-
	2	(("hair"[ALL])) AND ("metal"[ALL])	20	
	소계		68	
한국의학논문데이터베이스 (KMBASE)	1	([ALL=hair] AND [ALL=mineral])	102	국내발표 논문
	2	([ALL=hair] AND [ALL=metal])	137	
	3	([ALL=모발검사] OR [ALL=모발 검사])	7	
소계		246		
한국학술정보 (KISS)	1	전체 = hair AND 전체 = mineral	101	학술지
	2	전체 = hair AND 전체 = metal	153	
	3	전체 = 모발검사 OR 전체 = 모발 검사	42	
소계		296		
한국교육학술정보원 (RISS)	1	전체 : hair <AND> 전체 : mineral	162	국내학술 논문
	2	전체 : hair <AND> 전체 : metal	252	
	3	전체 : 모발검사 <OR> 전체 : 모발 검사	79	
소계		493		
ScienceON	1	전체=hair AND 전체=mineral	114	국내논문
	2	전체=hair AND 전체=metal	131	
	3	전체=모발검사 OR 전체=모발 검사	30	
소계		275		



연번(Ref ID)			
1저자(출판연도)			
질문	판단	판단근거	
<b>6. 문헌고찰 저자는 자료추출을 중복으로 수행하였는가?</b>			
예: 아래 중 하나 충족: <input type="checkbox"/> 최소한 두 명의 평가자가 포함된 문헌의 어떤 자료를 추출할지에 대해 합의에 도달하였다. <input type="checkbox"/> 또는 두 명의 평가자가 일부 적격 연구 표본에서 자료를 추출하였고, 좋은 일치도를 보여(예 : 80% 이상), 나머지는 한 평가자가 자료 추출을 하였다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오		
<b>7. 문헌고찰 저자는 배제 연구에 대한 목록과 합당한 배제사유를 제공하였는가?</b>			
일부 예 : <input type="checkbox"/> 전문까지 검토하였지만, 문헌고찰에서 배제된 연구에 대한 목록을 제시	예: 아래 사항도 충족 <input type="checkbox"/> 잠재적으로 관련성이 있는 연구가 문헌고찰에서 배제된 합당한 이유 제시	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 일부 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
<b>8. 문헌고찰 저자는 포함된 연구들의 세부사항을 적절히 기술하였는가?</b>			
일부 예 (아래 모두) <input type="checkbox"/> 인구집단에 대한 기술 <input type="checkbox"/> 중재에 대한 기술 <input type="checkbox"/> 비교군에 대한 기술 <input type="checkbox"/> 중재결과에 대한 기술 <input type="checkbox"/> 연구설계에 대한 기술	예 : 아래 사항도 모두 충족 <input type="checkbox"/> 인구집단 세부사항에 대한 기술 <input type="checkbox"/> 중재 세부사항에 대한 기술(적절한 경우, 용량 포함) <input type="checkbox"/> 비교군 세부사항에 대한 기술(적절한 경우, 용량 포함) <input type="checkbox"/> 연구 세팅에 대한 기술 <input type="checkbox"/> 추적관찰의 시점	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 일부 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
<b>9. 문헌고찰 저자는 문헌고찰에 포함된 개별 연구의 비뮴림위험(ROB)을 평가하기 위해 만족스러운 도구를 사용하였는가?</b>			
RCTs 일부 예: 아래 모두에 대한 ROB 평가 <input type="checkbox"/> 배정은폐, 그리고 <input type="checkbox"/> 중재결과 평가시 환자 및 결과 평가자의 눈가림(모든 원인 사망률과 같은 객관적인 중재결과에는 불필요)	예: 아래에 대한 ROB 평가 <input type="checkbox"/> 진정한 무작위 배정 순서, 그리고 <input type="checkbox"/> 다양한 측정치나 분석 중에서 보고할 연구결과 선택 여부	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 일부 예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/> NRSI만 포함	
NRSI 일부 예: 아래에 대한 ROB 평가 <input type="checkbox"/> 교란 <input type="checkbox"/> 선택 비뮴림	예: 아래에 대한 ROB 평가 <input type="checkbox"/> 노출과 중재결과 확인위해 사용한 방법, 그리고 <input type="checkbox"/> 다양한 측정치나 분석 중에서 보고할 연구결과 선택	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 일부 예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/> RCT만 포함	
<b>10. 문헌고찰 저자는 고찰에 포함된 연구들의 자금 출처에 대해 보고하였는가?</b>			
예 : <input type="checkbox"/> 문헌고찰에 포함된 연구의 자금출처에 대해 보고해야 한다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오		
주 : 평가자가 살펴보았지만 일차연구 저자가 보고하지 않은 경우도 해당됨			

연번(Ref ID)			
1저자(출판연도)			
	질문	판단	판단근거
	<p><b>11. 메타분석을 수행하였다면, 문헌고찰 저자는 이에 대한 합당한 이유를 제시하였고, 연구결과의 통계학적 결 합을 위해 적절한 방법을 사용하였는가?</b></p> <p>RCTs 예 :  <input type="checkbox"/> 메타분석을 통해 자료를 결합한 합당한 이유를 제시하였다.  <input type="checkbox"/> 그리고 적절한 가중치법을 이용하여 연구결과를 결합했으며 이질성이 있다면 이를 보정하였다.  <input type="checkbox"/> 그리고 이질성의 원인에 대한 조사를 하였다</p>	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/> 메타분석 없음	
	<p>NRSI 예 :  <input type="checkbox"/> 저자는 메타분석을 통해 자료를 결합한 합당한 이유를 제시하였다.  <input type="checkbox"/> 그리고 적절한 가중치법을 이용하여 연구결과를 결합했으며 이질성이 있다면 이를 보정하였다.  <input type="checkbox"/> 그리고 NRSI의 교란변수를 보정한 효과추정치를 결합하였거나, 보정 효과 추정치를 결합할 수 없을 때만 원 자료를 결합하였다.  <input type="checkbox"/> 그리고 RCT와 NRSI 모두가 고찰에 포함되었을 때, 무작위 배정 비교임상시험과 중재 비무작위연구의 요약 추정치를 별도로 보고하였다.</p>	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/> 메타분석 없음	
	<p><b>12. 메타분석을 수행하였다면, 문헌고찰 저자는 개별 연구의 비뚤림위험이 메타분석 연구결과나 다른 근거 합성에 미칠 잠재적 영향을 평가하였는가?</b></p> <p>예 :  <input type="checkbox"/> 비뚤림위험이 낮은 RCT만을 포함하였다.  <input type="checkbox"/> 또는 다양한 비뚤림위험을 가진 RCT나 NRSI를 포함한 경우 효과의 요약 추정치에 비뚤림 위험이 어떤 영향을 미치는지 조사하였다.</p>	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/> 메타분석 없음	
	<p><b>13. 문헌고찰 저자는 고찰 결과를 해석/논의할 때 개별 연구의 비뚤림위험을 고려하였는가?</b></p> <p>예 :  <input type="checkbox"/> 비뚤림위험이 낮은 RCT만을 포함하였다.  <input type="checkbox"/> 또는 RCT에 중등도 이상의 비뚤림위험이 있거나 문헌고찰에 NRSI를 포함한 경우에 비뚤림위험이 연구결과에 어떤 영향을 미쳤는지에 대해 고찰하였다</p>	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
	<p><b>14. 문헌고찰 저자는 연구결과에서 발견된 이질성에 대해 만족스러운 설명과 고찰을 하였는가?</b></p> <p>예 :  <input type="checkbox"/> 연구결과에서 유의미한 이질성이 없었다.  <input type="checkbox"/> 또는 이질성이 있는 경우, 이질성의 원인에 대해 조사하고, 이질성이 문헌고찰 연구결과에 미치는 영향에 대해 논의하였다.</p>	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
	<p><b>15. 양적 합성을 하였다면, 문헌고찰 저자는 출판비뚤림(소규모연구 비뚤림)에 대한 적절한 조사를 수행하고, 문헌고찰 결과에 미칠 수 있는 영향에 대해 고찰하였는가?</b></p> <p>예 :  <input type="checkbox"/> 출판비뚤림에 대한 그래프 또는 통계적 검증을 수행하고 출판비뚤림의 유무와 영향 정도에 대해 고찰하였다.</p>	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/> 메타분석 없음	
	<p><b>16. 문헌고찰 저자는 문헌고찰 수행을 위한 자금지원을 포함하여 잠재적 이해상충에 대해 보고하였는가?</b></p> <p>예 :  <input type="checkbox"/> 저자는 이해상충이 없다고 보고하였다. 또는  <input type="checkbox"/> 저자가 자금원을 기술하였으며, 잠재적 이해상충을 관리한 방법을 보고하였다.</p>	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	



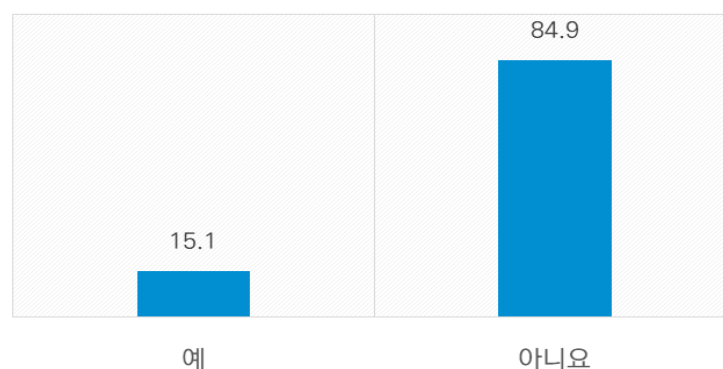
## 5. 최종선택문헌

연번	1저자	제목	서지정보
1	Lavalle-Carrasco	Recent biomarkers for monitoring the systemic fluoride levels in exposed populations: A systematic review.	Int J Environ Res Public Health. 2021 Jan 4;18(1):317.
3	Mikulewicz	Reference values of elements in human hair: A systematic review.	Environ Toxicol Pharmacol. 2013 Nov;36(3):1077-86.
2	Lowe	Methods of assessment of zinc status in humans: a systematic review.	Am J Clin Nutr. 2009 Jun;89(6):2040S-51S.
4	Ng	Low-level chronic mercury exposure in children and adolescents: Meta-analysis.	Pediatr Int. 2007 Feb;49(1):80-7.

## 6. 한국보건의료연구원 국민참여단 설문조사 결과

### 1) 모발검사 경험

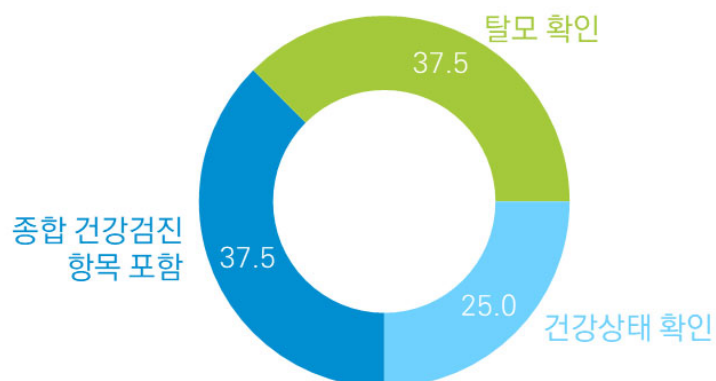
- ✓ 응답자 중 본인 또는 자녀가 모발검사를 받은 경험이 있는 응답자는 15.1%임



※ Base : 전체 n=53 / 단위 : %

### 2) 모발검사를 받게 된 계기

- ✓ 본인 또는 자녀가 모발검사를 받은 경험이 있다 답한 국민참여단 8명 중 37.5%는 종합건강 검진에 모발검사가 포함되어 있어서, 37.5%는 탈모 증상과 관련하여, 25.0%는 현재 건강상태를 확인하고자 모발검사를 받았다 답함



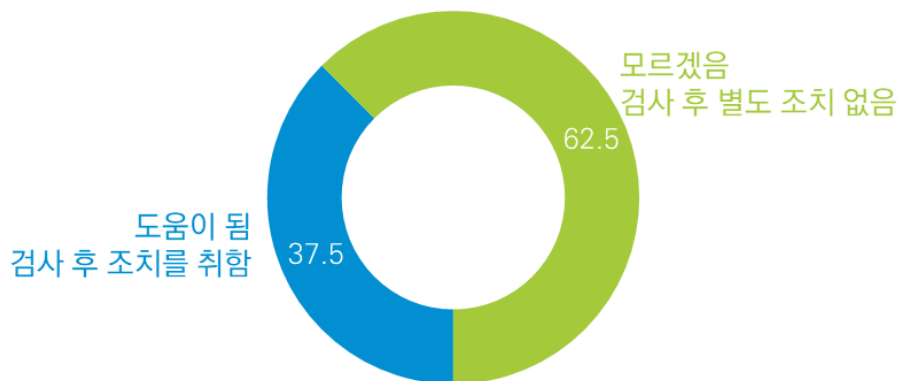
※ Base : 모발검사 경험이 있는 국민참여단 n=8 / 단위 : %

순번	모발검사를 받게 된 계기	
	종합 건강검진 항목 포함	37.5%
1	건강상태 검진	
2	건강검진 항목에 포함되어 있어서	
3	종합건강 검진 시 검사가 가능해서	
	탈모 확인	37.5%
4	모발 주위가 간지럽고 머리카락 잘 빠져서	
5	아내가 수술 후 머리숱이 줄어드는 것 같아서	
6	탈모 검사	
	건강상태 확인	25.0%
7	아이의 건강이 문제 없는지 확인하려고	
8	임신 전 검사	

※ Base : 모발검사 경험이 있는 국민참여단 n=8 / 단위 : %

### 3) 모발검사 효과

- ✓ 모발검사의 효과에 대해선 검사 경험이 있는 국민참여단 중 37.5%는 도움이 됐으며 이후 영양제 복용 등 노력을 했다 답했으나 62.5%는 효과를 느끼지 못하고 특별한 조치도 없었던 것으로 조사됨



※ Base : 모발검사 경험이 있는 국민참여단 n=8 / 단위 : %



순번	모발검사 효과	
	도움이 됨 / 검사 후 조치를 취함	37.5%
1	모발검사 후 각종 영양제를 챙겨먹고 있습니다.	
2	특별히 이상있는 부분은 없어서 영양제 복용은 하지 않았으나, 중금속 오염을 예방하기 위한 노력을 시작하게 됐습니다.	
3	피부과의 처방을 받아 약을 복용했는데 조금 개선된 것 같았습니다.	
	모르겠음 / 검사 후 별도 조치 없음	62.5%
4	나의 상태에 대해 다시 한번 파악할 수 있는 계기가 되었으나 그 이후 특별히 달라진 점은 없었습니다.	
5	예방 차원에서 했습니다.	
6	체내의 미네랄, 중금속 수치는 알 수 있었지만, 그 결과로 끝이었습니다. 개선하는 방법이나 섭취해야 할 영양소에 대한 조언을 받지 못했고, 그 이후에는 모발검사를 받지 않아서 효과 여부를 알 수가 없었습니다.	
7	크게 효과를 느끼지 못했습니다.	
8	해 볼 건 다해보는 편이지만 추천하지는 않습니다.	

※ Base : 모발검사 경험이 있는 국민참여단 n=8 / 단위 : %

#### 4) 모발검사에 대해 궁금한 점

- ✓ 모발검사에 대해 궁금한 점으로는 모발검사를 통해 얼마나 다양한 영양 상태와 질병을 파악할 수 있는지, 혈액검사와 같은 다른 검사와 비교했을 때의 장단점에 대한 언급이 다수 있음. 또한 모발검사를 받을 수 있는 곳, 진료과목과 검사 비용에 대한 관심이 높음

순번	모발검사에 대해 궁금한 점
1	건강검진에 더해 모발검사를 받으면 대부분의 <b>신체 상황</b> 을 알 수 있나요?
2	검사 받을 수 있는 <b>장소와 비용</b> 이 궁금하며 모발검사를 통해 <b>건강상태</b> 를 정확히 파악할 수 있는지 궁금합니다.
3	검사 시에 <b>알 수 있는 정보</b> 는 어떤 것이 있나요?
4	검사를 받으면 필요한 <b>영양성분</b> 을 알 수 있나요?
5	검사받는 <b>비용</b> 이 적절한지가 궁금합니다.
6	<b>검사비용</b> 은 어떻게 되나요?
7	검사에 대해 궁금합니다.
8	검사의 <b>정확성</b> 이나 <b>필요시간, 금액</b> 이 궁금합니다.
9	검사후 <b>조치사항과 비용</b> 이 궁금합니다.
10	들어본 검사인데 방법을 몰랐습니다. <b>어디에 문의하고 검사</b> 받을 수 있는지 궁금합니다.

순번	모발검사에 대해 궁금한 점
11	모근 건강정도를 알 수 있나요?
12	모발 검사가 꼭 필요한 검사라면 몇 살 때 해야 하고 받은 후 어떠한 조치를 취해야 하는지도 알고 싶습니다.
13	모발 검사가 효율적인 검사이고 다른 부위보다는 의료적 위험성이 적다고 판단됩니다. 영양학적 분석이 가능하다면 반드시 분석을 받고 싶습니다.
14	모발 검사는 피부과에서 받아야 하나요?
15	모발 검사의 이유가 궁금합니다.
16	모발 검사의 필요성이 궁금합니다.
17	모발 미네랄 검사는 꼭 해야 하나요?
18	모발 미네랄 검사를 받고 싶은데 어디서 받나요? 검사를 받으면 필요한 영양 성분을 알 수 있나요?
19	모발 하나로 대부분 건강상태를 측정하는게 신기합니다. 그래서 어느 정도 정확성으로 판단되는지 %로 알고 싶습니다.
20	모발검사 비용은 어느 정도인가요? 모발검사 결과치로 탈모 치료에 근원적 치료가 가능한가요?
21	모발검사가 과연 탈모예방에 효과가 있는지 의문입니다.
22	모발검사는 어디서 받나요?
23	모발검사로 도핑검사도 하는건가요?
24	모발검사로 알 수 있는게 뭔가요?
25	모발검사로 영양분 뿐 아니라 질병도 검사가 되나요?
26	모발검사를 받고 싶습니다.
27	모발검사를 주기별로 해야 좋을까요?
28	모발검사를 통해 가지고 있는 질병도 알 수 있나요?
29	모발미네랄검사는 어느 병원에서 시행하고있나요? 모발 검사로 유전자 검사도 가능한가요? 듣기로는 유전자 배합으로 병력도 알 수 있어서 암이나 큰 질병들을 예방할수 있다는데 사실인가요?
30	모발이 가늘어지거나 탈모가 진행되면 모발검사를 받아보고 싶습니다. 검사는 어느 기관에서 검사할 수 있나요?
31	모발이 아닌 다른 체모로도 검사가 가능한가요? 모발검사로 나올수 있는 영양 성분은 어떤것이 있나요?
32	미네랄, 중금속 오염 정도를 알수 있는 다른 방법이 있는지, 다른 방법과 비교했을때 모발검사의 정확도가 궁금합니다. 검사를 통해 부족하거나 필요한 영양성분을 정확히 알수 있나요? 모발검사로 다른 건강상태 확인이 가능한가요?
33	미네랄과 중금속만으로 전반적인 상태를 어떻게 확인할 수 있는건가요?
34	병원에서 잘라낸 모발의 양이 꽤 많았는데 모발을 어느 정도 확보해야 검사가 가능한지 궁금합니다.
35	비용은 보통 얼마이며 원하는 사람 누구나 받을 수 있는 검사인가요?
36	신뢰성이 높은 검사인가요? 중금속 같은 것의 오염에 대해서는 이해가 되는데 몸의 건강상태 파악이 가능한지 의문입니다. 차라리 혈액검사를 해보는 것이 더 낫지 않을까요?
37	어느 기관에 의뢰할 수 있는지와 비용이 궁금합니다.
38	어디서 검사받을 수 있나요?

순번	모발검사에 대해 궁금한 점
39	어디서 받을 수 있는지, <b>비용</b> 은 얼마나 되는지 궁금합니다.
40	어떤 <b>질병</b> 발생시 필요한 검사 인지, 어느 <b>진료과목</b> 에 해당되는지 궁금합니다.
41	<b>어떨 때</b> 모발검사를 해야 하나요?
42	이런 검사도 있는걸 처음 알았는데 혹시 <b>염색한 머리</b> 도 검사 가능한가요? 아니면 검사 받기 전 따로 한 두 달 간 염색없이 길러야 하나요?
43	<b>정확한 도움</b> 이 되는지 꼭 필요한지 자세히 설명해주면 좋을 것 같습니다.
44	중금속 오염정도를 측정하면 그 다음에 <b>어떤 진료, 치료</b> 가 있어야 하나요? <b>검사 결과로 알 수 있는 부분</b> 이 무엇인지 궁금합니다.
45	채혈을 통한 분석보다 더 <b>다양한 검사결과</b> 를 얻을 수 있나요? <b>비용</b> 이 비쌀것 같다는 생각이 듭니다. 혈액검사는 당일이나 다음날이면 알 수 있는 반면 10일~2주 후에나 결과가 나오는데 그럼에도 불구하고 모발검사가 시행되고 있다는 점은 혈액검사에서는 밝혀지지 않는 내용까지 알게 된다는거겠죠? 구체적으로 어떤 내용들인지 궁금합니다.
46	<b>탈모</b> 가 덜 되게 하려면 어느 병원으로 가야 하나요?
47	<b>탈모예방</b> 검사의 필요성이 있나요?
48	특별히 없습니다.
49	학계에서 공인된 이론인가요? <b>검사결과</b> 를 신뢰할 만 한가요?
50	혈액검사로 다양한 건강상태를 알 수 있는데, <b>모발검사를 할 필요</b> 가 있는지 의문입니다.

※ Base : 전체 n=53, '특별히 없음' 제외

**발행일** 2023. 4. 30.

**발행인** 한 광 협

**발행처** 한국보건의료연구원

이 책은 한국보건의료연구원에 소유권이 있습니다.  
한국보건의료연구원의 승인 없이 상업적인 목적으로  
사용하거나 판매할 수 없습니다.

---

**ISBN** : 979-11-92691-75-6