



의료기술재평가보고서 2019

무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성 평가 (비골, 상악골 등 골절수술)

무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성 평가 (비골, 상악골 등 골절수술)

2019. 5. 31.

주 의

1. 이 보고서는 한국보건의료연구원에서 의료기술재평가사업(NECA-R-18-001)의 일환으로 수행한 연구 사업의 결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 신문, 방송, 참고문헌, 세미나 등에 인용할 때에는 반드시 한국보건의료연구원에서 수행한 연구사업의 결과임을 밝혀야 하며, 연구내용 중 문의사항이 있을 경우에는 연구책임자 또는 주관부서에 문의하여 주시기 바랍니다.

의료기술재평가사업 총괄

최인순 한국보건의료연구원 보건의료근거연구본부 본부장

연 구 진

연구책임자

서재경 한국보건의료연구원 의료기술평가연구단 부연구위원

참여연구원

이현아 한국보건의료연구원 의료기술평가연구단 연구원

차 례

요약문	i
I 서론	1
1. 평가배경	1
2. 의료기술 개요 및 관련 현황	4
3. 평가목적	9
II 평가방법	10
1. 체계적 문헌고찰	10
1.1. 개요	10
1.2. PICO-T(timing)S(study design)	10
1.3. 문헌검색	11
1.4. 문헌선정	12
2. 비뚤림 위험 평가	14
3. 자료추출	15
4. 자료합성	16
III 평가결과	17
1. 문헌선정 결과	17
1.1. 문헌선정 개요	17
1.2. 선정 문헌 특성	17
1.3. 비뚤림 위험 평가 결과	23
2. 분석결과	25
2.1. 비골 골절	26
2.2. 상악골 골절	27
2.3. 관골 골절	31
2.4. 하악골 골절	44
2.5. 비-안와-사골 골절	46
2.6. 기타 다발골절	48
IV 요약 및 결론	52
1. 평가결과 요약	52

1.1. 비골 골절	52
1.2. 상악골 골절	53
1.3. 관골 골절	53
1.4. 하악골 골절	54
1.5. 비-안와-사골 골절	54
1.6. 기타 다발골절	55
2. 결론	55
V 참고문헌	57
VI 부록	60
1. 소위원회	60
2. 문헌 검색 전략	62
3. 최종 선택 문헌	72

표차례

표 1. 무탐침 정위기법을 사용한 안전성·유효성 범위 내·외의 수술	2
표 2. 무탐침 정위기법 신의료기술평가 결과	3
표 3. 검토한 임상진료지침 목록	5
표 4. 무탐침 정위기법의 급여 목록 및 급여상대가치 점수	6
표 5. 무탐침 정위기법의 요양급여 적용 기준 및 방법에 관한 세부사항	6
표 6. 연도별 급여 범위 내 무탐침 정위기법 청구현황	8
표 7. 연도별 급여 범위 외 무탐침 정위기법 청구현황	8
표 8 미국의 무탐침 정위기법 등재 현황	9
표 9. PICO-TS 세부내용	10
표 10. 국내 전자 데이터베이스	11
표 11. 국외 전자 데이터베이스	12
표 12. 비뿔림 위험 평가 도구	15
표 13. 선정문헌의 특성	19
표 14. 상악골 골절 환자에서의 수술 중·후 합병증(증례연구)	28
표 15. 상악골 골절 환자에서의 위치확인의 정확성(증례연구)	29
표 16. 상악골 골절 환자에서의 수술 정확성(코호트 연구)	29
표 17. 상악골 골절 환자에서의 수술 정확성(증례연구)	30
표 18. 상악골 골절 환자에서의 증상호전(코호트 연구)	31
표 19. 상악골 골절 환자에서의 증상호전(증례연구)	31
표 20. 관골 골절 환자에서의 수술 중·후 합병증(무작위배정임상 연구)	34
표 21. 관골 골절 환자에서의 수술 중·후 합병증(코호트 연구)	34
표 22. 관골 골절 환자에서의 수술 중·후 합병증(증례연구)	35
표 23. 관골 골절 환자에서의 위치확인의 정확성(증례연구)	35
표 24. 관골 골절 환자에서의 수술 정확성(무작위배정임상 연구)	36
표 25. 관골 골절 환자에서의 수술 정확성(코호트 연구)	37
표 26. 관골 골절 환자에서의 수술 정확성(증례연구)	37
표 27. 관골 골절 환자에서의 수술성공률(증례연구)	38
표 28. 관골 골절 환자에서의 대칭성(무작위배정임상 연구)	39
표 29. 관골 골절 환자에서의 대칭성(코호트 연구)	40
표 30. 관골 골절 환자에서의 대칭성(증례연구)	41
표 31. 관골 골절 환자에서의 평균 수술 시간(무작위배정임상 연구)	41
표 32. 관골 골절 환자에서의 증상호전(증례연구)	43

표 33. 관골 골절 환자에서의 환자 만족도(무작위배정임상 연구)	43
표 34. 관골 골절 환자에서의 환자 만족도(코호트 연구)	44
표 35. 하악골 골절 환자에서의 수술 중후 합병증(무작위배정임상 연구)	44
표 36. 하악골 골절 환자에서의 수술 정확성(무작위배정임상 연구)	45
표 37. 하악골 골절 환자에서의 수술성공률(무작위배정임상 연구)	46
표 38. 비-안와-사골 골절 환자에서의 위치확인 정확성(증례연구)	47
표 39. 비-안와-사골 골절 환자에서의 수술 정확성(증례연구)	47
표 40. 비-안와-사골 골절 환자에서의 증상호전(증례연구)	48
표 41. 관골안와상악골 골절 환자에서의 수술 중후 합병증(증례연구, 증례보고)	49
표 42. 기타 다발골절 환자에서의 위치확인 정확성(증례보고)	49
표 43. 기타 다발골절 환자에서의 수술 정확성(증례연구)	50
표 44. 기타 다발골절 환자에서의 수술성공률(코호트 연구)	50
표 45. 기타 다발골절 환자에서의 수술성공률(증례연구)	51

그림 차례

그림 1. 무탐침 정위기법의 소요장비 및 재료	5
그림 2. DAMI 분류도구 알고리즘	14
그림 3. 문헌선정 흐름도	18
그림 4. 비돌림 위험 평가 그래프(무작위배정임상시험)	24
그림 5. 비돌림 위험 평가 그래프(코호트 연구)	25

요약문 (국문)

□ 평가배경

무탐침 정위기법은 해부학적 주요지표를 확인하기 어려운 환자에게 시술부위로의 정확한 유도과 병소부위의 정밀한 위치 측정을 가능하게 하는 행위이다. 국내에서는 뇌수술과 이비인후과 등의 영역에서 선택급여로 본인부담률 각각 50%, 80%가 적용되어 사용되고 있다. 동 항목에 대한 적합성 평가(3년 주기, 2018년 7월)를 위해 청구 현황 모니터링을 수행한 결과, ‘안전성·유효성이 있는 의료기술(고시)’ 범위 외에서도 무탐침 정위기법의 사용이 확인됨에 따라 급여 적용 범위 외에서의 무탐침 정위기법 사용에 대한 전문적이고 심층적인 안전성 및 유효성을 확인이 필요하게 되었다. 이에 따라 건강보험심사평가원은 한국보건 의료연구원에 해당 평가를 의뢰하였으며 본 연구는 비골, 상악골 등 골절 부위 수술에서 사용되는 무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성을 평가, 합리적인 급여기준 설정에 필요한 의학적 근거자료를 마련하고자 하였다.

□ 위원회 운영

총 7인으로 구성된 소위원회는 2019년 5월 23일까지 약 5개월간 총 4회의 소위원회 운영을 통해 동 기술의 안전성 및 유효성을 평가하였다.

2019년 연구기획관리위원회(2019.6.14.)에서는 무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성 평가 결과를 최종 심의하였다.

□ 평가 목적 및 방법

본 연구에서는 비골, 상악골 골절 영역에서 무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성을 평가하여 합리적인 급여기준 설정에 필요한 근거자료를 생성하고자 한다. 구체적인 연구목적 및 핵심질문은 다음과 같다.

1) 비골, 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발 골절에서 무탐침 정위기법의 사용은 (무탐침 정위기법 미사용보다) 임상적으로 안전한가?

2) 비골, 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발 골절에서 무탐침 정위기법의 사용은 (무탐침 정위기법 미사용보다) 임상적으로 효과적인가?

본 연구에서는 비골, 상악골 등의 골절 수술과 관련한 무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성을 평가하기 위하여 체계적 문헌고찰을 수행하였으며 PICO-TS는 아래와 같다.

구 분	세부내용
Patients (대상환자)	비골, 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발골절 환자
Intervention (중재법)	무탐침 정위기법을 이용한 수술
Comparators (비교법)	무탐침 정위기법을 이용하지 않은 수술
Outcomes (결과변수)	<ul style="list-style-type: none"> • 유효성 <ul style="list-style-type: none"> - 수술 관련 요인 <ul style="list-style-type: none"> • 위치확인 정확성 • 대칭성 - 평균 수술 시간 - 재원일수 - 환자 관련 요인 <ul style="list-style-type: none"> • 증상호전 • 수술 정확성 • 수술 성공률 • 재수술률 • 침습정도 • 삶의 질 점수 • 환자 만족도
Time (추적관찰기간)	제한없음
Study Design (연구유형)	제한없음

문헌검색은 5개의 국내 데이터베이스(KoreaMed, KMBASE, KISS, RISS, KISTI)와 3개의 국외 데이터베이스(Ovid-Medline, Ovid-EMBASE, Cochrane CENTRAL)를 이용하였으며 검색어는 Ovid-Medline에서 사용되는 검색어를 기본으로 각 자료원의 특성에 맞게 수정하여 적용하였다. 기기의 도입 시기 등을 고려하여 검색기간은 2000년 이후로 제한하였으며 골절의 특성상 영상유도는 모두 CT(computed tomography)로 이루어진다는 점을 고려하여 MRI(magnetic resonance imaging)는 검색어에 포함하지 않았다. 비골, 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 사용한 연구로 사전에 선정한 결과변수가 하나 이상 보고된 연구를 선택하였으며 원저가 아니거나 동료 심사를 거쳐 학술지에 게재된 연구가 아니거나 한국어 및 영어로 출판되지 않은 문헌, 중복 출판 문헌은 제외하였다. 문헌선택은 두 명의 검토자가 독립적으로 수행하였으며 의견 불일치가 있는 경우 검토자 간의 논의를 통해 합의를 이루도록 하였다. 문헌의 질평가는 무작위배정

임상 연구의 경우 Cochrane의 Risk of Bias(RoB)를, 비무작위배정임상 연구(non-randomized studies)는 Risk of Bias for Nonrandomized Studies(RoBANS) version 2.0을 사용하였다. 자료추출은 사전에 정의한 지표를 토대로 진행하였으며 안전성은 수술 중·후 합병증으로, 유효성은 수술 관련 요인(위치확인 정확성, 수술 정확성, 수술성공률, 대칭성), 평균 수술 시간, 재원일수, 환자 관련 요인(증상호전, 환자 만족도)을 살펴보았다. 결과에 대한 양적 분석(quantitative analysis)이 가능한 경우 메타분석을 수행할 계획이었으나 도출된 결과가 양적합성이 가능하지 않아 질적 검토(qualitative review) 방법을 적용하여 결과를 정리하였다.

□ 평가 결과

1. 안전성

무탐침 정위기법을 이용한 비골, 상악골 등 골절수술의 안전성은 수술 중·후 합병증의 발생률을 주요 지표로 설정하고 무탐침 정위기법의 이용과 관련하여 발생 할 수 있는 안전성 결과를 평가하였다. 최종 선정문헌 26편 중 동 기술의 안전성에 대해 보고된 13편의 연구를 통해 평가하였으며 결과는 다음과 같았다.

무탐침 정위기법을 이용한 **비골 골절** 수술에서는 안전성 결과를 보고하지 않았다. **상악골 골절** 환자를 대상으로 한 무탐침 정위기법의 안전성은 1개의 문헌에서 보고되었으며 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 있는 안전성은 보고되지 않았으나 뼈의 부정유합, 판의 노출, 두개강내 농양, 소구증 발생을 보고하였다. 무탐침 정위기법을 이용한 **관골 골절** 수술의 안전성을 보고한 문헌은 9편이었다. 무작위배정임상시험 2편에서는 무탐침 정위기법과 직접적으로 관련이 있는 합병증이 없었다고 보고하였다. 무작위배정임상시험 1편과 코호트 연구 2편에서 무탐침 정위기법과 직접적으로는 관련이 없는 합병증을 보고하였으나 두 군 간 차이는 유의하지 않았다. **하악골 골절** 환자를 대상으로 한 무작위배정임상연구 1편에서는 무탐침 정위기법과 직접적인 관련이 있는 합병증 및 수술 중/후 합병증에 있어서 무탐침 정위기법의 사용유무에 따른 차이가 없었다. **비-안와-사골 골절**에서의 안전성은 2편의 증례연구 중 1편에서 보고되었으나 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 있는 안전성은 아니었다. 기타 다발골절에서 **관골안와상악골 골절** 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 모두 심각한 이상반응이 발생하지 않았다고 보고하였다.

2. 유효성

무탐침 정위기법을 이용한 비골, 상악골 등 골절수술의 유효성은 수술 정확성, 위치확인 정확성, 수술성공률, 대칭성, 재수술률, 침습정도를 포함한 수술 관련 요인, 평균 수술 시간, 재원일수, 그리고 증상호전, 삶의 질, 환자 만족도를 포함하는 환자 관련 요인을 주요 지표로 설정하여 무탐침 정위기법의 유효성을 평가하였다. 문헌 검토 결과 수술 관련 요인 중 재수술률 및 침습정도를 보고한 연구는 없어 이들 지표는 제외되었다. 최종 선정문헌 26편 모두 한 개 이상의 유효성 관련 지표를 보고하였으며 그 결과는 다음과 같았다.

비골 골절에서 무탐침 정위기법을 사용한 연구는 환자 5명을 대상으로 한 증례연구 1편이 있었다. 이 연구에서는 비골 골절 환자에게 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 수술은 성공적이었으며 평균 등록시간은 4분이었다고 보고하였다.

상악골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 수행한 문헌은 총 5편(코호트 연구 1편, 증례연구 2편, 증례보고 1편)이 있었다. 수술 관련 요인 중 무탐침 정위기법의 등록과 관련한 위치확인의 정확성의 경우, 1편의 증례연구에서 등록 불일치 정도가 1 mm 이하임을 보고하였다. 수술 정확성을 보고한 대규모 후향적 코호트 연구에서는 무탐침 정위기법을 사용하는 것이 그렇지 않은 경우보다 수술 정확성이 유의하게 향상됨을 보고하였으며 3편의 비비교연구에서도 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 수술 전후의 편차가 1 mm 내였다고 보고하였다. 환자 관련 요인 중 증상호전은 코호트 연구 1편과 증례연구 2편에서 확인할 수 있었다. 코호트 연구에서는 대조군 대비 무탐침군에서 교합회복률(good recovery)이 더 높았다고 보고하였으며 증례연구에서는 영양공급 튜브를 제거하거나 미용적, 기능적 측면에서 유의한 개선을 보이는 등의 증상호전이 있었다고 밝혔다.

관골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법의 유효성을 평가한 연구는 무작위배정임상 연구 2편, 코호트 연구 2편, 증례연구 8편, 증례보고 1편으로 총 13편이 있었다. 수술 관련 요인 중 위치확인의 정확성은 증례연구 2편에서 보고하였으며 모두 2 mm 미만이었다. 수술 정확성은 비교연구 3편(무작위배정임상 연구 2편, 코호트 연구 1편), 비비교연구 3편(증례연구 2편, 증례보고 1편)에서 보고하였다. 비교연구에서는 대체적으로 무탐침 정위기법을 사용하는 것이 그렇지 않은 경우보다 수술 정확성이 유의하게 향상됨을 보고하였으며 비비교연구에서도 수술 전후의 오차가 2 mm 미만으로 수술 정확성이 좋았음을 보고하였다. 수술성공률은 2편의 증례연구에서 모두 정확한 정복을 확인하였다. 대칭성은 비교연구 2편(무작위배정임상 연구 1편, 코호트 연구 1편)과 증례연구 4편에서 보고하였다. 비교연구의 경우, 각 연구에서 사전에 설정한 여러 개의 지표를 토대로 대칭

성을 확인하였는데 대부분의 지표에 대하여 무탐침 정위기법을 사용하였을 때가 그렇지 않을 때보다 수술 후의 대칭성이 우수하였다. 증례 연구에서도 이와 유사하게 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 수술 후 대칭성이 확인되었으며 이러한 결과는 문헌 출판 시기에 영향이 없었다. 평균 수술 시간은 무작위임상 연구 및 코호트 연구 각 1편에서 확인하였는데, 모두 무탐침 정위기법 사용 유무에 따른 차이가 없었다고 보고하였다. 코호트 연구 1편에서 보고한 재원일수 역시 무탐침 정위기법 사용에 영향을 받지 않았다. 환자 관련 요인 중 증상호전은 4편의 증례연구에서 보고되었으며 ZMC, 관골궁, 관골궁의 시상봉합 등 골절 부위에는 조금씩 차이가 있었으나 모두 증상이 호전되었음을 보고하였고 출판 시기는 증상호전에 영향을 주지 않았다. 환자 만족도의 경우, 이를 보고한 2편의 비교연구(무작위배정임상 연구 및 코호트 연구 각 1편)에서 모두 무탐침 정위기법 사용에 따른 차이는 확인할 수 없었다.

하악골 골절에서 무탐침 정위기법의 유효성은 1편의 무작위배정임상 연구를 근거로 평가하였다. 수술 관련 요인으로 수술 정확성 및 수술성공률을 보고하였으며 수술 정확성의 경우, 무탐침 정위기법을 사용하는 것이 그렇지 않은 경우보다 유의한 향상을 나타내었다. 수술성공률은 해부학적 정복률로 확인하였으며 통계적 유의성은 보고하지 않아 정확한 비교는 어려웠으나 무탐침 정위기법을 사용하였을 때가 그렇지 않은 경우보다 높은 경향성이 있었다. 평균 수술 시간은 무탐침 정위기법 사용 유무에 따른 차이가 없었다.

비-안와-사골 골절에서 무탐침 정위기법의 유효성은 증례연구 3편에서 보고되었다. 1편의 증례연구에서 수술 관련 요인 중 수술 정확성 및 위치확인 정확성을 보고하였으며 두 지표 모두 1 mm 이하이었다. 평균 수술 시간을 보고한 1편의 증례연구에서는 무탐침 정위기법의 사용이 수술 시간을 감소시키지는 않을 것으로 판단하였다. 환자 관련 요인 중 증상호전을 보고한 연구는 2편의 증례연구이었으며 모두 증상이 개선되었다고 밝혔다.

기타 다발골절에서는 안와관골 골절 및 관골안와상악골 골절을 포함하였다. **안와관골 골절**은 1편의 코호트 연구와 3편의 증례연구를 근거로 해당 골절 부위에서의 무탐침 정위기법의 유효성을 평가하였다. 수술 관련 요인 중 위치확인 정확성 및 수술 정확성은 각각 증례연구 1편과 증례연구 2편에서 보고하였는데 모두 2 mm 미만으로 무탐침 정위기법의 정확성을 확인할 수 있었다. 수술성공률은 코호트 연구 및 증례연구 각 1편에서 확인하였다. 코호트 연구에서는 완벽한 관골 정복을 수술성공률 지표로 설정하였으며 무탐침 정위기법을 사용한 경우가 그렇지 않은 경우보

다 수술성공률이 더 높은 경향이 있었으나 통계적 유의성은 보고하지 않았다. 증례 연구의 경우, 무탐침 정위기법을 사용한 수술의 교정결과가 좋다고 보고하였다. 환자 관련 요인 중 증상호전은 1편의 증례연구에서 보고하였으며 안면형태의 개선이 있었다고 밝혔다. 관골안와상악골 골절에서의 무탐침 정위기법 유효성은 비비교연구 2편(증례연구 및 증례보고 각 1편)에서 확인하였다. 관골안와상악골 골절에서 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 위치확인 정확성 및 수술정확성은 모두 2 mm 미만이었다.

□ 결론

본 연구에서는 현재까지의 문헌을 토대로 체계적 문헌고찰을 수행하여 비골, 상악골 등의 골절 수술에서 무탐침 정위기법 이용의 안전성과 유효성 결과를 평가하였으며 이를 근거로 소위원회에서는 다음과 같이 제언하였다.

무탐침 정위기법은 비골, 상악골, 관골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발골절(관골안와상악골 골절, 안와관골 골절)에서 사용되고 있었다. 안전성을 보고한 13편의 문헌 중 무탐침 정위기법과 직접적으로 관련된 합병증을 보고한 문헌은 1편이었으며 무탐침군과 대조군 간의 유의한 차이는 없었다. 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 없는 합병증은 발생하지 않았거나 두 군 간 차이가 없었다. 이와 같이 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 있는 합병증 및 수술 전반의 합병증은 무탐침 정위기법 사용 여부에 따른 차이가 없었기 때문에 소위원회에서는 동 기술에 대하여 안전성이 있음을 확인하였다.

무탐침 정위기법의 유효성은 골절 부위에 따라 근거의 질 및 양에 차이가 있었다. 관골 골절에서 무탐침 정위기법은 위치확인 정확성 및 수술 정확성을 향상시킬 수 있는 유효한 의료기술로 판단되었으며 상악골 골절에서의 무탐침 정위기법의 이용은 관골 골절보다는 그 근거의 수는 적었으나 대규모 후향적 연구에서 상악골 골절의 주요 유효성 지표인 교합회복이 확인되었기 때문에 수술 관련 지표를 개선시킬 가능성이 있는 유효성이 있는 것으로 판단하였다. 그 외 비골, 하악골, 비-안와-사골 골절, 기타 다발골절은 문헌의 수가 적고 문헌의 질이 낮아 유효성을 확인하기 어렵다고 소위원회는 판단하였다.

1. 평가배경

1.1. 무탐침 정위기법(Navigational Procedure for Surgery)의 의뢰배경

가. 평가의뢰 내용

‘무탐침 정위기법’은 해부학적 주요지표를 확인하기 어려운 환자에게, 시술부위로의 정확한 유도과 병소부위의 정밀한 위치측정을 가능하게 하는 행위이다. 국내에서는 해부학적 구조가 복잡한 뇌수술의 경우, 재수술률 감소 등의 임상적 유용성이 확인되었으며 생존율 상승 등 급여에 대한 사회적 요구가 상대적으로 높기 때문에 선별급여로 인정되어 본인부담률 50%로 사용되고 있다. 이비인후과 등의 영역에서는 임상적 유용성 개선 정도 대비 비용효과성이 미흡하여 선별급여 본인부담률 80%로 2015년 전환되었다.

동 항목에 대한 적합성 평가(3년 주기, 2018년 7월)를 위해 청구 현황 모니터링을 수행한 결과, ‘안전성·유효성이 있는 의료기술(고시)’ 범위 외에서도 무탐침 정위기법의 사용이 확인되었다(표 1). 이에 따라 해당 항목에 대한 적합성 평가에 앞서 급여 적용 범위 외에서의 무탐침 정위기법 사용에 대한 전문적이고 심층적인 안전성 및 유효성을 확인이 필요하게 되었다. 이에 따라 건강보험심사평가원은 한국보건 의료연구원에 해당 평가를 의뢰하였다.

표 1. 무탐침 정위기법을 사용한 안전성·유효성 범위 내·외의 수술

안전성·유효성 범위 내	안전성·유효성 범위 외
<p>(이비인후과) 하비갑개점막하절제술, 비용적출술(범발성)전부비강근본수술, 전두동-사골동-상악동 근본수술, 비중격교정술 또는 성형술, 상악동-골동근본수술 등</p> <p>(신경계) 종양절제를 위한 개두술, 천두술 등</p>	<p>(이비인후과) 유양동절제술, 이소골재건술, 고막성형술, 고실성형술, 아데노이드절제술, 편도전적출술</p> <p>(안과) 안와감압술, 안와골절정복술, 안와종양제거술</p> <p>(기타) 상악골절제술, 비골골절 비관혈적정복술 등</p>

건강보험심사평가원에서 평가 의뢰된 13개 항목에 대하여 행위의 특성(행위 적용 부위, 목적, 수행방식)에 따라 아래와 같이 크게 4건으로 구분하였으며 본 연구에서는 비골, 상악골 등 골절 관련 수술 영역에서의 무탐침 정위기법에 대한 안전성 및 유효성을 평가하고자 한다.

- 유양동, 이소골 등 귀 관련 수술 및 편도, 아데노이드 등 목 관련 수술
- 안와 등 눈 관련 수술
- **비골, 상악골 등 골절 관련 수술**
- 상악골 등 골 및 연부조직 관련 수술

나. 기존 신의료기술평가 결과 및 선행 연구

신의료기술평가제도를 통해 무탐침 정위기법은 신경계 수술, 이비인후과 영역 수술에서 안전성 및 유효성이 있는 것으로 평가되어 선별급여에 등재되었고 그 외 골 및 연부 종양, 안와감압수술에서는 근거 부족으로 '조기기술'로 판정된 사례가 있었다. 또한 악안면 수술에서의 무탐침 정위기법 사용은 안전성에는 문제가 없는 기술이나 유효성을 입증할 수 있는, 잘 설계된 비교연구 결과가 더 필요한 '연구단계 기술'로 평가되었다.

표 2. 무탐침 정위기법 신의료기술평가 결과

의료기술	사용대상	평가결과
신경계 수술을 위한 수술중 CT 무탐침 정위기법 (2010)	뇌항법 장치 사용이 필요한 신경계 수술 환자	안전성·유효성 있음 ☞ 선별급여 등재
이비인후과 영역 수술을 위한 무탐침 정위기법 (2011)	부비동 재수술, 발육, 외상, 이전 수술에 기이한 해부학적 왜곡, 광범위한 비강내 용종, 전두동, 사골동 후부 또는 접형골동 관련 병리의 부비동 질환자	
수술 중 O-ARM Imaging System을 이용한 무탐침 정위기법 (2017)	척추경 나사못 삽입술 환자	안전성·유효성 있음 ☞ '18.3월 결정신청
네비게이션을 이용한 골 및 연부 종양의 절제 (2008)	사지 및 골반의 골 및 연부조직에 발생한 종양	조기기술
네비게이션을 이용한 안와감압수술 (2013, 2014)	갑상선 안구돌출증 환자	조기기술
무탐침 정위기법을 이용한 악안면 수술 (2017)	안면 영역 수술 환자(악안면 교정 수술 환자, 얼굴 골절 재건 수술환자, 안와재건 수술환자)	연구단계 기술

컴퓨터 네비게이션 수술은 수술 전 촬영한 영상 자료를 토대로 육안으로 확인하기 어려운 주요 해부학적 구조물을 실시간 영상을 통해 확인하면서 수술 전 치료 계획에 맞추어 수술을 진행하게 되므로 여러 수술 분야에서 응용 범위가 넓어지고 있으며, 구강악안면외과 영역에서도 이용이 확대되고 있는 추세이다(김문기 등, 2010).

2. 의료기술 개요 및 관련 현황

2.1. 무탐침 정위기법 개요

가. 무탐침 정위기법

무탐침 정위기법은 수술 전에 표식자(marker)를 부착한 상태에서 CT, MRI 등 영상진단을 실시하고 이를 3차원 입체영상으로 재구성한 다음, 환자에게 부착된 표식자의 위치와 Monitor상의 입체영상 부위를 일치시킨 후 수술 중 위치 측정 장치를 이용하여 수술시 확인하고자 하는 병소의 위치를 추적해주는 유도항법장치(Navigation System)를 사용 또는 수술 중 CT를 촬영하면서 유도항법장치를 사용하는 기법이다. 동 기술을 통해 수술 부위로의 정확한 유도와 병소부위의 정밀한 위치를 측정하여 정확한 수술을 가능하게 한다.

무탐침 정위기법의 실시방법은 다음과 같다.

- ① 수술 전, 환자의 수술 중 사용할 CT/MRI 등의 영상을 내비게이션 프로토콜에 옮겨 둔다.
- ② 환자의 머리에 기준프레임을 고정시키거나(광학적 방식), EM Tracker를 머리 부근에 설치하여(전자기장 방식) 환자 정보와 영상정보를 연결시킨다.
- ③ 환자정보와 영상정보가 일치하는지 확인한다.
- ④ 영상 이미지를 통해 수술 타겟 부위를 확인하고 수술계획을 한다.
- ⑤ 내비게이션 시행동안 수술기구 tip의 움직임을 반영하여 실시간 제공영상을 확인하면서 수술 진행한다.

〈수술 중 CT 무탐침 정위기법〉

수술 중 ICT를 이용하여 CT 영상을 촬영하면서 Neuronavigation을 이용하여 얻어진 영상과 합성하여 새로운 좌표를 등록하여 localization 후 수술을 재개한다.

소요장비 및 재료로는 Navigation system, CereTom NL3000 X-ray CT Scanner System, EM INSTRUMENT TRACKER SET, NON-INVASIVE SHUNT KIT, DISPOSABLE REFLECTIVE MARKER SPHERE 등이 있다(그림 1).

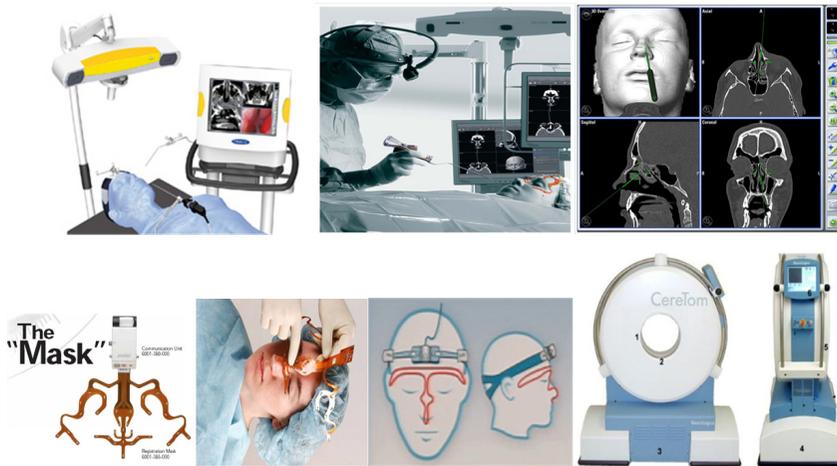


그림 1. 무탐침 정위기법의 소요장비 및 재료

2.2. 국내의 임상진료지침

비골 및 상악골 등의 골절 부위에서 무탐침 정위기법의 사용과 관련한 국내의 임상진료지침을 검토하였으나(표 3) 해당 영역에서 무탐침 정위기법이 적용된 사례는 확인하지 못하였다.

표 3. 검토한 임상진료지침 목록

임상진료지침 제목	출판 기관	출판 연도
Guideline on Management of Acute Dental Trauma	American Academy of Pediatric Dentistry (AAPD)	2011
Initial Management of Maxillofacial Injuries	American College of Surgeons Committee on Trauma	1997
Resident Manual of Trauma to the Face, Head, and Neck	American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery	2012
Clinical Practice Guidelines for Oral and Maxillofacial Surgery SURGICAL CORRECTION OF MAXILLO FACIAL SKELETAL DEFORMITIES	American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons	2017
National Clinical Guidelines	Royal College of Surgeons of England	1997

2.3. 국내외 급여현황

가. 국내 급여 등재 및 청구 현황

1) 무탐침 정위기법의 급여 등재 현황

국내에서는 2015년 1월에 「자-485 무탐침 정위기법」이 선별급여로 등재, 사용되고 있으며 무탐침 정위기법 관련 현행 수가 및 급여 상대가치점수와 적용기준¹⁾은 <표 4, 5>와 같다.

표 4. 무탐침 정위기법의 급여 목록 및 급여상대가치 점수

분류번호	코드	행위명칭	점수	금액(원)
자-485		무탐침 정위기법 Navigation Procedure for Surgery 주 : 1. 「선별급여 지정 및 실시 등에 관한 기준」 별표2에 따른 요양 급여 적용 2. 사용된 무탐침 정위기법 치료재료 및 무탐침 정위기법 생검용 Needle은 별도 산정한다.		
	S4851	가. 기본	2,672.78	196,450
	S4852	나. 수술 중 CT 무탐침 정위기법	7,768.33	570,970

주. 2018년 기준, 병원급 이상 단계 적용

표 5. 무탐침 정위기법의 요양급여 적용 기준 및 방법에 관한 세부사항

무탐침 정위기법은 수술부위의 정확한 유도과 병소 부위의 정밀한 위치측정을 위하여 뇌항법 장치 (Navigation System)를 이용하는 방법으로써, 인정기준은 다음과 같이 함.

가. 「선별급여 지정 및 실시 등에 관한 기준」에 따라, 다음과 같은 경우에 본인부담률 50%를 적용함.

1) 기본 무탐침 정위기법

가) 뇌종양 수술(생검 포함)

- (1) 축내종양(intra-axial tumor)
- (2) 뇌 주요부위(eloquent area)에 발생한 뇌종양(meningioma 등)
- (3) 주요 뇌구조물 또는 뇌혈관을 침범한 뇌기저부종양

나) 정상혈관과의 구분 및 위치파악이 필요한 뇌동맥막 기형수술

다) 심부 뇌전증병소 제거술 또는 mapping으로 판단이 불가능한 뇌전증수술

라) 뇌실이 작은 경우에서의 뇌실천자술

1) 무탐침 정위기법의 요양급여 적용 기준 및 방법에 관한 세부사항 (고시 제2017-152호, '17.9.1.시행)

마) 심부 뇌농양, 뇌내 이물질 제거 수술
 바) 심부 뇌실질내 혈종제거술
 사) 뇌동맥류 수술
 아) 경접형동 뇌하수체종양수술(Trans-sphenoidal approach)
 2) 수술 중 CT 무탐침 정위기법은 상기 1)의 가). (1) 또는 (3)에 해당되는 경우
 나. 위 “가” 이외에 시행한 경우에는 본인부담률 80%를 적용함.
 다. 무탐침 정위기법 사용을 위하여 진단목적 이외로 추가 촬영한 CT 또는 MRI는 임상적으로 의학적 필요성이 인정되는 경우에 별도 요양급여를 인정함. 이때의 촬영료는 제한적 CT(다245) 또는 제한적 MRI(다246)로 산정함.

2) 무탐침 정위기법의 청구 현황

무탐침 정위기법을 이용한 수술의 청구현황은 2015년 1월부터 2018년 12월까지의 건강보험 진료분을 기준(2019년 2월까지 지급²⁾)으로 산출하였으며 전체 수술 청구현황에서 본인 부담률 착오 청구 건은 제외하였다. 진료분야별 수술 청구현황은 무탐침 정위기법과 해당 수술 5단코드의 동시 청구 명세서 건수이며 동일 명세서 내 다른 수술 5단코드가 존재할 수 있다. 의뢰된 5단코드 중 청구 건이 없는 경우 미기재로 처리하였다.

무탐침 정위기법의 급여 내 사용현황은 <표 6>와 같으며 2015년도 약 15만건 대비 2018년 약 23만건으로 53% 증가하였다. 안전성 및 유효성 급여 외 범위에서 무탐침 정위기법을 이용한 수술 역시 2015년 14건에서 2018년 139건으로 청구건은 적었으나 급격히 증가하는 양상을 나타내었다(표 7).

2) 건강보험:「국민건강보험법」에 따라 국내에 거주하는 국민을 이 법의 적용대상인 가입자 등으로 규정. 직장가입자, 지역가입자로 나뉨. 의료급여, 보훈 대상자는 제외함
 연도: 요양개시년도 기준 (요양기관에서 실제 환자가 내원한 요양개시일을 적용, 요양기관의 명세서 청구여부 및 십사년월에 따라 현황이 달라질 수 있음)

표 6. 연도별 급여 범위 내 무탐침 정위기법 청구현황

(단위: 회)

구 분			2015년	2016년	2017년	2018년
총 계			14,774	17,854	20,855	22,615
S4851	무탐침 정위기법 (기본)	소계	14,642	17,739	20,753	22,550
		선별 50%	8,049	8,408	9,212	9,291
		선별 80%	6,593	9,331	11,541	13,259
S4852	수 술 중 CT 무탐침 정위기법	소계	132	115	103	65
		선별 50%	89	78	61	54
		선별 80%	43	37	42	11

- 주1. '17년 12월까지의 진료분, '18년 2월 심결 기준
 2. 실시기관 현황: 등재 당시 52개소 → 121개소(종합병원 이상 기관이 102개로 84.3%)
 3. 선별급여 등재 당시 연간 예상건수: 19,400건 (뇌수술11,100건 + 그 외수술 8,300건)

표 7. 연도별 급여 범위 외 무탐침 정위기법 청구현황

(단위: 건, 개소)

구 분	계	'15	'16	'17	'18
계 (요양기관수)	262 (39)	14 (7)	27 (13)	82 (17)	139 (21)
N0353 비골골절 비관혈적정복술	148	6	12	38	92
N0354 비골골절 관혈적정복술	63	2	11	34	16
N0355 비사골 골절의 관혈적정복술	1	-	-	-	1
N0952 하악골절관혈적정복술(정중부,골체부,우각부)	4	2	-	1	1
N0961 상악골골절비관혈적정복술	2	1	1	-	-
N0962 상악골골절관혈적정복술(Le Fort I)	12	2	-	1	9
N0963 상악골골절관혈적정복술(Le Fort II)	4	-	-	3	1
N0965 관골골절정복수술(길리씨수술)[관골궁,관골체포함]	6	-	-	-	6
N0966 관골골절관혈적정복수술[관골궁, 관골체 포함]	16	1	3	3	9
U4741 관골골절정복수술(길리씨수술)[관골궁,관골체포함]	1	-	-	1	-
U4770 상악골골절비관혈적정복술	1	-	-	1	-
U4781 상악골골절관혈적정복술(Le Fort I)	1	-	-	-	1
U4841 하악골골절관혈적정복술(정중부,골체부,우각부)	3	-	-	-	3

나. 국외 등재 현황

무탐침 정위기법의 미국 등재 현황은 아래의 표와 같다.

표 8. 미국의 무탐침 정위기법 등재 현황

구 분	내 용
미국 CPT 코드	<ul style="list-style-type: none"> • 0054T Computer-assisted musculoskeletal surgical navigational orthopedic procedure, with image-guidance based on fluoroscopic images • 0055T Computer-assisted musculoskeletal surgical navigational orthopedic procedure, with image-guidance based on CT/MRI images • 20985 Computer-assisted surgical navigational procedure for musculoskeletal procedures, image-less • 61781 Stereotactic computer-assisted (navigational) procedure; cranial, intradural • 61782 Stereotactic computer-assisted (navigational) procedure; cranial, extradural • 61783 Stereotactic computer-assisted (navigational) procedure; spinal

3. 평가목적

본 연구에서는 비골, 상악골 골절 영역에서 무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성을 평가하여 합리적인 급여기준 설정에 필요한 근거자료를 생성하고자 한다. 구체적인 연구목적 및 핵심질문은 다음과 같다.

- 1) 비골, 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발 골절에서 무탐침 정위기법의 사용은 (무탐침 정위기법 미사용보다) 임상적으로 안전한가?
- 2) 비골, 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발 골절에서 무탐침 정위기법의 사용은 (무탐침 정위기법 미사용보다) 임상적으로 효과적인가?

II

평가방법

1. 체계적 문헌고찰

1.1. 개요

본 연구에서는 비골, 상악골 등의 골절 수술과 관련한 무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성을 평가하기 위하여 체계적 문헌고찰을 수행하였다. 자세한 연구방법은 아래와 같다. 모든 평가방법은 연구목적에 고려하여 “무탐침 정위기법에 대한 안전성 및 유효성 평가(비골, 상악골의 골절 관련 수술) 소위원회(이하 ‘소위원회’라 한다)”의 심의를 거쳐 확정하였다.

1.2. PICO-T(timing)S(study design)

체계적 문헌고찰은 핵심질문을 작성하고 이에 따른 요소를 명확히 규명한 모형을 바탕으로 수행하였다. 각 구성요소에 따른 세부사항은 <표 9>와 같다. 문헌 검색에 사용된 검색어는 PICO 형식에 의해 그 범위를 명확히 하여 초안을 작성한 후 제1차 소위원회 심의를 거쳐 확정하였다.

표 9. PICO-TS 세부내용

구 분	세부내용
Patients (대상환자)	비골, 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발 골절 환자
Intervention (중재법)	무탐침 정위기법을 이용한 수술
Comparators (비교법)	무탐침 정위기법을 이용하지 않은 수술

Outcomes (결과변수)	<ul style="list-style-type: none"> • 유효성 <ul style="list-style-type: none"> - 수술 관련 요인 <ul style="list-style-type: none"> • 위치확인 정확성 • 대칭성 - 평균 수술 시간 - 재원일수 - 환자 관련 요인 <ul style="list-style-type: none"> • 증상호전 • 수술 정확성 • 재수술률 • 수술성공률 • 침습정도 • 삶의 질 점수 • 환자 만족도
Time (추적관찰기간)	제한없음
Study Design (연구유형)	제한없음

1.3. 문헌검색

가. 국내

국내 데이터베이스는 아래의 5개 검색엔진을 이용하였다(표 10). 검색어로는 Patient 영역으로 ‘비골 골절’, ‘상악골 골절’, ‘관골 골절’, ‘하악골 골절’을, Intervention 영역으로 ‘영상 유도’, ‘네비게이션’, ‘항법’, ‘컴퓨터’를 조합하여 데이터베이스 특성에 따라 적용하였다. 추적 기간과 연구유형은 제한을 두지 않았으며 구체적인 검색전략은 [부록]에 제시하였다.

표 10. 국내 전자 데이터베이스

KoreaMed	http://www.koreamed.org/
의학논문데이터베이스검색(KMBASE)	http://kmbase.medic.or.kr/
학술데이터베이스검색(KISS)	http://kiss.kstudy.com/
한국교육학술정보원(RISS)	http://www.riss.kr/
과학기술학회마을(KISTI)	http://society.kisti.re.kr/

나. 국외

국외 데이터베이스는 Ovid-Medline, Ovid-EMBASE, Cochrane CENTRAL을 이용하여 체계적 문헌고찰 시 주요 검색원으로 고려되는 데이터베이스를 포함하였다(표 11). 검

색어는 국내 데이터베이스 검색어와 동일하게 적용하되 Ovid-Medline에서 사용된 검색어를 기본으로 각 자료원의 특성에 맞게 수정하였으며 MeSH term, 논리연산자, 절단 검색 등의 검색기능을 적절히 활용하였다. 구체적인 검색전략 및 검색결과는 [부록]에 제시하였다.

표 11. 국외 전자 데이터베이스

Ovid MEDLINE(R) In-Process & Other Non-Indexed Citations and Ovid MEDLINE(R)	http://ovidsp.tx.ovid.com
Ovid EMBASE	http://ovidsp.tx.ovid.com
Cochrane Central Register of Controlled Trials	http://www.thecochranelibrary.com

다. 기타 고려사항

기기의 도입 시기 등을 고려하여 검색기간은 2000년 이후로 제한하였다.

본 연구에서는 검색전략 중 MRI(magnetic resonance imaging)을 고려하지 않았다. 일반적으로 골절에서 사용되는 무탐침 정위기법에서는 뼈에 영상촬영에 있어서 MRI를 사용하지 않고 CT(computerized tomography)를 사용하기 때문에 MRI를 검색전략에 포함하지 않았다.

1.4. 문헌선정

문헌선정은 검색된 모든 문헌들에 대해 두 명의 검토자가 독립적으로 수행하였다. 1차 선택·배제 과정에서는 제목과 초록을 검토하여 본 연구의 연구주제와 관련성이 없다고 판단되는 문헌은 배제하였으며, 2차 선택·배제 과정에서는 초록에서 명확하지 않은 문헌의 전문을 검토하여 사전에 정한 문헌 선정기준에 맞는 문헌을 선택하였다. 의견 불일치가 있을 경우 검토자 간의 논의를 통해 의견일치를 이루도록 하였다.

가. 선택기준

- 비골 또는 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발골절 환자 대상 연구
- 무탐침 정위기법³⁾을 이용한 수술 연구
- 사전에 선정한 결과변수가 하나 이상 보고된 연구

나. 배제기준

- 동물실험, 전임상시험연구
- 원저가 아닌 연구(narrative review, expert opinion, editorial, letter articles, book chapters, comments, proceedings 등)
- 초록만 발표된 연구
- 동료심사를 거쳐 학술지에 게재된 연구가 아닌 경우
- 한국어 및 영어로 출판되지 않은 문헌
- 중복 출판 문헌

다. 문헌의 분류

문헌의 분류는 김수영 등 (2013)이 개발한 문헌의 분류도구 DAMI(study Design Algorithm for Medical literature of Intervention)를 기준으로 하여 본 연구에서 포함하는 무작위배정 비교임상시험(RCT)과 비무작위연구를 선정하였다(그림 2). 두 명 이상의 검토자가 독립적으로 시행하여 의견합일을 이루며, 의견이 일치하지 않을 경우 검토자 간의 논의를 통해 의견일치를 이루도록 하였다.

3) 수술 전 영상을 촬영하고 수술 중 적용부위와 비교하거나 수술 중 navigation을 사용하여 적절한 부위를 찾는 기법

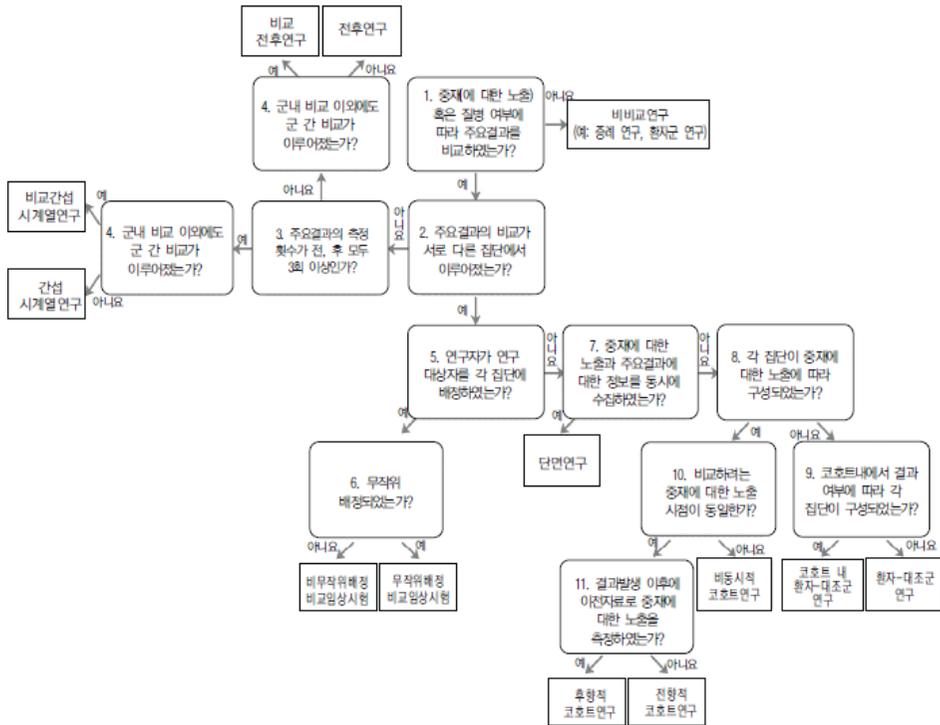


그림 2. DAMI 분류도구 알고리즘

2. 비뚤림 위험 평가

문헌의 질평가는 Cochrane의 Risk of Bias를 사용하여 두 명의 검토자가 독립적으로 시행하였다(Higgins et al., 2011). 무작위 임상시험 연구에서 사용되는 Cochrane의 Risk of Bias는 총 7개 문항으로 이루어졌으며, 각 문항에 대해 'low/high/unclear'의 3가지 형태로 평가된다. Risk of Bias 평가결과 'low'이면 비뚤림 위험이 적은 것으로 판단한다. 문항은 적절한 순서생성 방법을 사용했는지, 배정은폐가 적절했는지, 눈가림이 잘 수행되었는지, 결측치 등의 처리가 적절했는지, 선택적 결과보고는 없었는지를 확인하여 평가하였다.

비무작위연구(Non-randomized studies)의 질평가도구는 Risk of Bias for Nonrandomized Studies (RoBANS)를 사용하였다(김수영 등, 2013). 동 도구는 코크란의 RoB 도구와 유사하게 비뚤림 유형에 따른 주요 평가 항목을 규정하여 무작위배정

임상시험 연구 이외의 비무작위연구에 적용할 수 있는 비뚤림 위험 평가 도구로 개발되었으며 구체적인 평가항목은 <표 12>과 같다.

표 12. 비뚤림 위험 평가 도구

비뚤림 유형	Cochrane RoB 평가항목	RoBANS 평가항목	평가 결과
선택 비뚤림 (Selection bias)	무작위배정 순서생성 (Sequence generation)	대상군 비교가능성 대상군 선정	
	배정은폐 (Allocation concealment)	교란변수	
실행 비뚤림 (Performance bias)	눈가림 수행 (Blinding of participants, personnel)	노출 측정	
결과확인 비뚤림 (Detection bias)	결과 평가에 대한 눈가림 수행(Blinding of outcome assessment)	평가자의 눈가림 결과 평가에 대한 눈가림	낮음 /불확실 /높음
탈락 비뚤림 (Attrition bias)	불완전한 결과자료 (Incomplete outcome data)	불완전한 결과자료	
보고 비뚤림 (Reporting bias)	선택적 결과보고 (Selective outcome reporting)	선택적 결과보고	
기타 비뚤림 (Other bias)	기타 잠재적 비뚤림 (Other bias) : 병용치료법, Industrial funding source		

3. 자료추출

자료 추출은 미리 정해놓은 자료추출 양식을 활용하여 두 명 이상의 검토자가 각각 독립적으로 자료를 추출하며, 의견 불일치가 있을 경우 검토자 간의 논의를 통해 의견일치를 이루도록 하였다(표 9). 자료추출 할 주요 내용은 연구 특성 및 방법 면에서 연구디자인, 연구 환경, 출판연도 및 연구대상 특성에 대하여 자료를 수집하였으며, 중재와 비교군의 치료법, 사용재료, 병용치료에 대하여 자료를 정리하였다. 결과에서는 임상적 효과, 안전성의 결과를 추출하였다.

4. 자료합성

자료분석은 양적 분석(quantitative analysis)이 가능할 경우 양적 분석(메타분석)을 수행하며 불가능할 경우 질적 검토(qualitative review) 방법을 적용하였다.

이분형 자료일 경우 상대 위험비(relative risk, RR)를 구하며, 연속형 자료의 경우에는 가중 평균 차이(weighted mean difference)나 표준화 평균 차이(standardized mean difference)로 분석하여 95% 신뢰구간과 함께 제시한다. 이분형 자료의 경우 관심사건 환자수는 멘텔-헨젤 방법(Mantel-Haenszel method)을 사용한 변량효과모형(random effect model)을 사용하고, 연속형 자료의 경우 각 결과변수의 평균효과와 95% 신뢰구간은 역-분산 방법(inverse-variance method)을 사용한 변량효과모형으로 분석하였다.

이질성(heterogeneity)에 대한 판단은 우선 시각적으로 forest plot을 확인하고 Cochran Q statistic ($p < 0.10$ 일 경우를 통계적 유의성 판단기준으로 간주)과 I^2 statistic을 사용한다. I^2 통계량 50% 이상일 경우를 실제로 이질성이 있다고 간주할 수 있으므로 (Higgins 등, 2008) 동 연구에서는 이를 기준으로 문헌 간 통계적 이질성을 판단하였다.

또한, 결과의 특성과 방향에 따라 연구가 출판되거나 출판되지 않는 출판 비플림(publication bias)을 그래프를 이용한 방법으로 Funnel plot을 활용하며, Funnel plot의 비대칭성 여부는 낮은 검정력 때문에 포함된 연구들이 적어도 10개 이상인 경우에만 사용될 수 있기 때문에 포함연구수를 고려하여 수행하였다(Higgins et al., 2008).

통계적 분석은 RevMan 5.3과 Stata SE 11.0을 이용하며, 군간 효과 차이의 통계적 유의성은 유의수준 5%에서 판단하였다.

III

평가결과

1. 문헌선정 결과

1.1. 문헌선정 개요

국내외 전자데이터를 이용하여 연구주제와 관련된 문헌을 검색한 결과, 총 2,238편의 문헌이 검색되었으며 중복 검색된 문헌을 제거한 후 1,600편에 대하여 선택배제 과정을 진행하였다. 1차로 문헌의 제목과 초록을 바탕으로 연구주제와 관련 있는 문헌 62편을 선정하였으며 이들의 원문을 토대로 사전에 정의한 문헌 선택배제 기준에 따라 총 24개 문헌이 최종 선정되었다(그림 3). 최종 선택된 문헌의 목록은 <부록>에 기술하였다.

1.2. 선정 문헌 특성

총 26편의 문헌이 최종 선정되었으며 국내 문헌은 없었다. 비교연구로는 무작위 배정비교임상시험 연구 3편(12.5%), 코호트연구가 4편(16.7%)가 있었으며 비비교 연구는 17편(70.8%)이었다. 비비교연구 중 환자연구(case series)는 14편(58.3%), 환자보고(case report)는 3편(12.5%)이었다. 무작위배정비교임상시험은 모두 2017년 이후 중국에서 수행되었다. 코호트연구 3편 중 2편은 중국에서, 1편은 대만에서 수행되었으며 2018-2019년에 수행되었다. 비비교연구의 경우 18편 중 2010년 이전에 출판된 3편의 연구는 유럽지역에서 수행되었으며 2010년 이후의 연구 15편 중 반 이상이 아시아 지역(주로 중국)에서 수행되었다.

문헌에 포함된 연구대상자 수는 1명에서 626명으로 다양하였다. 연구유형에 따라 분류하였을 때, 무작위배정비교임상시험은 25명 미만을 대상으로 한 문헌이 2편, 50-100명이 1편이었으며 코호트 연구는 25-50명 미만이 2편, 100명 이상이 1편이었다. 비비교연구 중 증례연구에서 25명 미만을 대상으로 한 연구는 11편, 25-50명 미만은 2편,

50-100명 미만, 100명 이상은 각각 1편이었다.

무탐침 정위기법이 사용된 골절부위(한국표준질병사인분류(Korean Standard Classification of Diseases, KCD) 6차 개정 기반)에 따라 문헌을 분류하였을 때 비골 골절은 1편, 상악골 골절은 4편, 관골 골절은 13편, 하악골 골절은 1편, 비-안와-사골 골절은 3편, 기타 다발골절은 5편이었다(중복 포함).

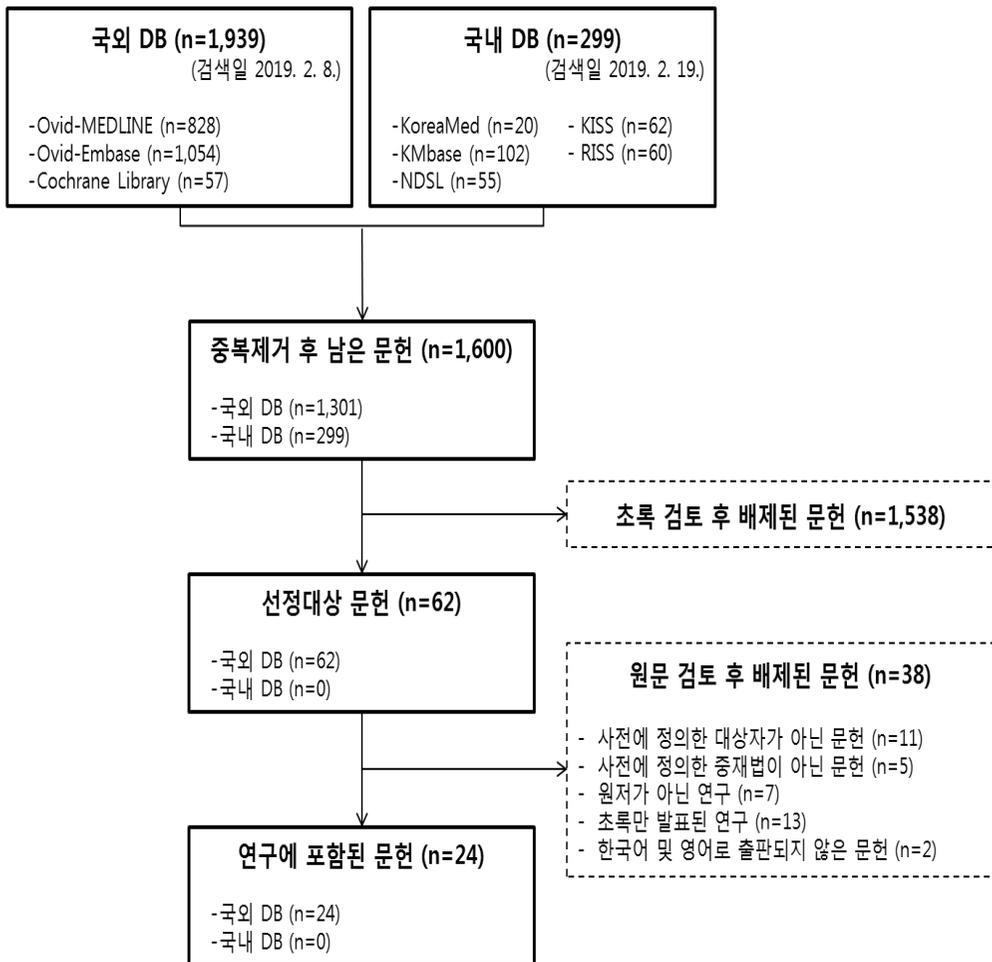


그림 3. 문헌선정 흐름도

표 13. 선정문헌의 특성

제1저자 (출판연도)	연구 국가	연구유형	연구대상	대상자수(명)			영상 유도	navi 기기	결과지표	
				총	중재	비교			안전성	유효성
Han (2018)	중국	무작위배정 비교임상 연구	하악골 골절 (intracapsular condylar)	20	10	10	CT	Brainlab	- 수술 후 합병증 - 무탐침 정위기법 관련 부작용	- 수술 관련 요인(수술 정확성, 수술성공률) - 평균 수술 시간
Zhang (2018)	중국	무작위배정 비교임상 연구	관골 골절(ZMC)	20	10	10	CT	Brainlab	- 수술 후 합병증 - 무탐침 정위기법 관련 부작용	- 수술 관련 요인(수술 정확성)
Gong (2017)	중국	무작위배정 비교임상 연구	관골 골절(ZMC)	78	39	39	CT	BrainLAB	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(수술 정확성, 대칭성) - 평균 수술 시간 - 환자 관련 요인(환자 만족도)
Bao (2019)	중국	코호트연구	관골 골절(ZMC)	25	15	10	CT	BrainLAB	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(대칭성) - 환자보고(안면비대칭성)
Yang (2019)	대만	코호트연구	관골골절	28	14	14	CT	BrainLAB	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(수술 정확성) - 평균 수술 시간 - 재원일수 - 환자 관련 요인(환자 만족도)
Zeng	중국	코호트연구	- 상악골 골절(상악안면)	626	394	232	CT	BrainLAB	-	- 수술 관련 요인(수술 정확성)

무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성 평가 (비골, 상악골 등 골절수술)

(2018)			- 관골 골절(관골, 관골궁) - 악골 골절							- 환자 관련 요인(증상호전)
He (2012)	중국	코호트연구	기타 다발골절(안와관골)	64	64	-	CT	BrainLAB		- 수술 관련 요인(수술성공률)
Dai (2018)	중국	증례연구	관골 골절(관골궁 시상봉합 골절)	25	25	-	CT	BrainLAB	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(수술성공률, 대칭성) - 환자 관련 요인(증상호전)
Gander (2018)	스위스	증례연구	관골골절	48	17	-	MSC T	Brainlab	-	-
Khatib (2018)	미국	증례연구	- 상악골 골절(Le Fort III) - 비-안와-사골 골절	10	10	-	CT	Stryker, Brainlab	- 수술 후 합병증	- 환자 관련 요인(증상호전)
Nguyen (2018)	미국	증례보고	안면 골절(상악골, 관골)	1	1	-	CT	Stryker	-	- 수술 관련 요인(수술 정확성)
Ogino (2018)	일본	증례연구	비골 골절	5	5	-	CT	Medtronic	-	- 수술 관련 요인(수술성공률) - 평균 수술 시간
Li (2015)	중국	증례연구	관골 골절(관골궁)	23	23	-	CT	BrainLAB	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(수술성공률) - 환자 관련 요인(증상호전)

He (2013)	중국	증례연구	관골 골절	6	6	-	CT	BrainLAB	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(수술 정확성, 대칭성)
Yu (2013)	중국	증례연구	기타 다발골절(관골안와 상악골)	104	34	-	CT	Acc-Navi	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(수술 정확성) - 환자 관련 요인(증상호전)
Novelli (2012)	이탈리아	증례연구	기타 다발골절(안와관골)	7	4	-	CT	Brainlab	-	- 수술 관련 요인(수술 정확성, 수술성공률)
Zhang (2012a)	중국	증례연구	- 상악골 골절(Le Fort I, II, III) - 관골 골절(ZMC) - 비-안와-사골 골절	40	40	-	CT	TBNavis-C MFS	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(위치확인 정확성, 수술 정확성) - 환자 관련 요인(증상호전)
Zhang (2012b)	중국	증례보고	기타 다발골절(관골안와 상악골)				CT	AccuNavi	- 수술 후 합병증	- 수술 관련 요인(위치확인 정확성)
Chen (2011)	중국	증례보고	관골 골절	1	1	-	CT	AccuNavi	-	- 수술 관련 요인(수술 전후 위치 확인)
Lubbers (2011)	스위스	증례연구	관골 골절	6	1	-	CBC T	BrainLAB		- 수술 관련 요인(대칭성) - 평균수술시간
Ogino (2009)	일본	증례연구	관골 골절	6	6	-	CT	Medtronic	-	- 수술 관련 요인(위치확인 정확성, 대칭성)
Klug (2006)	오스트리아	증례연구	관골 골절 두개안면 골	5	5	-	CT	Medtronic	-	- 수술 관련 요인(수술 정확성)

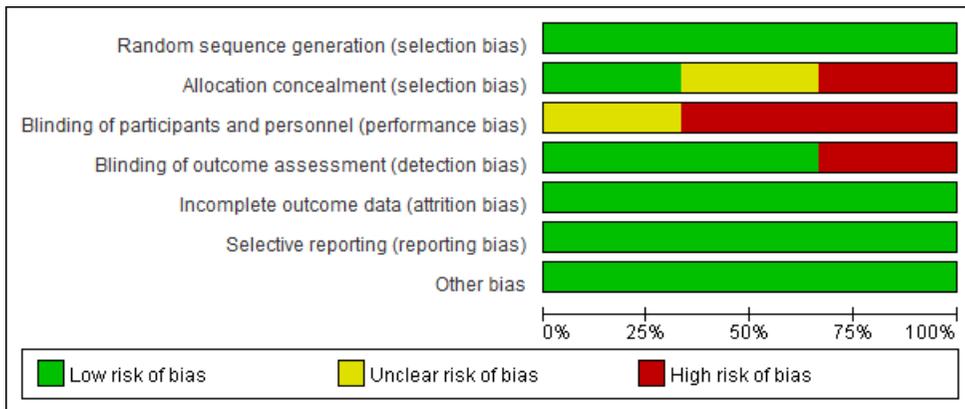
무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성 평가 (비골, 상악골 등 골절수술)

Westendorff (2006)	독일	증례연구	관골 골절(안와관골)	5	5	-	CT	BrainLAB	- 수술 후 합병증	
Heiland (2004)	독일	증례연구	- 비-안와-사골 골절 - 기타 다발 골절(안와관골)	20	20	-	CT	BrainLAB		- 평균 수술 시간

1.3. 비뚤림 위험 평가 결과

연구에 최종적으로 선택된 26편의 문헌 중 무작위배정임상시험 3편, 코호트 연구 3편에 대하여 비뚤림 위험 평가를 수행하였다. 무작위배정임상연구에는 Cochrane의 Risk of Bias(RoB)를, 비무작위배정임상연구에는 ROBANS version 2(김수영 등, 2013)을 이용하였다.

무작위배정연구 3편의 경우, 수술기법의 특성상 눈가림 비뚤림을 피하기 어려웠으나 그 외의 비뚤림에 대해서는 전체적으로 낮은 비뚤림 위험을 나타내었다(그림 4).



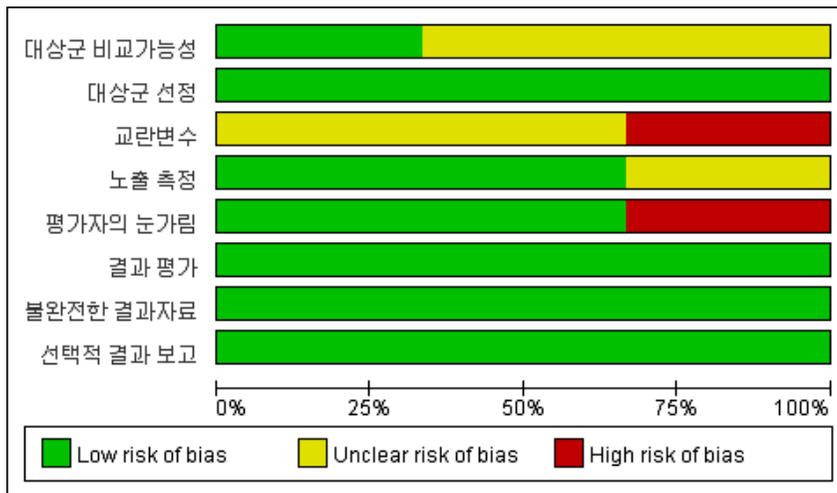
A. 영역별 결과

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Gong 2017	+	-	-	+	+	+	+
Han 2018	+	?	-	-	+	+	+
Zhang 2018	+	+	?	+	+	+	+

B. 문헌별 평가

그림 4. 비뚤림 위험 평가 그래프(무작위배정임상시험)

코호트 연구 3편에 대하여 비뚤림 위험을 평가한 결과, 연구수행과 관련하여 대상군의 비교가능성, 교란변수 등의 항목에 대하여 명확하게 기술이 없는 경우가 있었으나 전반적인 문헌의 비뚤림 위험 수준이 낮다고 말할 수 없었다(그림 5).



A. 영역별 결과

	대상군 비교가능성	대상군 선정	교란변수	노출 측정	평가자의 눈가림	결과 평가	불완전한 결과자료	선택적 결과 보고
Bao 2019	?	+	?	+	+	+	+	+
Yang 2019	+	+	?	+	+	+	+	+
Zeng 2018	?	+	-	?	-	+	+	+

B. 문헌별 평가

그림 5. 비뚤림 위험 평가 그래프(코호트 연구)

2. 분석결과

무탐침 정위기법을 이용한 비골 및 상악골 등 골절 수술의 안전성은 소위원회에서의 논의를 바탕으로 수술 중·후 합병증 발생률 및 사망률을 주요 지표로 보고 기존시술에 항법장치를 이용하여 직접적으로 연관되어 발생할 수 있는 안전성 결과를 평가하고자 하였다.

무탐침 정위기법을 이용한 비골 및 상악골 등 골절 수술의 유효성은 소위원회에서의 논의를 바탕으로 수술 관련 요인(위치확인 정확성, 수술성공률, 대칭성, 재수술률, 침습정도), 평균 수술 시간, 재원일수, 환자 관련 요인(증상호전, 삶의 질 점수, 환자 만족도)에 대하여 평가하였다. 그러나 수술 관련 요인 중 재수술률, 침습정도, 환자 관련 요인 중 삶의 질 점수를 보고한 문헌이 없어 평가하지 않았다.

안전성 및 유효성 평가 결과는 한국표준질병사인분류(KCD) 6차 개정에 따라 비골 골절, 상악골 골절, 관골 골절, 하악골 골절, 비-안와-사골 골절, 기타 다발골절로 나누어 평가결과를 제시하였다.

2.1. 비골 골절

비골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 이용한 연구는 증례연구 1편 (Ogino et al., 2018)이 있었다. 5명의 비골 골절 환자를 대상으로 골절제술 및 정복 위치에 대한 평가를 수행하였다.

가. 안전성

Ogino 등(2018)의 연구에서는 안전성 결과를 보고하지 않았다.

나. 유효성

1) 수술 관련 요인

① 수술성공률

Ogino 등(2018)의 연구에서 비골 골절 정복술을 수행한 환자 5명은 모두 수술 후 외적 코변형이 교정되었고 코의 변형은 재발되지 않아 성공적이었다.

2) 수술 시간

Ogini 등(2018)의 연구에서 5명의 환자에서 평균 등록시간은 4분이었다.

2.2. 상악골 골절

상악골 골절 수술환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 수행한 문헌은 총 4편이 있었다. 코호트 연구는 Zeng 등(2018)의 연구 1편이었으며 증례연구(Khatib et al., 2018; Zhang et al., 2012a) 및 증례보고(Nguyen et al., 2018)는 각각 2편, 1편씩 있었다.

Zeng 등(2018)의 연구는 후향적으로 수집한 626명의 상악안면 골절 환자를 대상으로 하였다. 수술전 계획을 세우고 상악안면 골절에 대한 진단 및 치료에 무탐침 정위기법을 사용한 무탐침군 394명과 무탐침 정위기법을 사용하지 않은 대조군 232명의 수술 정확성과 증상회복(교합회복률)을 비교하였다. 무탐침군에는 상악안면 골절 192명, 관골, 관골궁 및 안와골절 95명, 턱 골절 107명이 포함되어 있었으며 대조군에는 상악안면 골절 95명, 관골, 관골궁 및 안와골절 61명, 악골 골절 67명이 포함되었다. 그러나 결과 보고 시에는 골절 부위에 따라 결과보고를 하지 않았기 때문에 본 보고서에서도 전체 결과를 각 골절부위에 동일하게 보고하였다.

Khatib 등(2018)은 권총자해부상(self-inflicted facial gunshot wounds, SIGWs) 10명을 대상으로 후향적 증례연구 결과를 보고하였다. 10명의 환자는 상악골(9명), ZMC(zygomaticomaxillary complex, 7명), NOE(naso-orbitoethmoid, 6명)에 골절과 관련한 하악골의 심각한 파열 및/또는 안면인접구조의 복합결손이 있었으며 턱의 위치, 얼굴 투사(facial projection), oronasal communication, lip competence, 영양관 및 기관절개술 의존도를 보고하였으나 본 연구에서는 환자 관련 요인으로 얼굴 투사 및 영양관 의존도를 보고하였다. 또한 Khatib 등은 골절 부위에 따라 따로 보고하지 않아 전체 결과를 각 골절 부위에 동일하게 적용, 보고하였다.

Zhang 등(2012a)의 연구는 무탐침 정위기법을 이용하여 안면중양부 외상후 변형을 치료한 40명의 환자를 대상으로 하였으며 Le Fort I, II, III 골절 각각 7, 4, 1명, ZMC와 NOE 골절 각각 23, 5명을 포함하였다. 수술 관련 요인 중 위치확인 정확성 및 수술 정확성, 대칭성을, 환자 관련 요인으로 증상호전을 보고하였다. Zhang 등(2012a)은 골절 부위별로 결과보고를 하지 않았기 때문에 본 보고서에서는 전체 결과를 각 골절 부위에 동일하게 보고하였다. 이외에 1-2년 추적관찰 이후의 임상적 결과(복시, 안와하 감각저하, 안구함몰)를 보고하였으나 본 연구의 범위 외의 지표이었기 때문에 해당 결과를 포함하지 않았다.

Nguyen 등(2018)은 관골, Le Fort, 하악골 symphysis 및 condylar 골절을 가진 다발 안면골절 환자에게 수술중 무탐침 정위기법을 적용한 사례를 바탕으로 수술 정확성을 보고하였다.

가. 안전성

○ 코호트 연구

상악골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 이용한 코호트 연구 1편(Zeng et al., 2018)에서는 안전성 결과를 보고하지 않았다.

○ 증례연구

상악골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 이용한 증례연구 2편(Khatib et al., 2018; Nguyen et al., 2018) 중 Khatib 등(2018)의 연구에서 뼈의 부정유합, 판의 노출, 두개강내 농양, 소구증 발생을 보고하였다. 그러나 이는 무탐침 정위기법과 직접적으로 관련성이 있지는 않았다.

표 14. 상악골 골절 환자에서의 수술 중후 합병증(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구국가	연구대상	수술 중후 합병증
Khatib (2018)	미국	안면골절 10명, NOE 골절 4명	- 뼈의 부정유합 1명, 금속 노출 2명, 수술 후 감염 2명, 두개강내 농양 1명, 소구증 2명의 환자가 발생함

나. 유효성

1) 수술 관련 요인

① 위치확인의 정확성

Zhang 등(2012a)의 증례연구 1편의 결과를 바탕으로 판단하였다.

○ 증례연구

Zhang 등(2012a)은 Le Fort 골절 환자에서 무탐침 정위기법을 이용한 수술의 등록 불일치(discrepancy)가 모두 1mm 이하인 것으로 보고하였다.

표 15. 상악골 골절 환자에서의 위치확인 정확성(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	환자 수 (명)	연구결과
Zhang (2012a)	Le Fort I/ 관혈적 정복술	7	통록 불일치는 1mm 이하였음
	Le Fort II/ 관혈적 정복술	4	
	Le Fort III/ 관혈적 정복술	1	

② 수술 정확성

수술 정확성은 Zeng 등(2018)의 코호트 연구와 Zhang 등(2012a)의 증례연구와 Nguyen 등(2018)의 증례보고를 근거로 평가하였다.

○ 코호트 연구

Zeng 등(2018)에서 수술 전 계획과 수술 후 모형의 오차(error)를 비교한 결과, 무탐침군의 평균 오차는 0.89 mm(범위 0.65-0.97 mm), 대조군의 평균 오차는 1.01 mm(범위 0.78-1.45 mm)로 무탐침 정위기법을 사용하여 수술을 진행하였을 때 수술 전후의 오차가 유의하게 작은 것으로 나타났다($p < 0.0001$).

표 16. 상악골 골절 환자에서의 수술 정확성(코호트 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과: 수술 전후 오차(error) 비교		
		무탐침군 (n=394)	대조군 (n=232)	p-value
Zeng (2018)	악골안면 골절/정복술	0.89mm (0.65-0.97)	1.01mm (0.78-1.45)	< 0.0001

○ 증례연구

Zhang 등(2012a)은 Le Fort 골절 환자 12명에서 수술 전후의 CT 영상을 비교하여, 내비게이션을 이용한 수술적 교정 이후의 형태변화를 확인한 결과, 12명 모두 오차가 1 mm 미만임을 확인하였다.

표 17. 상악골 골절 환자에서의 수술 정확성(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	환자 수 (명)	연구결과
Zhang (2012a)	Le Fort I/ 관혈적 정복술	7	수술 전후의 편차는 1 mm 미만이었음
	Le Fort II/ 관혈적 정복술	4	
	Le Fort III/ 관혈적 정복술	1	

○ 증례보고(case report)

Nguyen 등(2018)의 연구에서는 안면 골절(관골 및 Le Fort 등) 환자에게 무탐침 정위기법을 이용하여 정복술을 실시한 결과, 뼈 윤곽선의 정복은 모든 부위에서 1mm 내의 오차로 정확하였다.

③ 대칭성

○ 증례연구

Zhang 등(2012a)은 Le Fort 골절 환자를 포함하여, 비대칭성을 보인 16명의 환자 중 11명에서 비대칭성이 제거되었으며 5명은 비대칭성이 개선되었다고 보고하였다.

2) 환자 관련 요인

① 증상호전

증상호전은 Zeng 등(2018) 코호트 연구와 Khatib 등(2018)의 증례연구, 총 2편에서 보고하였다.

○ 코호트 연구

Zeng 등(2018)의 연구에서는 무탐침 정위기법을 이용하여 악골안면 골절 환자에게 정복술을 수행하였을 때, 무탐침 정위기법을 이용하지 않았을 때보다 교합회복(occlusion recovery)에서 좋은 회복(good recovery)을 보인 환자의 비율이 더 높은 것으로 나타났다(91.88% vs. 84.91%). Zeng 등(2018)에서는 통계적 유의성을 제시하지 않았으나 본 연구에서 계산한 결과, chi-square 검정의 p-value는 < 0.01로 무탐침군이 대조군보다 교합회복률이 유의하게 높아 개선된 증상호전을 보여주었다.

표 18. 상악골 골절 환자에서의 증상호전(코호트 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	연구결과: 교합회복률	
		무탐침군 (n=394)	대조군 (n=232)
Zeng (2018)	악골안면 골절/정복술	91.88% (362/394)	84.91% (197/232)

O 증례연구

Khatib 등(2018)의 증례연구에서는 상악골 골절 환자에서 무탐침 정위기법을 이용하여 정복술을 수행하였을 때 facial projection 및 영양공급 튜브 제거 등에 있어서 증상호전이 있었다고 보고하였다.

Zhang 등(2012a)은 대부분의 Le Fort I, II, III 골절 환자가 미용적, 기능적 측면에서 유의한 개선(significant improvement)을 보였다. 또한 개구 및 교합 장애에서도 증상이 호전됨을 보고하였다.

표 19. 상악골 골절 환자에서의 증상호전(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	환자 수 (명)	연구결과
Khatib (2018)	상악골 골절/ 정복술	9	facial projection이 모두 호전되었으나 1명은 영양공급 튜브(feeding tube)를 떼지 못하였음
Zhang (2012a)	Le Fort I, II, III/ 관혈적 정복술	12	대부분 환자가 미용적, 기능적 측면에서 유의한 개선을 보임 제한적인 개구(mouth opening)를 보였던 21명의 환자에서 평균 개구 정도는 35 mm였음 교합장애를 보인 25명의 환자에서 정상적인 교합을 보임

2.3. 관골 골절

관골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성을 평가한 연구는 무작위배정임상 연구 2편(Gong et al., 2017; Zhang et al., 2018), 코호트 연구 2편(Bao et al., 2019; Yang et al., 2019), 증례연구 8편(Klug et al., 2006; Ogino et al., 2009; Lubber et al., 2011; Zhang et al., 2012a; He et al., 2013; Li et al.,

2015; Dai et al., 2018; Gander et al., 2018), 증례보고 1편(Chen et al., 2011)으로 총 13편의 문헌이 있었다.

Gong 등(2017)은 단측 ZMC 골절의 치료가 지연된 78명의 환자를 대상으로 평가자 눈가림 무작위배정임상시험을 수행하였다. 무탐침 정위기법 적용 유무에 따라 무탐침군 및 대조군 각 39명이 배정되었으며 양측 ZMC 용기 및 폭의 절대적 차이를 주요지표로 하였다. 포함된 환자의 평균 연령은 33.7세(range: 18-60)였으며 골절의 원인은 사고 64.1%(50명), 직업적 부상 6.4%(5명), 낙상 6.4%(5명), 압궤 손상 3.8%(3명), 운동 중 부상 1.3%(1명)이었다.

Zhang 등(2018)은 단측 복잡 ZMC 골절 환자 20명에서 무탐침 정위기법 이용 유무에 따라 무탐침군과 대조군을 비교하였다. 각 군에 10명이 배정되었으며 평균 연령은 무탐침군과 대조군 각각 33.6세(SD 11.36), 35.5세(SD 11.39)로 유의한 차이가 없었다($p = 0.70$). 골절 정복에서 있어서도 두 군 간 해부학적 및 비해부학적 골절 정보에 차이는 없었다($p = 0.39$).

Bao 등(2019)는 ZMC 골절 환자를 대상으로 후향적 코호트 연구를 수행하였다. 골절 치료시, 내비게이션 사용 유무에 따라 무탐침군과 대조군으로 나누었으며 각각 15, 10명의 환자를 포함하였다. 대칭성은 5개의 지표(orbitale, maxillozygion, suprajugal curvature, juglae, zygion)를 바탕으로 평가하였으며 안와용적도 비교하였으나 본 연구의 범위가 아니었기 때문에 대칭성 결과만을 보고하였다.

Yang 등(2019)은 관골 골절 환자 28명에서 무탐침 정위기법 사용 유무에 따라 무탐침군과 대조군을 비교하는(각 군 14명) 코호트 연구를 수행하였다. 1차 지표는 수술 전후 관골 5부위의 경계 봉합(junctional suture)에서의 전위(zygomaticomaxillary, ZM; zygomaticofrontal, ZF; zygomaticosphenoid, ZS; zygomaticotemporal, ZT; infraorbital, IO)였으며 2차 지표는 수술 시간, 재원기간, 절개횟수, 고정 부위, 최대 개구 정도, 추적관찰 후의 후유증이었다. 환자의 평균 연령은 무탐침군에서 38.9(SD 14.6), 대조군에서 37.3(SD 11.5)로 두 군에서 유의한 차이는 없었으며($p = 0.744$) 수술 전 총 전위는 무탐침군과 대조군에서 각각 20.20 mm(SD 8.41), 17.95 mm(SD 8.36)로 유의한 차이가 없었다($p = 0.769$).

Klug 등(2006)은 관골 및/또는 두개안면 골절 환자 5명을 대상으로 무탐침 정위기법을 적용하여 관골 복합체의 골절제술 및 재배치 수술한 결과를 보고하였다. Ogino 등(2009)은 관골 골절 수술 환자 6명에서 무탐침 정위기법 사용의 유효성 및 안전성을 확인하였다. 수술 중 무탐침 정위기법을 이용한 골절 정복은 안면 중앙

선부터의 거리, 수술을 한 쪽과 그렇지 않은 쪽의 거울 이미지를 비교함으로써 평가하였다. Lubbers 등(2011)은 치료하지 않았거나 충분히 치료받지 못한 외상 후 관절의 2차 교정, 급성 외상 및 안와저 골절, 골 구조 근접 이물, 중앙안면 골절에서 무탐침 정위기법의 사용에 대한 안전성과 유효성을 보고하였는데 본 연구에서는 중앙안면 골절에 대한 결과를 포함하였다. He 등(2013)은 치료가 지연된 관절 골절 환자 6명에서 마커(marker)의 도움을 받는 수술적 무탐침 정위기법을 적용한 결과를 보고하였다. Li 등(2015)의 연구에서는 관절골 골절 환자를 대상으로 최소한으로 침습적인 정복술을 수행하기 위한 무탐침 정위기법의 이용에 대한 결과를 보고하였다. 23명의 환자가 포함되었으며 안전성 및 유효성(수술성공률, 증상호전)을 보고하였다. Dai 등(2018)은 ZMC 골절의 일부로도 여겨지는 관절공의 시상봉합 골절 환자 25명을 대상으로 하였다. Gander 등(2018)의 연구는 단순 또는 복잡 관절 골절 환자 48명에서 무탐침 정위기법 적용의 결과를 후향적으로 분석하였다.

Chen 등(2011)의 증례보고에서는 관절 골절로 인한 복시 환자에서 무탐침 정위기법을 이용하여 관절 골절 수술을 수행한 결과를 보고하였다.

가. 안전성

관절 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 이용한 문헌 13편 중 9편(Bao et al., 2019; Yang et al., 2019; Dai et al., 2018; Zhang et al., 2018; Gong et al., 2017; Li et al., 2015; He et al., 2013; Zhang et al., 2012; Westendorff et al; 2006)에서 합병증을 보고하였다.

○ 무작위배정임상연구

Zhang 등(2018)의 연구에서 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 있는 합병증 및 수술 중/후 합병증이 무탐침을 이용한 군과 이용하지 않은 군 모두에서 발생하지 않았으며, Gong 등(2017)의 연구에서는 손상된 입 열기 등의 합병증을 보고하였으나, 군 간 차이는 유의하지 않았다.

표 20. 관골 골절 환자에서의 수술 중·후 합병증(무작위배정임상 연구)

제1저자 (출판연도)	연구 국가	연구대상 (중재군/대조군)	수술 중·후 합병증			
				무탐침군	대조군	p-value
Zhang (2018)	중국	관골상악골복합 골절 20명 (무탐침 10명/ 대조군 10명)	- 상처 감염 또는 기타 심각한 부작용이 두 군 모두에서 발생하지 않음 - 티타늄 판과 나사의 풀림과 이동이 두 군 모두에서 발생하지 않음 - 내비게이션 참조 틀 설치와 관련한 감염 또는 두 개내 손상이 두 군 모두에서 발생하지 않음			
Gong (2017)	중국	관골상악골복합 골절 78명 (무탐침 39명/ 대조군 38명)	손상된 입 열기	2명	2명	1.000
			근시	0명	0명	1.000
			안구함몰	10명	8명	0.591
			안와하의 마비	4명	7명	0.329

○ 코호트 연구

코호트 연구 2편(Bao et al., 2019; Yang et al., 2019)에서도 일시적 안면 신경 손상, 볼의 경미한 마비, 눈꺼풀 흉터 등의 합병증을 보고하였으나 군 간 차이는 유의하지 않았다. 세부 연구 결과는 다음과 같다.

표 21. 관골 골절 환자에서의 수술 중·후 합병증(코호트 연구)

제1저자 (출판연도)	연구 국가	연구대상 (중재군/대조군)	수술 중·후 합병증			
				무탐침군	대조군	p-value
Bao (2019)	중국	관골상악골복합 골절 25명 (무탐침 15명/ 대조군 10명)	일시적 안면 신경 손상	3명	2명	-
			- 수술 중/후 합병증, 점막 또는 피부의 판 노출이 두 군 모두에서 발생하지 않음			
Yang (2019)	대만	관골골절 28명 (무탐침 14명/ 대조군 14명)	볼의 경미한 마비	8명 (57.1%)	6명 (42.9%)	0.706
			눈꺼풀 흉터	0명	1명	-
			- 안구함몰, 상처 감염, 봉합의 벌어짐, 부정유합, 눈꺼풀 위치 이상은 두 군 모두에서 발생하지 않음			

○ 증례연구

증례연구 3편(Dai et al., 2018; Li et al., 2015; He et al., 2013)에서는 모두 수술 중/후 합병증 발생이 보고되지 않았다. 세부 연구 결과는 다음과 같다.

표 22. 관골 골절 환자에서의 수술 중후 합병증(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구국가	연구대상	수술 중후 합병증
Dai (2018)	중국	관골공골절 25명	- 표면적인 측두동맥과 정맥 손상, 이개측두신경 손상이 발생하지 않음 - 상처 감염 또는 감각 이상을 포함한 수술 기법 관련 합병증이 발생하지 않음
Li (2015)	중국	관골공골절 23명	- 수술 후 합병증이 발생하지 않음
He (2013)	중국	관골골절 6명	- 수술 중/후 합병증이 발생하지 않음

나. 유효성

1) 수술 관련 요인

① 위치확인의 정확성

○ 증례연구

증례연구 2편(Ogino et al., 2009; Zhang et al., 2012a)에서 등록 정확성을 보고 하였으며 모두 2 mm 미만이었다.

표 23. 관골 골절 환자에서의 위치확인의 정확성(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	환자 수 (명)	연구결과
Ogino (2009)	관골 골절/정복술	6	등록의 정확성은 평균 1.3mm이었음
Zhang (2012a)	ZMC/관혈적 정복술	23	등록 불일치는 1mm 이하였음

② 수술 정확성

○ 무작위배정임상 연구

Gong 등(2017)은 수술 전후의 차이를 토대로 무탐침 정위기법의 수술 정확성을 판단하였으며 그 결과, 무탐침군에서 수술 전후의 차이가 대조군보다 유의하게 작았다. Zhang 등(2018)은 landmark까지의 거리, 협골상악 봉합과 안와하모서리 교차점의 수술편차(Surgical deviation in the intersection point of the zygomatico-maxillary suture and the infraorbital margin, oz), 측두관골봉합 가장 하부의 수술편차(Surgical deviation in the most inferior point of the temporozygomatic suture, ztl), 관골봉합 가장 측면의 수술편차(Surgical deviation in the most lateral point of the front zygomatic suture, fmt)에 근거하여 정확성을 확인한 결과, 관골봉합 가장 측면의 수술편차를 제외한 나머지 지표에 대하여 무탐침 정위기법을 이용한 정복술의 수술 정확성이 더 높은 것으로 보고하였다.

표 24. 관골 골절 환자에서의 수술 정확성(무작위배정임상 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분	무탐침군	대조군	p-value
Gong (2017)	ZMC 골절/ 정복술	환자수 (명)	39	39	-
		수술 전후 차이 (mm)	1.30 (0.40-2.40)	2.40 (1.40-4.10)	0.012
Zhang (2018)	ZMC 골절/ 정복술	환자수 (명)	10	10	-
		landmark까지의 거리 (mm)	0.59 (0.44-0.83)	1.23 (0.74-1.58)	< 0.01
		협골상악 봉합과 안와하모서리 교차점의 수술편차 (mm)	0.69 (0.40-1.40)	1.12 (0.60-1.50)	< 0.01
		측두관골봉합 가장 하부의 수술편차 (mm)	0.87 (0.40-1.50)	1.57 (0.50-3.50)	< 0.05
		관골봉합 가장 측면의 수술편차 (mm)	0.68 (1.20-2.60)	0.81 (0.40-1.00)	0.010

○ 코호트 연구

1편의 코호트 연구(Yang et al., 2019)에서는 수술후 총 변위는 무탐침군에서 유의하게 감소하였으나 수술 전후 총 변위의 차이는 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.

표 25. 관골 골절 환자에서의 수술 정확성(코호트 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분	무탐침군 (n=14)	대조군 (n=14)	p-value
Yang (2019)	관골 골절/ 정복술	수술 후 총 변위(displacement) (mm)	0.53±1.14	2.93±2.15	0.001
		수술 전후 총 변위의 차이 (mm)	19.67±8.35	15.02±8.17	0.150

○ 증례연구

증례연구 2편(Klug et al., 2006; Zhang et al., 2012a; He et al., 2013)에서 수술 전후의 오차를 비교하였을 때 2 mm 미만이었다.

표 26. 관골 골절 환자에서의 수술 정확성(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	환자 수 (명)	연구결과
Klug (2006)	관골 골절/정복술	2	수술 후 환자와 수술모델 간의 차이는 1.1±0.3 mm이었음
Zhang (2012a)	ZMC/관혈적 정복술	23	수술 전후의 편차는 1 mm 이하였음
He (2013)	관골 골절/정복술	6	수술 전 계획과 수술 후를 비교하였을 때 편차는 +1.24 ~-1.4 mm였음

○ 증례보고

Chen 등(2011)의 연구에서는 관골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 이용하여 정복술을 수행하였으며 수술 전 대비 수술 후 골절부위가 적절한 위치에 놓였음을 확인하였다.

③ 수술성공률

○ 증례연구

두 편의 증례연구(Li et al., 2015; Dai et al., 2018)에서 정복상태를 바탕으로 수술성공률을 평가하였다. 두 편의 연구에 포함된 환자에서 모두 정확한 정복(exact reduction)이 보고되었다.

표 27. 관골 골절 환자에서의 수술성공률(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	환자 수 (명)	연구결과: 정복상태
Li (2015)	관골공 골절/정복술	23	모든 환자에서 정확한 정복(exact reduction)을 보임
Dai (2018)	관골공의 시상봉합 골 절/정복술	25	정확한 정복(exact reduction)이 수행되었으며 안연윤곽 회복이 관찰됨

④ 대칭성

○ 무작위배정임상 연구

Gong 등(2017)은 관골 융기(eminence)와 폭(width)을 기준으로 대칭성을 판단하였다. 양측 ZMC 융기의 차이는 무탐침군이 대조군보다 유의하게 낮았으나(1.24 vs. 2.22 mm; $p < 0.001$) 양측 ZMC 폭의 차이는 유의하지 않았다(0.94 vs. 1.36 mm; $p=0.061$). 그러나 두 지표를 바탕으로 형태학적 안면 대칭성을 판단하였을 때 (ZMC 융기 및 폭에 있어서 양측 차이 ≤ 2 mm) 대칭성을 보인 환자의 비율은 무탐침군이 대조군보다 유의하게 높았다(71.8% vs. 35.9%; $p=0.001$). 수술 6개월 후 VAS(visual analog scale)을 이용하여 임상의가 판단한 환자의 안면 대칭성은 무탐침군이 대조군보다 높았다(8 vs. 7; $p=0.043$).

표 28. 관골 골절 환자에서의 대칭성(무작위배정임상 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분	무탐침군 (n=39) (mean, range)	대조군 (n=39) (mean, range)	p-value
Gong (2017)	ZMC 골절/ 정복술	양측 관골 웅기까지의 거리 (mm)	1.24 (0.80-1.86)	2.20 (1.58-3.66)	< 0.001
		양측 관골 폭의 차이 (mm)	0.94 (0.73-1.57)	1.36 (0.93-2.13)	0.61
		대칭성 ¹⁾ 을 보인 환자 비율 (%)	71.8 (28/39)	35.9 (14/39)	0.001
		임상의가 판단한 대칭성 ²⁾	8 (6-9)	7 (5-9)	0.043

1) 대칭성: ZMC 웅기 및 폭의 양측 차이 ≤ 2mm

2) 수술 6개월 후, 임상의가 visual analog scale(VAS)를 이용하여 대칭성 평가(나쁨, 0-2; 보통, 3-5; 좋음, 6-8; 완벽함, > 8. 결과는 중앙값과 범위로 나타냄)

O 코호트 연구

1편의 코호트 연구(Bao et al., 2019)에서 여러 지점에 대하여 비대칭성 지표를 확인한 결과, 수술 후 orbitale, jugale, zygion의 비대칭성 지표가 무탐침군에서 유의하게 낮았으나 maxillozygion, suprajugal curvature에서는 무탐침군과 대조군 간의 대칭성 차이가 없었다.

표 29. 관골 골절 환자에서의 대칭성(코호트 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분*	무탐침군 (n=15) (mean±SD)	대조군 (n=20) (mean±SD)	p-value
Bao (2019)	ZMC 골절/ 정복술	Orbitale	3.43±0.47	4.86±0.86	< 0.01
		Maxillozygion	6.57±0.94	6.28±0.82	0.45
		Suprajugal curvarue	4.73±0.74	5.05±1.04	0.38
		Jugale	4.20±0.83	6.47±0.84	< 0.01
		Zygion	4.92±1.53	10.04±3.04	< 0.01

* Orbitale: 안와하태두리의 열등점
 Maxillozygion: 안와 측면 1/3 아래의 maxillozygion 봉합선의 가장 앞쪽 지점
 Suprajugal curvature: 관골 전두돌기의 후단 가장자리의 가장 볼록한 지점
 Jugale: 관골의 전두돌기 측면과 측두돌기 뒷면 사이의 가장 오목한 지점
 Zygion: 관골공의 가장 측면

○ 증례연구

총 4편의 증례연구(Ogino et al., 2009; Lubbers et al., 2011; He et al., 2013; Dai et al., 2018)에서 보고한 근거를 토대로 평가하였다. 6명의 관골 골절 환자를 대상으로 한 Ogino 등(2009)의 연구에서는 수술 후 좌우 관골의 차이는 1.6 mm로, 좋은 대칭성의 기준이 2 mm 미만임을 고려할 때 좋은 대칭성을 보였다. Lubber 등(2011)은 4명의 관골 골절 환자를 대상으로 내비게이션을 이용하여 수술을 수행하였을 때 내비게이션은 대칭성을 확인하는 데 도움이 되었다고 보고하였다. He 등(2013)은 6명의 관골 골절 환자에게 내비게이션을 이용하여 정복술을 수행하였을 때 수술한 면과 그렇지 않은 편의 폭(width) 및 융기(eminence)의 편차는 각각 1.28, 1.22 mm로 좋은 대칭성을 보였다고 밝혔다. Dai 등(2018)은 관골공의 시상봉합 골절 환자에서 내비게이션을 이용하여 수술을 하였을 때 양측 관골공이 대칭을 이루었다고 보고하였다.

표 30. 관골 골절 환자에서의 대칭성(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	환자 수 (명)	연구결과
Ogino (2009)	관골 골절/정복술	6	수술 후 좌우의 차이는 1.6 mm였음(좋은 대칭성)
Lubbers (2011)	관골 골절	4	무탐침 정위기법을 이용한 수술은 대칭성을 확인하는 것에 도움이 되었음
He (2013)	관골 골절/정복술	6	수술한 면과 그렇지 않은 면의 폭 편차는 1.28 mm, 응기(eminencne) 편차는 1.22 mm였음(좋은 대칭성)
Dai (2018)	관골공의 시상봉합 골절/정복술	25	양측 관골공의 대칭이 관찰됨

2) 평균 수술 시간

○ 무작위배정임상 연구

평균 수술시간은 1편의 무작위배정임상 연구(Gong et al., 2017) 에서 평가하였으며 Gong 등 (2017)은 관골 골절 환자에서 무탐침 정위기법을 사용하지 않은 정복술군 대비 무탐침 정위기법을 이용한 정복술군의 평균 수술시간은 각각 390분(240-510), 325분(250-470)으로 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다(p = 0.450). Zhang 등(2018)은 수술전 계획 시간 및 수술 시간을 구분하여 보고하였으며 두 지표 모두 양군에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 31. 관골 골절 환자에서의 평균 수술 시간(무작위배정임상 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분	무탐침군	대조군	p-value
Gong (2017)	ZMC 골절/ 정복술	환자수(명)	39	39	-
		수술 시간(분, 범위)	390분 (240-510)	325분 (250-470)	0.450
Zhang (2018)	ZMC 골절/ 정복술	환자수 (명)	10	10	-
		수술 전 계획(분, (SD))	48.00 (8.31)	46.80 (9.69)	0.78
		수술 시간(분, (SD))	183.70 (25.33)	179.00 (21.15)	0.30

○ 코호트 연구

Yang 등(2019)에서 무탐침군과 대조군의 평균 수술시간을 비교한 결과, 무탐침군을 평균 158.1분, 대조군은 평균 153.0분으로 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 보고하였다($p=0.731$).

3) 재원일수

○ 코호트 연구

Yang 등(2019)은 무탐침군과 대조군의 평균 재원일수가 모두 4.6일로 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.

4) 환자 관련 요인

관골 골절에서 내비게이션 사용과 관련한 환자 관련 요인으로는 증상 호전 및 환자 만족도가 보고되었으며 그 결과는 아래와 같다.

① 증상호전

관골 골절에서의 증상호전은 증례연구 4편(Zhang et al., 2012a; Li et al., 2015, Dai et al., 2018; Khatib et al., 2018)에서 확인할 수 있었다.

○ 증례연구

Zhang 등(2012a)은 ZMC 골절 환자 23명에서 모든 환자가 미용적, 기능적으로 유의한 개선을 보였다고 보고하였으며 Li 등(2015)의 연구에서도 관골궁 골절 환자에서 무탐침 정위기법을 이용하여 수술을 한 결과 환자들은 기능회복이 나타났으며 개구(mouth opening)도 수술 전 대비 수술 후에 개선이 나타났다고 밝혔다. Dai 등(2018)은 관골궁 시상봉합 골절 환자 25명에서 무탐침 정위기법을 이용한 정복술을 수행하였을 때 안면윤곽 회복이 관찰됨을 보고하였고 Khatib 등(2018)의 연구에서 역시 ZMC 골절 환자들이 모두 facial projection이 호전되었으며 수술 후 영양 공급튜브를 제거하였다고 보고하였다.

표 32. 관골 골절 환자에서의 증상호전(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/수술명	환자 수 (명)	연구결과
Zhang (2012a)	ZMC 골절/ 관혈적 정복술	23	모든 환자가 미용적, 기능적 측면에서 유익한 개선을 보임
Li (2015)	관골공 골절/정복술	23	모든 환자에서 기능회복이 나타났으며 개구(mouth opening)는 수술 전 8-25mm에서 수술 후 35-42mm로 개선됨
Dai (2018)	관골공의 시상봉합 골절/정복술	25	안면윤곽 회복이 관찰됨
Khatib (2018)	ZMC 골절/ 정복술, 관혈적 정복술	7	모두 facial projection이 호전되었으며 영양공급튜브(feeding tube)를 떼었음

② 환자 만족도

○ 무작위배정임상 연구

1편의 무작위배정임상 연구에서 환자 만족도를 보고하였다. Gong 등(2017)의 연구에서는 ZMC 골절 수술 6개월 후 대칭성에 대하여 VAS(visual analog scale)을 이용하여 환자 스스로 평가하도록 하였다. 수술 후 대칭성에 대한 만족도는 무탐침군과 대조군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 33. 관골 골절 환자에서의 환자 만족도(무작위배정임상 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분	무탐침군 (n=39)	대조군 (n=39)	p-value
Gong (2017)	ZMC 골절/ 정복술	ZMC 대칭성에 대한 자기평가 (VAS)	9 (8-9)	8 (8-9)	0.328

○ 코호트 연구

1편의 코호트 연구(Yang 등, 2019)에서 보고한 환자의 만족도에 따르면 무탐침군과 대조군의 자기 만족도는 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 34. 관골 골절 환자에서의 환자 만족도(코호트 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분	무탐침군 (n=14) (mean±SD)	대조군 (n=14) (mean±SD)	p-value
Yang (2019)	관골 골절/ 정복술	자기 만족도	8.9±1.1	9.1±0.8	0.847

자기만족도: 최종 추적관찰 시점에서 환자가 스스로가 만족도를 평가함. 1-10점 범위로 10점이 최상의 만족도를 나타냄

2.4. 하악골 골절

하악골 골절 수술에서 무탐침 정위기법의 사용은 무작위배정임상 연구 1편에서 보고되었다. Han 등(2018)은 intracapsular condylar 골절 환자 20명을 대상으로 무탐침 정위기법 이용 유무에 따른 관혈적 정복술의 결과를 비교하였다. 무작위배정은 이루어졌으나 눈가림은 수행되지 않았으며 무탐침군 및 대조군에 각각 10명의 환자가 배정되었다. 주요 지표는 수술 전후의 평균 거리였으며 2차 지표는 해부학적 정복률이었다.

가. 안전성

Han 등(2018)의 연구에서 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 있는 합병증 및 수술 중/후 합병증이 무탐침을 이용한 군과 이용하지 않은 군 모두에서 발생하지 않았다. 세부 연구 결과는 다음과 같다.

표 35. 하악골 골절 환자에서의 수술 중/후 합병증(무작위배정임상 연구)

제1저자 (출판연도)	연구 국가	연구대상 (중재군/대조군)	수술 중/후 합병증
Han (2018)	중국	intracapsular condylar 골절 (무탐침 10명/ 대조군 10명)	- 수술 후 합병증은 두 군 모두에서 발생하지 않음 - 내비게이션 군의 경우 내비게이션 설치와 관련된 부작용(감염, 두개내 손상)이 발생하지 않음

나. 유효성

하악골 골절 환자에서의 무탐침 정위기법 사용의 유효성은 Han 등(2018)의 연구를 근거로 평가하였으며 수술 정확성, 수술성공률을 포함한 수술 관련 요인 및 평균 수술 시간을 보고하였다.

1) 수술 관련 요인

① 수술 정확성

○ 무작위배정임상 연구

Han 등(2018)은 무탐침군과 대조군의 양측 관절 용기까지의 거리를 비교하여 수술 정확성을 평가하였으며 무탐침군은 대조군 대비 관절 용기까지의 거리가 유의하게 감소하였다(0.524 vs. 1.170, $p < 0.001$).

표 36. 하악골 골절 환자에서의 수술 정확성(무작위배정임상 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분	무탐침군 (n=10)	대조군 (n=10)	p-value
Han (2018)	intracapsular condylar 골절/ 관혈적 정복술	양측 관절 용기까지 거리(mm)	0.524(0.381-0.710)	1.170(0.858-1.527)	< 0.001

② 수술성공률

○ 무작위배정임상 연구

Han 등(2018)에서는 해부학적 정복률을 토대로 무탐침 정위기법 사용 유무에 따른 수술성공률의 차이를 확인하였다. 무탐침군에서는 93.8%, 대조군은 88.2%로 통계적 유의성을 제시하지는 않았으나 무탐침군에서 정복률이 더 높은 경향을 보였다.

표 37. 하악골 골절 환자에서의 수술성공률(무작위배정임상 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	연구결과			
		구분	무탐침군 (n=10)	대조군 (n=10)	p-value
Han (2018)	intracapsular condylar 골절/ 관혈적 정복술	해부학적 정복률	93.8%	88.2%	NS

2) 평균 수술 시간

Han 등(2018)의 연구에서 보고한 평균 수술 시간은 무탐침군에서 180.40분, 대조군에서 166.80분으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p = 0.12).

2.5. 비-안와-사골 골절(Nasoethiniodal fracture, NOE 골절)

비-안와-사골 골절 수술에서 무탐침 정위기법 이용의 안전성 및/또는 유효성을 보고한 연구는 증례연구 3편(Zhang et al., 2012a; Heiland et al., 2004; Khatib et al., 2018)이 있었다. Heiland 등(2004)은 무탐침 정위기법을 적용한 종양, 외상, NOE 골절 등을 포함한 20명의 환자에서의 안전성 및 유효성을 확인하였다. 본 연구에서는 NOE 환자 1명에 대한 결과만을 포함하였다. Zhang 등(2012a)와 Khatib 등(2018)의 연구는 앞서 2.2. 상악골 골절에서 보고한 바와 동일하다.

가. 안전성

NOE 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 이용한 연구는 증례연구 2편(Heiland et al., 2004; Khatib et al., 2018)이 있었다. 그러나 Heiland 등(2004)의 연구에서는 안전성 지표를 보고하지 않았으며 Khatib 등(2018)의 연구에서 NOE 골절 4명에 대한 안전성은 <표 14>와 동일하였다.

나. 유효성

비-안와-사골 골절에서의 무탐침 정위기법 사용을 보고한 증례연구 3편(Zhang et al., 2012a; Heiland et al., 2004; Khatib et al., 2018)은 모두 1개 이상의 유효성 지표에 대한 보고를 하였으며 결과는 아래와 같다.

1) 수술관련 요인

① 위치확인 정확성

○ 증례연구

Zhang 등(2012a)의 연구에서 등록 불일치는 1 mm 이하로 비-안와-사골 골절에서의 무탐침 정위기법 사용은 위치확인 정확성이 있음을 확인하였다.

표 38. 비-안와-사골 골절 환자에서의 위치확인 정확성(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	환자수 (명)	연구결과
Zhang(2012a)	NOE 골절/ 관혈적 정복술	5	등록 불일치는 1mm 이하이었음

② 수술 정확성

○ 증례연구

Zhang 등(2012a)의 연구에서 수술 전후의 편차를 확인한 결과 1 mm 이하로 비-안와-사골 골절에서 무탐침 정위기법을 이용하여 수술하는 것은 정확성이 있음을 보고하였다.

표 39. 비-안와-사골 골절 환자에서의 수술 정확성(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	환자수 (명)	연구결과
Zhang(2012a)	NOE 골절/ 관혈적 정복술	5	수술 전후의 편차는 1mm 이하이었음

2) 평균 수술 시간

Heiland 등(2004)에서는 총 20명의 환자 중 NOE 골절 환자는 1명이 있었으며 무탐침군이 대조군보다 전체 수술 시간을 감소시키지는 않았다.

3) 환자 관련 요인

① 증상호전

○ 증례연구

무탐침 정위기법을 이용한 NOE 골절 수술에서의 증상호전은 2편의 증례연구(Khatib et al., 2018; Zhang et al., 2012a)를 근거로 평가하였다. 2편 모두 환자의 증상이 개선되었다고 보고하였다.

표 40. 비-안와-사골 골절 환자에서의 증상호전(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	환자수 (명)	연구결과
Zhang(2012a)	NOE 골절/ 관혈적 정복술	5	모든 환자가 미용적, 기능적 측면에서 개선을 보임
Khatib(2018)	NOE 골절/ 관혈적 정복술	4	모든 facial projection이 호전되었으며 영양공급튜브(feeding tube)를 제거하였음

2.6. 기타 다발골절

기타 다발골절에서는 관골안와상악골 및 안와관골 골절이 포함되었으며 코호트 연구 1편(He et al., 2013), 증례연구 4편(Heiland et al., 2004; Westendorff et al., 2006; Novelli et al., 2012; Yu et al., 2013), 증례보고 1편(Zhang et al., 2012b) 총 6편이 있었다.

He 등(2012)은 64명의 안와관골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법의 적용을 후향적으로 검토하였다. 안와관골 골절 외에 NOE, 상악골, 하악골을 추가적으로 가진 환자가 각각 31(48%), 13(20%), 2(3%)이었다. 무탐침 정위기법과 3D 모델을 사용한 환자는 11명, 전통적 방법을 사용한 환자는 39명, 3D 모델을 이용한 환자는 14명으로 전통적 방법과 3D 모델을 이용한 경우를 대조군으로 고려하여 보고하였다.

Novelli 등(2012)은 안와저파열 골절(2명), 안와관골 골절(4명), 치료하지 않은 안와 골절(1명) 환자 7명에서 무탐침 정위기법을 사용한 결과를 포함하였다. 본 연구에서는 안와관골 골절 환자의 결과를 중심으로 보고하였다. Yu 등(2013)은 104명의 환자(관골안와상악골 골절 환자 34명 포함)에서 무탐침 정위기법의 적용 결과를 보고하였다. Westendorff 등(2006)은 안와관골 골절 환자 5명을 대상으로 CT 기반 무탐침 정위기법을 적용하였다. Heiland 등(2004)의 연구는 2.5. 비-안와-사골 골절에서 보고한 바와 동일하다.

Zhang 등(2012b)의 증례보고에서는 자동차 사고로 인한 관골안와상악골 복잡 골절의 환자에게 무탐침 정위기법을 적용한 결과를 보고하였다. 해당 환자는 안면 비대칭과 복시, 안구함몰 등의 증상을 겪고 있었다.

가. 안전성

관골안와상악골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 이용한 연구 증례연구 1편(Yu et al., 2013)과 증례보고 1편(Zhang et al., 2012b)에서는 모두 심각한 합병증이 발생하지 않았다고 보고하였다. 안와관골 골절 환자를 대상으로 한 증례연구(Westenorff et al., 2006)에서도 수술 후 합병증이 발생하지 않았다고 보고하였다.

표 41. 관골안와상악골 골절 환자에서의 수술 중후 합병증(증례연구, 증례보고)

제1저자 (출판연도)	연구국가	연구대상	수술 중후 합병증
Yu (2013)	중국	관골안와상악골 골절 34명	- 심각한 합병증이 발생하지 않음
Zhang (2012b)	중국	관골안와상악골 복합골절 1명	- 심각한 합병증이 발생하지 않음
Westendorff (2006)	독일	안와관골 골절 5명	- 수술 후 합병증이 발생하지 않음

나. 유효성

관골안와상악골 골절에서 무탐침 정위기법의 유효성을 평가한 연구는 증례연구 1편(Yu et al., 2013) 및 증례보고 1편(Zhang et al., 2012b)이 있었으며 안와관골 골절의 경우에는 코호트 연구 1편(He et al., 2013), 증례연구 2편(Novelli et al., 2012; Heiland et al., 2004)이 있었다.

1) 수술 관련 요인

① 위치확인의 정확성

○ 증례보고

관골안와상악골 골절에서 무탐침 정위기법을 적용한 수술의 위치확인 정확성을 보고한 Zhang 등(2012b)의 증례보고에서는 등록 불일치 값이 0.5 mm 미만이었다.

표 42. 기타 다발골절 환자에서의 위치확인 정확성(증례보고)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	환자수 (명)	연구결과
Zhang(2012b)	관골안와상악골 골절/ 정복술, 안저재건술	1	등록 불일치는 0.5 mm 미만이었음

② 수술 정확성

○ 증례연구

수술성공률은 안와관골 및 관골안와상악골 골절 영역에서 각각 1편의 연구가 있었다. 두 연구에서 모두 수술 전후의 편차가 2 mm 이하였다.

표 43. 기타 다발골절 환자에서의 수술 정확성(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	환자수 (명)	연구결과
Novelli(2012)	안와관골 골절/ 정복술	4	수술 전 계획과 수술 후 위치의 차이는 1 mm 이하였음
Yu(2013)	관골안와상악골 골절	34	수술 전 계획과 수술 후 위치 차이는 1.57 mm(SD 0.29)였음

③ 수술성공률

안와관골 골절 수술에서 무탐침 정위기법 사용에 대한 수술성공률은 1편의 코호트 연구(He et al., 2012)와 1편의 증례연구(Novelli et al., 2012)에서 보고하였으며 이를 근거로 평가하였다.

○ 코호트 연구

He 등(2012)의 연구에서는 안와관골 골절 수술에서 무탐침 정위기법을 사용할 경우, 그렇지 않을 경우보다 수술성공률이 더 높은 경향이 있는 것으로 나타났다. 그러나 통계적 유의성은 확인할 수 없었다.

표 44. 기타 다발골절 환자에서의 수술성공률(코호트 연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	구분	연구결과			p-value
			무탐침군 (n=11)	대조군 (n=53)		
He(2012)	안와관골 골절/ 정복술, 안와재건술	완벽한 관골 정복	무탐침 이용	전통적	3D 모델 이용	NS
			100.0% (11/11)	74.3% (29/39)	85.7% (12/14)	

○ 증례연구

Novelli 등(2012)은 안와관골 골절 환자 4명에서 무탐침 정위기법을 이용하여 수술을 하였을 때 교정결과가 좋았다고 보고하였다.

표 45. 기타 다발골절 환자에서의 수술성공률(증례연구)

제1저자 (출판연도)	연구대상/ 수술명	환자수 (명)	연구결과
Novelli(2012)	안와관골 골절/ 정복술	4	수술 후 교정결과 좋음

2) 평균 수술 시간

Heiland 등(2004)의 연구에서 총 20명의 환자 중 안와관골 골절 환자는 1명 있었으며 무탐침군이 대조군보다 전체 수술 시간을 감소시키지는 않는 것으로 보고하였다.

3) 환자 관련 요인

① 증상호전

○ 증례연구

Yu 등(2013)의 연구에서는 34명의 안와관골상악 골절 환자에서 안면형태의 개선이 있었다고 보고하였다.

IV

요약 및 결론

1. 평가결과 요약

무탐침 정위기법은 해부학적 주요지표를 확인하기 어려운 환자에게 시술부위의 정확한 유도과 병소부위의 정밀한 위치 측정을 가능하게 하는 행위이다. 본 연구는 비골, 상악골 등 골절 부위 수술에 사용되는 무탐침 정위기법의 합리적인 급여기준 설정에 필요한 의학적 근거자료를 마련하고자 수행되었다. 이를 위하여 비골, 상악골 등 골절에 사용되는 무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성에 대한 체계적 문헌고찰을 수행하였으며 총 26편의 문헌을 바탕으로 근거를 평가하였다. 무탐침 정위기법을 이용한 골절 수술은 한국표준질병사인분류(KCD) 6차 개정에 따라 비골, 상악골, 관골, 하악골, 비-안와-사골 골절, 기타 다발골절로 나누어 정리하였다.

무탐침 정위기법을 이용한 비골, 상악골 등 골절수술의 안전성은 수술 중·후 합병증의 발생률을 주요 지표로 설정하고 무탐침 정위기법의 이용과 관련하여 발생 할 수 있는 안전성 결과를 평가하였다. 유효성은 수술 정확성, 위치확인 정확성, 수술성공률, 대칭성, 재수술률, 침습정도를 포함한 수술 관련 요인, 평균 수술 시간, 재원일수, 그리고 증상호전, 삶의 질, 환자 만족도를 포함하는 환자 관련 요인을 주요 지표로 설정하였다. 문헌 검토 결과 수술 관련 요인 중 재수술률 및 침습정도, 그리고 환자 관련 요인 중 삶의 질을 보고한 연구는 없어 이들 지표는 제외되었다.

1.1. 비골 골절

무탐침 정위기법을 이용한 비골 골절 수술에서는 **안전성** 결과를 보고하지 않았다. **유효성**과 관련하여, 해당 연구에서는 비골 골절 환자에게 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 수술은 성공적이었으며 평균 등록시간은 4분이었다고 보고하였다.

1.2. 상악골 골절

상악골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 수행한 문헌은 총 5편(코호트 연구 1편, 증례연구 2편, 증례보고 1편)이 있었다. 그 중 **안전성**은 1개의 문헌에서 보고되었으며 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 있는 안전성은 보고되지 않았으나 뼈의 부정유합, 판의 노출, 두개강내 농양, 소구증 발생을 보고하였다.

유효성과 관련하여 수술 관련 요인 중 무탐침 정위기법의 등록과 관련한 위치확인의 정확성의 경우, 1편의 증례연구에서 등록 불일치 정도가 1 mm 이하임을 보고하였다. 수술 정확성을 보고한 대규모 후향적 코호트 연구에서는 무탐침 정위기법을 사용하는 것이 그렇지 않은 경우보다 수술 정확성이 유의하게 향상됨을 보고하였으며 3편의 비비교 연구에서도 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 수술 전후의 편차가 1 mm 내였다고 보고하였다. 환자 관련 요인 중 증상호전은 코호트 연구 1편과 증례연구 2편에서 확인할 수 있었다. 코호트 연구에서는 대조군 대비 무탐침군에서 교합회복률(good recovery)이 더 높았다고 보고하였으며 증례연구에서는 영양공급 튜브를 제거하거나 미용적, 기능적 측면에서 유의한 개선을 보이는 등의 증상호전이 있었다고 밝혔다.

1.3. 관골 골절

관골 골절 환자를 대상으로 무탐침 정위기법의 적용을 평가한 연구는 무작위배정임상 연구 2편, 코호트 연구 2편, 증례연구 8편, 증례보고 1편으로 총 13편이 있었으며 안전성을 보고한 문헌은 9편이었다. 무작위배정임상시험 2편에서는 무탐침 정위기법과 직접적으로 관련이 있는 합병증이 없었다고 보고하였다. 무작위배정임상시험 1편과 코호트 연구 2편에서 무탐침 정위기법과 직접적으로는 관련이 없는 합병증을 보고하였으나 두 군 간 차이는 유의하지 않았다.

관골 골절 환자에서 무탐침 정위기법의 유효성에 있어서 수술 관련 요인 중 위치확인의 정확성은 증례연구 2편에서 보고하였으며 모두 2 mm 미만이었다. 수술 정확성은 비교연구 3편(무작위배정임상 연구 2편, 코호트 연구 1편), 비비교연구 3편(증례연구 2편, 증례보고 1편)에서 보고하였다. 비비교연구에서는 대체적으로 무탐침 정위기법을 사용하는 것이 그렇지 않은 경우보다 수술 정확성이 유의하게 향상됨을 보고하였으며 비비교연구에서도 수술 전후의 오차가 2 mm 미만으로 수술 정확성이 좋았음을 보고하였다. 수술 성공률은 2편의 증례연구에서 모두 정확한 정복을 확인하였다. 대칭성은 비비교연구 2편(무작위배정임상 연구 1편, 코호트 연구 1편)과 증례연구 4편에서 보고하였다. 비비교연구의 경우, 각 연구에서 사전에 설정한 여러 개의 지표를 토대로 대칭성을 확인하였는데

대부분의 지표에 대하여 무탐침 정위기법을 사용하였을 때가 그렇지 않을 때보다 수술 후의 대칭성이 우수하였다. 증례 연구에서도 이와 유사하게 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 수술 후 대칭성이 확인되었다. 평균 수술 시간은 무작위임상 연구 및 코호트 연구 각 1편에서 확인하였는데, 모두 무탐침 정위기법 사용 유무에 따른 차이가 없었다고 보고하였다. 코호트 연구 1편에서 보고한 재원일수 역시 무탐침 정위기법 사용에 영향을 받지 않았다. 환자 관련 요인 중 증상호전은 4편의 증례연구에서 보고되었으며 ZMC, 관골궁, 관골궁의 시상봉합 등 골절 부위에는 조금씩 차이가 있었으나 모두 증상이 호전되었음을 보고하였다. 환자 만족도의 경우, 이를 보고한 2편의 비교연구(무작위배정임상 연구 및 코호트 연구 각 1편)에서 모두 무탐침 정위기법 사용에 따른 차이는 확인할 수 없었다.

1.4. 하악골 골절

하악골 골절 환자를 대상으로 한 무작위배정임상연구 1편에서 안전성을 보고하였다. 무탐침 정위기법과 직접적인 관련이 있는 합병증 및 수술 중/후 합병증에 있어서 무탐침 정위기법의 사용유무에 따른 차이가 없었다.

하악골 골절에서 무탐침 정위기법의 유효성은 1편의 무작위배정임상 연구를 근거로 평가하였다. 수술 관련 요인으로 수술 정확성 및 수술성공률을 보고하였으며 수술 정확성의 경우, 무탐침 정위기법을 사용하는 것이 그렇지 않은 경우보다 유의한 향상을 나타내었다. 수술성공률은 해부학적 정복률로 확인하였으며 통계적 유의성은 보고하지 않아 정확한 비교는 어려웠으나 무탐침 정위기법을 사용하였을 때가 그렇지 않은 경우보다 높은 경향성이 있었다. 평균 수술 시간은 무탐침 정위기법 사용 유무에 따른 차이가 없었다.

1.5. 비-안와-사골 골절

비-안와-사골 골절에서 무탐침 정위기법의 적용은 증례연구 3편에서 보고되었다. 안전성은 1편의 증례연구에서 보고되었으나 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 있는 안전성은 아니었다.

비-안와-사골 골절에서 무탐침 정위기법의 유효성을 보고한 증례연구 3편 중 1편의 증례연구에서 수술 관련 요인 중 수술 정확성 및 위치확인 정확성을 보고하였으며 두 지표 모두 1 mm 이하이었다. 평균 수술 시간을 보고한 1편의 증례연구에서는 무탐침 정위기법의 사용이 수술 시간을 감소시키지는 않을 것으로 판단하였다. 환자 관련 요인 중 증상호전을 보고한 연구는 2편의 증례연구이었으며 모두 증상이 개선되었다고 밝혔다.

1.6. 기타 다발골절

기타 다발골절에서는 안와관골 골절 및 관골안와상악골 골절을 포함하였다. **관골안와상악골 골절** 환자를 대상으로 무탐침 정위기법을 사용하였을 때 **안전성**과 관련하여, 심각한 이상반응이 발생하지 않았다고 보고하였다. 관골안와상악골 골절에서의 무탐침 정위기법 **유효성**은 비비교연구 2편(증례연구 및 증례보고 각 1편)에서 확인하였으며 위치 확인 정확성 및 수술정확성은 모두 2 mm 미만이었다.

안와관골 골절은 1편의 코호트 연구와 3편의 증례연구를 근거로 해당 골절 부위에서의 무탐침 정위기법의 **유효성**을 평가하였다. 수술 관련 요인 중 위치확인 정확성 및 수술 정확성은 각각 증례연구 1편과 증례연구 2편에서 보고하였는데 모두 2 mm 미만으로 무탐침 정위기법의 정확성을 확인할 수 있었다. 수술성공률은 코호트 연구 및 증례연구 각 1편에서 확인하였다. 코호트 연구에서는 완벽한 관골 정복을 수술성공률 지표로 설정하였으며 무탐침 정위기법을 사용한 경우가 그렇지 않은 경우보다 수술성공률이 더 높은 경향이 있었으나 통계적 유의성은 보고하지 않았다. 증례연구의 경우, 무탐침 정위기법을 사용한 수술의 교정결과가 좋다고 보고하였다. 환자 관련 요인 중 증상호전은 1편의 증례연구에서 보고하였으며 안면형태의 개선이 있었다고 밝혔다.

2. 결론

본 연구에서는 현재까지의 문헌을 토대로 체계적 문헌고찰을 수행하여 비골, 상악골 등의 골절 수술에서 무탐침 정위기법 이용의 안전성과 유효성 결과를 평가하였으며 이를 근거로 소위원회에서는 다음과 같이 제언하였다.

무탐침 정위기법은 비골, 상악골, 관골, 비-안와-사골 골절 및 기타 다발골절(관골안와상악골 골절, 안와관골 골절)에서 사용되고 있었다. 안전성을 보고한 13편의 문헌 중 무탐침 정위기법과 직접적으로 관련된 합병증을 보고한 문헌은 1편이었으며 무탐침군과 대조군 간의 유의한 차이는 없었다. 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 없는 합병증은 발생하지 않았거나 두 군 간 차이가 없었다. 이와 같이 무탐침 정위기법과 직접적인 관련성이 있는 합병증 및 수술 전반의 합병증은 무탐침 정위기법 사용 여부에 따른 차이가 없었기 때문에 소위원회에서는 동 기술에 대하여 안전성이 있음을 확인하였다.

무탐침 정위기법의 유효성은 골절 부위에 따라 근거의 질 및 양에 차이가 있었다. 관골 골절에서 무탐침 정위기법은 위치확인 정확성 및 수술 정확성을 향상시킬 수 있는 유효한 의료기술로 판단되었으며 상악골 골절에서의 무탐침 정위기법의 이용은 관골 골절

보다는 그 근거의 수는 적었으나 대규모 후향적 연구에서 상악골 골절의 주요 유효성 지표인 교합회복이 확인되었기 때문에 수술 관련 지표를 개선시킬 가능성이 있는 유효성이 있는 것으로 판단하였다. 그 외 비골, 하악골, 비-안와-사골 골절, 기타 다발골절은 문헌의 수가 적고 문헌의 질이 낮아 유효성을 확인하기 어렵다는 의견이었다.



참고문헌

- Bao T, Yu D, Luo Q, Wang H, Liu J, Zhu H. Quantitative assessment of symmetry recovery in navigation-assisted surgical reduction of zygomaticomaxillary complex fractures. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2019 Feb 1;47(2):311-9.
- Chen X, Lin Y, Wang C, Shen G, Zhang S, Wang X. A surgical navigation system for oral and maxillofacial surgery and its application in the treatment of old zygomatic fractures. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*. 2011 Mar;7(1):42-50.
- Dai JH, Xu DD, Yang CY, Li ZB, Li Z. Treatment of sagittal fracture of the zygomatic arch root assisted by surgical navigation technology. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2018 Jun 1;29(4):1031-3.
- Gander T, Blumer M, Rostetter C, Wagner M, Zweifel D, Schumann P, Wiedemeier DB, Rücker M, Essig H. Intraoperative 3-dimensional cone beam computed tomographic imaging during reconstruction of the zygoma and orbit. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. 2018 Aug 1;126(2):192-7.
- Gong X, He Y, An J, Yang Y, Huang X, Liu M, Zhao Y, Zhang Y. Application of a computer-assisted navigation system (CANS) in the delayed treatment of zygomatic fractures: a randomized controlled trial. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2017 Jul 1;75(7):1450-63.
- Han C, Dilxat D, Zhang X, Li H, Chen J, Liu L. Does Intraoperative Navigation Improve the Anatomical Reduction of Intracapsular Condylar Fractures?. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2018 Dec 1;76(12):2583-91.
- He D, Li Z, Shi W, Sun Y, Zhu H, Lin M, Shen G, Fan X. Orbitozygomatic fractures with enophthalmos: analysis of 64 cases treated late. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2012 Mar 1;70(3):562-76.
- He Y, Zhang Y, An JG, Gong X, Feng ZQ, Guo CB. Zygomatic surface marker-assisted surgical navigation: a new computer-assisted navigation method for accurate treatment of delayed zygomatic fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2013 Dec 1;71(12):2101-14.
- Heiland M, Habermann CR, Schmelzle R. Indications and limitations of intraoperative navigation in maxillofacial surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2004 Sep 1;62(9):1059-63.

- Khatib B, Cuddy K, Cheng A, Patel A, Sim F, Amundson M, Gelesko S, Bui T, Dierks EJ, Bell RB. Functional anatomic computer engineered surgery protocol for the management of self-inflicted gunshot wounds to the maxillofacial skeleton. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2018 Mar 1;76(3):580-94.
- Klug C, Schicho K, Ploder O, Yerit K, Watzinger F, Ewers R, Baumann A, Wagner A. Point-to-point computer-assisted navigation for precise transfer of planned zygoma osteotomies from the stereolithographic model into reality. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2006 Mar 1;64(3):550-9.
- Li Z, Yang RT, Li ZB. Applications of computer-assisted navigation for the minimally invasive reduction of isolated zygomatic arch fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2015 Sep 1;73(9):1778-89.
- Lübbers HT, Jacobsen C, Matthews F, Grätz KW, Kruse A, Obwegeser JA. Surgical navigation in craniomaxillofacial surgery: expensive toy or useful tool? A classification of different indications. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2011 Jan 1;69(1):300-8.
- Nguyen A, Vanderbeek C, Herford AS, Thakker JS. Use of Virtual Surgical Planning and Virtual Dataset With Intraoperative Navigation to Guide Revision of Complex Facial Fractures: A Case Report. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2019 Apr 1;77(4):790-e1.
- No G, Tonellini G, Mazzoleni F, Sozzi D, Bozzetti A. Surgical navigation recording systems in orbitozygomatic traumatology. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2012 May 1;23(3):890-2.
- Ogino A, Onishi K, Maruyama Y. Intraoperative repositioning assessment using navigation system in zygomatic fracture. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2009 Jul 1;20(4):1061-5.
- Ogino A, Onishi K, Nakamichi M, Okaneya T. Navigation-Assisted Nasal Bone Osteotomy for Malunited Fracture. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2018 Jan 1;29(1):156-8.
- Westendorff C, Gülicher D, Dammann F, Reinert S, Hoffmann J. Computer-assisted surgical treatment of orbitozygomatic fractures. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2006 Sep 1;17(5):837-42.
- Yang C, Lee MC, Pan CH, Chen CH, Chen CT. Application of Computer-Assisted Navigation System in Acute Zygomatic Fractures. *Annals of plastic surgery*. 2019 Jan 1;82(1S):S53-8.
- Yu H, Shen SG, Wang X, Zhang L, Zhang S. The indication and application of computer-assisted navigation in oral and maxillofacial surgery—Shanghai's experience based on 104 cases. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2013 Dec 1;41(8):770-4.
- Zeng W, Lian X, Chen G, Ju R, Tian W, Tang W. Digital Diagnosis and Treatment Program for Maxillofacial Fractures: A Retrospective Analysis of 626 Cases. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2018 Jul 1;76(7):1470-8.
- Zhang S, Gui H, Lin Y, Shen G, Xu B. Navigation-guided correction of midfacial post-traumatic deformities (Shanghai experience with 40 cases). *Journal of Oral*

and Maxillofacial Surgery. 2012 Jun 1;70(6):1426-33.

Zhang W, Wang C, Shen G, Wang X, Cai M, Gui H, Liu Y, Yang D. A novel device for preoperative registration and automatic tracking in cranio-maxillofacial image guided surgery. *Computer Aided Surgery*. 2012 Sep 1;17(5):259-67.

Zhang X, Ye L, Li H, Wang Y, Dilxat D, Liu W, Chen Y, Liu L. Surgical navigation improves reductions accuracy of unilateral complicated zygomaticomaxillary complex fractures: a randomized controlled trial. *Scientific reports*. 2018 May 2;8(1):6890.

VI

부록

1. 소위원회

무탐침 정위기법의 안전성 및 유효성 평가(비골, 상악골 등 골절수술) 소위원회는 신의료기술평가 전문평가위원회 명단에서 무작위로 선정한 전문가와 해당 학회에서 추천을 받은 전문가로 구성하였다. 9인이 선정되었으나 4차 소위원회까지 최소 1회 이상 참여한 7인(이비인후과 2인, 구강악안면외과 1인, 영상외학과 1인, 영상치의학과 1인, 구강악안면외과 1인, 근거중심의학 1인)을 최종 소위원회 위원으로 선정하였으며 소위원회 활동 현황은 다음과 같다.

1.1. 제1차 소위원회

- 회의일시: 2019년 1월 24일
- 회의내용: 핵심질문 및 PICO 등 연구범위 확정

1.2. 제2차 소위원회

- 회의일시: 2019년 3월 7일
- 회의내용: 문헌 선택배제 논의 및 자료추출 형식 확정

1.3. 제3차 소위원회

- 회의일시: 2019년 4월 30일
- 회의내용: 최종 선택문헌 확정, 질평가 결과 및 자료합성 방법 논의

1.4. 제4차 소위원회

- 회의일시: 2019년 5월 23일
- 회의내용: 자료합성 결과 보고 및 결론 논의

2. 문헌 검색 전략

2.1. 국외 데이터베이스

2.1.1. Ovid MEDLINE(Ovid MEDLINE(R) In-Process & Other Non-Indexed Citations 1946 to Present) <검색일: 2019. 02. 08.>

구분	연번	검색어	검색결과
P	1	naso*.mp.	63203
	2	nasal.mp.	121107
	3	nose.mp.	64780
	4	maxill*.mp.	109469
	5	zygoma*.mp.	7854
	6	condyl*.mp.	29806
	7	mandib*.mp.	111685
	8	temporomandibular joint.mp.	26170
	9	or/1-8	417738
	10	fractur*.mp.	288225
P 종합	11	9 and 10	23582
I	12	exp Surgery, Computer-Assisted/	20315
	13	navigat\$5.mp.	34373
	14	image guid\$4 surg\$5.mp.	1376
	15	image assist* surg\$5.mp.	10
	16	comput\$2 guid\$4 surg\$5.mp.	85
	17	comput\$2 assist* surg\$5.mp.	1335
	18	comput\$2 aided surg\$5.mp.	333
	19	3D.mp. or exp Imaging, Three-Dimensional/	179631
	20	exp COMPUTER SIMULATION/	215957
	21	virtual surg*.mp.	760
	I 종합	22	or/12-21
P & I	23	11 and 22	887
연도제한	24	limit 23 to yr="2000-current"	828

2.1.2. Ovid-Embase(1974 to 2019 February 07) <검색일: 2019. 02. 08.>

구분	연번	검색어	검색결과
P	1	naso*.mp.	86136
	2	nasal.mp.	137905
	3	nose.mp.	140554

	4	maxill*.mp.	114872
	5	zygoma*.mp.	8464
	6	condyl*.mp.	39203
	7	mandib*.mp.	105313
	8	temporomandibular joint.mp.	24818
	9	or/1-8	488567
	10	fractur*.mp.	353459
P 종합	11	9 and 10	25863
I	12	exp Surgery, Computer-Assisted/ navigat\$5.mp.	11345
	13	image guid\$4 surg\$5.mp.	45815
	14	image assist* surg\$5.mp.	2245
	15	comput\$2 guid\$4 surg\$5.mp.	9
	16	comput\$2 assist* surg\$5.mp.	94
	17	comput\$2 aided surg\$5.mp.	9644
	18	3D.mp. or exp Imaging, Three-Dimensional/ exp COMPUTER SIMULATION/ virtual surg*.mp.	520
	19		233239
	20		109365
	21		1010
	I 종합	22	or/12-21
P & I	23	11 and 22	1115
연도제한	24	limit 23 to yr="2000-current"	1054

2.1.3. Cochrane Library <검색일: 2019. 01. 15.>

구분	연번	검색어	검색결과
P	1	naso*:ti,ab,kw	6249
	2	nasal:ti,ab,kw	13711
	3	nose:ti,ab,kw	5364
	4	maxill*:ti,ab,kw	4960
	5	zygoma*:ti,ab,kw	171
	6	condyl*:ti,ab,kw	1102
	7	mandib*:ti,ab,kw	4978
	8	temporomandibular joint:ti,ab,kw	1050
	9	#1 or #2 or #3 or #4 or #5 or #6 or #7 or #8	30871
	10	fractur*:ti,ab,kw	15739
P 종합	11	#9 and #10	889
I	12	MeSH descriptor: [Surgery, Computer-Assisted] explode all trees	801
	13	navigat*:ti,ab,kw	2168
	14	image (guid* or assist*):ti,ab,kw	5738
	15	comput* (guid* or assist* or aided):ti,ab,kw	20785

	16	MeSH descriptor: [Imaging, Three-Dimensional] explode all trees	1170
	17	MeSH descriptor: [Computer Simulation] explode all trees	1548
	18	virtual surg*:ti,ab,kw	731
I 종합	19	#12 or #13 or #14 or #15 or #16 or #17 or #18	25809
P & I	20	#11 and #19	54
연도제한	21	#20 with Cochrane Library publication date from Jan 2000 to Jan 2019	54

2.2. 국내 데이터베이스

2.2.1. KoreaMed <검색일자: 2019. 02. 19.>

#	Searches	KoreaMed
1	nasal [ALL] AND fracture [ALL] AND [ALL] (navigation [ALL] OR image [ALL] OR computer [ALL])	5
2	maxilla [ALL] AND fracture [ALL] AND (navigation [ALL] OR image [ALL] OR computer [ALL])	1
3	zygoma [ALL] AND fracture [ALL] AND (navigation [ALL] OR image [ALL] OR computer [ALL])	2
4	condyle [ALL] AND fracture [ALL] AND (navigation [ALL] OR image [ALL] OR computer [ALL])	7
5	mandible [ALL] AND fracture [ALL] AND (navigation [ALL] OR image [ALL] OR computer [ALL])	5

2.2.2. RISS <검색일자: 2019. 02. 19.>

#	Searches	RISS
1	비골 AND 골절 AND 영상	6
2	비골 AND 골절 AND 내비게이션	0
3	비골 AND 골절 AND 네비게이션	0
4	비골 AND 골절 AND 항법	0
5	비골 AND 골절 AND 컴퓨터	4
6	비골 AND 골절 AND 가상수술	0
7	상악골 AND 골절 AND 영상	1
8	상악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
9	상악골 AND 골절 AND 네비게이션	0
10	상악골 AND 골절 AND 항법	0
11	상악골 AND 골절 AND 컴퓨터	1
12	상악골 AND 골절 AND 가상수술	0
13	관골 AND 골절 AND 영상	5
14	관골 AND 골절 AND 내비게이션	0
15	관골 AND 골절 AND 네비게이션	0
16	관골 AND 골절 AND 항법	0
17	관골 AND 골절 AND 컴퓨터	1
18	관골 AND 골절 AND 가상수술	0
19	협골 AND 골절 AND 영상	0
20	협골 AND 골절 AND 내비게이션	0

21	협골 AND 골절 AND 내비게이션	0
22	협골 AND 골절 AND 항법	0
23	협골 AND 골절 AND 컴퓨터	0
24	협골 AND 골절 AND 가상수술	0
25	하악골 AND 골절 AND 영상	2
26	하악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
27	하악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
28	하악골 AND 골절 AND 항법	0
29	하악골 AND 골절 AND 컴퓨터	1
30	하악골 AND 골절 AND 가상수술	0
31	코 AND 골절 AND 영상	4
32	코 AND 골절 AND 내비게이션	0
33	코 AND 골절 AND 내비게이션	1
34	코 AND 골절 AND 항법	0
35	코 AND 골절 AND 컴퓨터	3
36	코 AND 골절 AND 가상수술	0
37	턱 AND 골절 AND 영상	0
38	턱 AND 골절 AND 내비게이션	0
39	턱 AND 골절 AND 내비게이션	0
40	턱 AND 골절 AND 항법	0
41	턱 AND 골절 AND 컴퓨터	0
42	턱 AND 골절 AND 가상수술	0
43	nasal AND fracture AND navigation	0
44	nasal AND fracture AND image	18
45	nasal AND fracture AND computer	6
46	maxilla AND fracture AND navigation	0
47	maxilla AND fracture AND image	10
48	maxilla AND fracture AND computer	4
49	zygoma AND fracture AND navigation	0
50	zygoma AND fracture AND image	12
51	zygoma AND fracture AND computer	3
52	condyle AND fracture AND navigation	0
53	condyle AND fracture AND image	9
54	condyle AND fracture AND computer	1
55	mandible AND fracture AND navigation	0
56	mandible AND fracture AND image	9
57	mandible AND fracture AND computer	1

2.2.3. KISS <검색일자: 2019. 02. 19.>

#	Searches	KISS
1	비골 AND 골절 AND 영상	4
2	비골 AND 골절 AND 내비게이션	0
3	비골 AND 골절 AND 네비게이션	0
4	비골 AND 골절 AND 항법	0
5	비골 AND 골절 AND 컴퓨터	5
6	비골 AND 골절 AND 가상수술	1
7	상악골 AND 골절 AND 영상	0
8	상악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
9	상악골 AND 골절 AND 네비게이션	0
10	상악골 AND 골절 AND 항법	0
11	상악골 AND 골절 AND 컴퓨터	0
12	상악골 AND 골절 AND 가상수술	0
13	관골 AND 골절 AND 영상	3
14	관골 AND 골절 AND 내비게이션	0
15	관골 AND 골절 AND 네비게이션	0
16	관골 AND 골절 AND 항법	0
17	관골 AND 골절 AND 컴퓨터	0
18	관골 AND 골절 AND 가상수술	0
19	협골 AND 골절 AND 영상	0
20	협골 AND 골절 AND 내비게이션	0
21	협골 AND 골절 AND 네비게이션	0
22	협골 AND 골절 AND 항법	0
23	협골 AND 골절 AND 컴퓨터	0
24	협골 AND 골절 AND 가상수술	0
25	하악골 AND 골절 AND 영상	1
26	하악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
27	하악골 AND 골절 AND 네비게이션	0
28	하악골 AND 골절 AND 항법	0
29	하악골 AND 골절 AND 컴퓨터	1
30	하악골 AND 골절 AND 가상수술	1
31	코 AND 골절 AND 영상	1
32	코 AND 골절 AND 내비게이션	0
33	코 AND 골절 AND 네비게이션	0
34	코 AND 골절 AND 항법	0
35	코 AND 골절 AND 컴퓨터	1
36	코 AND 골절 AND 가상수술	0
37	턱 AND 골절 AND 영상	0

38	턱 AND 골절 AND 내비게이션	0
39	턱 AND 골절 AND 네비게이션	0
40	턱 AND 골절 AND 항법	0
41	턱 AND 골절 AND 컴퓨터	0
42	턱 AND 골절 AND 가상수술	0
43	nasal AND fracture AND navigation	0
44	nasal AND fracture AND image	4
45	nasal AND fracture AND computer	3
46	maxilla AND fracture AND navigation	0
47	maxilla AND fracture AND image	10
48	maxilla AND fracture AND computer	2
49	zygoma AND fracture AND navigation	0
50	zygoma AND fracture AND image	5
51	zygoma AND fracture AND computer	0
52	condyle AND fracture AND navigation	0
53	condyle AND fracture AND image	12
54	condyle AND fracture AND computer	1
55	mandible AND fracture AND navigation	0
56	mandible AND fracture AND image	5
57	mandible AND fracture AND computer	2

2.2.4. KMBASE <검색일자: 2019. 02. 19.>

#	Searches	KISS
1	비골 AND 골절 AND 영상	6
2	비골 AND 골절 AND 내비게이션	0
3	비골 AND 골절 AND 네비게이션	0
4	비골 AND 골절 AND 항법	0
5	비골 AND 골절 AND 컴퓨터	4
6	비골 AND 골절 AND 가상수술	0
7	상악골 AND 골절 AND 영상	1
8	상악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
9	상악골 AND 골절 AND 네비게이션	0
10	상악골 AND 골절 AND 항법	0
11	상악골 AND 골절 AND 컴퓨터	1
12	상악골 AND 골절 AND 가상수술	0
13	관골 AND 골절 AND 영상	5
14	관골 AND 골절 AND 내비게이션	0

15	관골 AND 골절 AND 내비게이션	0
16	관골 AND 골절 AND 항법	0
17	관골 AND 골절 AND 컴퓨터	1
18	관골 AND 골절 AND 가상수술	0
19	협골 AND 골절 AND 영상	0
20	협골 AND 골절 AND 내비게이션	0
21	협골 AND 골절 AND 내비게이션	0
22	협골 AND 골절 AND 항법	0
23	협골 AND 골절 AND 컴퓨터	0
24	협골 AND 골절 AND 가상수술	0
25	하악골 AND 골절 AND 영상	2
26	하악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
27	하악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
28	하악골 AND 골절 AND 항법	0
29	하악골 AND 골절 AND 컴퓨터	1
30	하악골 AND 골절 AND 가상수술	0
31	코 AND 골절 AND 영상	4
32	코 AND 골절 AND 내비게이션	0
33	코 AND 골절 AND 내비게이션	1
34	코 AND 골절 AND 항법	0
35	코 AND 골절 AND 컴퓨터	3
36	코 AND 골절 AND 가상수술	0
37	턱 AND 골절 AND 영상	0
38	턱 AND 골절 AND 내비게이션	0
39	턱 AND 골절 AND 내비게이션	0
40	턱 AND 골절 AND 항법	0
41	턱 AND 골절 AND 컴퓨터	0
42	턱 AND 골절 AND 가상수술	0
43	nasal AND fracture AND navigation	0
44	nasal AND fracture AND image	18
45	nasal AND fracture AND computer	6
46	maxilla AND fracture AND navigation	0
47	maxilla AND fracture AND image	10
48	maxilla AND fracture AND computer	4
49	zygoma AND fracture AND navigation	0
50	zygoma AND fracture AND image	12
51	zygoma AND fracture AND computer	3
52	condyle AND fracture AND navigation	0
53	condyle AND fracture AND image	9

54	condyle AND fracture AND computer	1
55	mandible AND fracture AND navigation	0
56	mandible AND fracture AND image	9
57	mandible AND fracture AND computer	1

2.2.5. NDSL <검색일자: 2019. 02. 19.>

#	Searches	KISS
1	비골 AND 골절 AND 영상	6
2	비골 AND 골절 AND 내비게이션	0
3	비골 AND 골절 AND 네비게이션	0
4	비골 AND 골절 AND 항법	0
5	비골 AND 골절 AND 컴퓨터	3
6	비골 AND 골절 AND 가상수술	0
7	상악골 AND 골절 AND 영상	1
8	상악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
9	상악골 AND 골절 AND 네비게이션	0
10	상악골 AND 골절 AND 항법	0
11	상악골 AND 골절 AND 컴퓨터	0
12	상악골 AND 골절 AND 가상수술	0
13	관골 AND 골절 AND 영상	0
14	관골 AND 골절 AND 내비게이션	0
15	관골 AND 골절 AND 네비게이션	0
16	관골 AND 골절 AND 항법	0
17	관골 AND 골절 AND 컴퓨터	0
18	관골 AND 골절 AND 가상수술	0
19	협골 AND 골절 AND 영상	0
20	협골 AND 골절 AND 내비게이션	0
21	협골 AND 골절 AND 네비게이션	0
22	협골 AND 골절 AND 항법	0
23	협골 AND 골절 AND 컴퓨터	0
24	협골 AND 골절 AND 가상수술	0
25	하악골 AND 골절 AND 영상	8
26	하악골 AND 골절 AND 내비게이션	0
27	하악골 AND 골절 AND 네비게이션	0
28	하악골 AND 골절 AND 항법	0
29	하악골 AND 골절 AND 컴퓨터	2
30	하악골 AND 골절 AND 가상수술	0

31	코 AND 골절 AND 영상	1
32	코 AND 골절 AND 내비게이션	0
33	코 AND 골절 AND 내비게이션	0
34	코 AND 골절 AND 항법	0
35	코 AND 골절 AND 컴퓨터	0
36	코 AND 골절 AND 가상수술	0
37	턱 AND 골절 AND 영상	0
38	턱 AND 골절 AND 내비게이션	0
39	턱 AND 골절 AND 내비게이션	0
40	턱 AND 골절 AND 항법	0
41	턱 AND 골절 AND 컴퓨터	0
42	턱 AND 골절 AND 가상수술	0
43	nasal AND fracture AND navigation	0
44	nasal AND fracture AND image	14
45	nasal AND fracture AND computer	0
46	maxilla AND fracture AND navigation	0
47	maxilla AND fracture AND image	1
48	maxilla AND fracture AND computer	0
49	zygoma AND fracture AND navigation	0
50	zygoma AND fracture AND image	2
51	zygoma AND fracture AND computer	0
52	condyle AND fracture AND navigation	0
53	condyle AND fracture AND image	10
54	condyle AND fracture AND computer	0
55	mandible AND fracture AND navigation	0
56	mandible AND fracture AND image	6
57	mandible AND fracture AND computer	1

3. 최종 선택 문헌

연번	1저자	제목	서지정보
1	Bao	Quantitative assessment of symmetry recovery in navigation-assisted surgical reduction of zygomaticomaxillary complex fractures.	Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. 2019 Feb 1;47(2):311-9.
2	Chen	A surgical navigation system for oral and maxillofacial surgery and its application in the treatment of old zygomatic fractures.	The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery. 2011 Mar;7(1):42-50.
3	Dai	Treatment of sagittal fracture of the zygomatic arch root assisted by surgical navigation technology.	Journal of Craniofacial Surgery. 2018 Jun 1;29(4):1031-3.
4	Gander	Intraoperative 3-dimensional cone beam computed tomographic imaging during reconstruction of the zygoma and orbit.	Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology. 2018 Aug 1;126(2):192-7
5	Gong	Application of a computer-assisted navigation system (CANS) in the delayed treatment of zygomatic fractures: a randomized controlled trial.	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2017 Jul 1;75(7):1450-63.
6	Han	Does Intraoperative Navigation Improve the Anatomical Reduction of Intracapsular Condylar Fractures?	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2018 Dec 1;76(12):2583-91.
7	He	Orbitozygomatic fractures with enophthalmos: analysis of 64 cases treated late.	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2012 Mar 1;70(3):562-76.
8	He	Zygomatic surface marker-assisted surgical navigation: a new computer-assisted navigation method for accurate treatment of delayed zygomatic fractures.	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2013 Dec 1;71(12):2101-14.

연번	1저자	제목	서지정보
9	Heiland	Indications and limitations of intraoperative navigation in maxillofacial surgery.	Journal of oral and maxillofacial surgery. 2004 Sep 1:62(9):1059-63.
10	Khatib	Functional anatomic computer engineered surgery protocol for the management of self-inflicted gunshot wounds to the maxillofacial skeleton.	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2018 Mar 1:76(3):580-94.
11	Klug	Point-to-point computer-assisted navigation for precise transfer of planned zygoma osteotomies from the stereolithographic model into reality.	Journal of oral and maxillofacial surgery. 2006 Mar 1:64(3):550-9.
12	Li	Applications of computer-assisted navigation for the minimally invasive reduction of isolated zygomatic arch fractures.	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2015 Sep 1:73(9):1778-89.
13	Lübbers	Surgical navigation in craniomaxillofacial surgery: expensive toy or useful tool? A classification of different indications.	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2011 Jan 1:69(1):300-8.
14	Nguyen	Use of Virtual Surgical Planning and Virtual Dataset With Intraoperative Navigation to Guide Revision of Complex Facial Fractures: A Case Report.	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2019 Apr 1:77(4):790-e1
15	Novelli	A. Surgical navigation recording systems in orbitozygomatic traumatology.	Journal of Craniofacial Surgery. 2012 May 1:23(3):890-2.
16	Ogino	Intraoperative repositioning assessment using navigation system in zygomatic fracture.	Journal of Craniofacial Surgery. 2009 Jul 1:20(4):1061-5
17	Ogino	Navigation-Assisted Nasal Bone Osteotomy for Malunited Fracture.	Journal of Craniofacial Surgery. 2018 Jan 1:29(1):156-8.

연번	1저자	제목	서지정보
18	Westendorff	Computer-assisted surgical treatment of orbitozygomatic fractures.	Journal of Craniofacial Surgery. 2006 Sep 1;17(5):837-42
19	Yang	Application of Computer-Assisted Navigation System in Acute Zygomatic Fractures.	Annals of plastic surgery. 2019 Jan 1;82(1S):S53-8.
20	Yu	The indication and application of computer-assisted navigation in oral and maxillofacial surgery—Shanghai's experience based on 104 cases.	Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. 2013 Dec 1;41(8):770-4.
21	Zeng	Digital Diagnosis and Treatment Program for Maxillofacial Fractures: A Retrospective Analysis of 626 Cases.	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2018 Jul 1;76(7):1470-8
22	Zhang	Navigation-guided correction of midfacial post-traumatic deformities (Shanghai experience with 40 cases).	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2012 Jun 1;70(6):1426-33.
23	Zhang	A novel device for preoperative registration and automatic tracking in cranio-maxillofacial image guided surgery.	Computer Aided Surgery. 2012 Sep
24	Zhang	Surgical navigation improves reductions accuracy of unilateral complicated zygomaticomaxillary complex fractures: a randomized controlled trial.	Scientific reports. 2018 1;17(5):259-67 May 2;8(1):6890.



발행일 2019. 10. 31.

발행인 이영성

발행처 한국보건의료연구원

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

ISBN : 978-89-6834-578-4

