Journal of Korean Medicine Rehabilitation Vol. 36 No. 4, October 2026
pISSN 1229-1854 eISSN 2288-4114
https://doi.org/10.18325/jkmr.2026.36.4.163

JKMR
Review Article

기능적 하지길이 차이의 평가방법과 수치기준: 스코핑 리뷰

이정경*,† · 신봉진*,† · 한재진*,† · 신병철*,†
부산대학교 한방병원 한방재활의학과*, 부산대학교 한의학전문대학원†

Assessment Methods and Reported Threshold Values for Functional Leg-Length Discrepancy: A Scoping Review

Jung-Gyung Lee, K.M.D.*,†, Bong-Jin Shin, K.M.D.*,†, Jae-Jin Han, K.M.D.*,†, Byung-Cheul Shin, K.M.D., Ph.D.*,†
Department of Korean Medicine Rehabilitation, Pusan National University Korean Medicine Hospital*, School of Korean Medicine, Pusan National University†

Objectives This scoping review examined how functional leg-length discrepancy (FLLD) has been assessed, what threshold values have been used across different assessment methods and conditions, and the available evidence on measurement properties.
Methods Eight databases were searched through July 8, 2026. Original studies evaluating clinically identified FLLD or comparable functional leg-length asymmetry were included. Data on assessment methods, measurement targets, position, weight-bearing status, threshold values, purposes of use, and measurement properties were descriptively summarized.
Results Thirty-one studies involving 1,272 participants were included. Tape-measure methods and manual leg checks were mainly performed under non-weight-bearing conditions, whereas standing pelvic-leveling and imaging-based assessments were mainly performed under weight-bearing conditions. Threshold values varied by method: approximately 3 mm was repeatedly used for non-weight-bearing supine manual leg checks, 5 to 10 mm for anterior superior iliac spine-to-medial malleolus measurements, and approximately 5 mm for weight-bearing standing pelvic-leveling. Evidence on reliability, validity, and intermethod agreement was limited.
Conclusions FLLD assessment methods, conditions, and threshold values varied across studies. Threshold values should be interpreted in relation to the specific assessment method and measurement condition. Given the limited evidence on reliability, validity, and agreement, further studies should standardize assessment procedures and evaluate the clinical relevance of method-specific threshold values.
(J Korean Med Rehabil 2026;36(4):163-178)

Key words Leg length inequality, Diagnostic techniques and procedures, Scoping review

This work was supported by clinical research grant from Pusan National University Hospital in 2026.

RECEIVED September 18, 2026
REVISED September 28, 2026
ACCEPTED October 2, 2026

CORRESPONDING TO
Byung-Cheul Shin, Department of Korean Medicine Rehabilitation, Pusan National University Korean Medicine Hospital, 20 Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan 50612, Korea

TEL (055) 360-5945
FAX (055) 360-5559
E-mail drshinbc@pusan.ac.kr

Copyright © 2026 The Society of Korean Medicine Rehabilitation

서론»»»»

하지길이 차이(leg-length discrepancy, LLD)는 양측 하지의 길이 차이로, 일반적으로 구조적 LLD와 기능적 LLD로 구분된다. 구조적 LLD는 대퇴골이나 경골 등 골성 구조의 실제 길이 차이에서 비롯된다[1,2]. 기능적 하지길이 차이(functional leg-length discrepancy, FLLD)는 골반 정렬, 관절 구축 및 연부조직의 상태 등에 의해 양측 하지의 길이가 상대적으로 다르게 나타나는 상태

를 의미한다. 이러한 비대칭은 평가 자세와 체중부하 조건에 영향을 받을 수 있다[3].

하지길이 차이의 평가에는 줄자 측정이나 기립 블록 검사와 같은 임상적 방법과 방사선 · 영상검사를 이용한 방법이 사용되어 왔다[3,4]. LLD 전반을 다룬 체계적 문헌고찰에서는 임상적 평가에서는 기립 블록검사, 해부학적 LLD 측정에서는 기립위 방사선검사가 타당도와 신뢰도가 높은 방법으로 제시되었다[3]. 다만 이러한 근거를 FLLD 평가에 적용할 때에는 각 방법의 측정대상과 평가조건을 고려해야 한다. 수기 하지길이 비교검사에서는 앙와위와 복와위 검사 간 낮은 일치도가 보고되어, 서로 다른 자세에서 얻은 평가결과를 동일하게 해석하기 어렵다는 점이 제기되었다[5]. 따라서 FLLD 평가방법을 비교할 때에는 검사방법의 명칭뿐 아니라 실제 측정지표, 해부학적 기준점, 평가 자세 및 체중부하 조건을 함께 확인할 필요가 있다.

기능적 하지길이 평가는 추나요법의 골반변위 평가에서도 활용되고 있다. 추나요법은 한의사가 손이나 신체 일부 또는 보조기구를 이용하여 근골격계 질환을 치료하는 한의 수기요법으로, 최근 다기관 임상시험 프로토콜에서는 골반의 생체역학적 병변을 평가하기 위한 수기검사에 기능적 하지길이 분석검사를 포함하였다[6]. 추나치료에 적용된 골반변위 진단법을 검토한 체계적 문헌고찰에서도 포함된 임상연구의 수기검사 가운데 하지길이 차이 검사(leg length insufficiency test)가 가장 빈번하게 사용된 수기 평가방법으로 보고되었다[7]. 그러나 기존 고찰은 LLD 전반의 검사 특성을 다루거나[3,4] 추나치료에 적용된 골반변위 진단방법을 검토하는 데 초점을 두어[7], FLLD 연구에서 실제 사용된 평가방법과 측정조건, 수치기준의 적용 목적 및 설정 근거를 함께 파악하는 데에는 한계가 있다. 특히 어느 정도의 하지길이 차이를 임상적으로 의미 있는 FLLD로 볼 것인지 판단하기 위해서는, 기존 연구에서 사용된 수치 자체뿐 아니라 해당 수치가 어떠한 평가방법과 측정조건에서 적용되었으며 어떠한 근거로 설정되었는지를 함께 검토할 필요가 있다.

이에 본 연구는 스코핑 리뷰를 통해 국내외 문헌에 보고된 FLLD 평가방법을 확인하고, 이를 평가 자세, 체중부하 여부 및 해부학적 기준점에 따라 체계적으로 분류하고자 하였다. 또한 각 연구에서 실제 적용된 수치기준과 그 활용 목적 및 설정 근거, 평가방법의 신뢰도 · 타당도 및 방법 간 일치도에 관한 근거를 종합하여, FLLD 판정에 참고할 수 있는 평가방법별 수치범위를 제시하기 위한 근거를 마련하고자 하였다.

대상 및 방법»»»

본 연구는 Arksey 등[8]이 제시한 스코핑 리뷰 방법론을 바탕으로 수행하였으며, 연구질문과 선정기준은 Joanna Briggs Institute에서 권고하는 population, concept, context 체계에 따라 구성하였다[9]. 연구 과정과 결과의 보고는 preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses extension for scoping reviews (PRISMA-ScR) 지침에 따라 작성하였다[10].

1. 1단계 연구 질문 설정

본 연구의 population은 건강인과 근골격계 질환자를 포함하여 기능적 하지길이 차이(FLLD)를 평가받은 사람으로 설정하였다. Concept는 FLLD의 평가방법과 평가조건, 연구에서 실제 적용된 수치적 기준과 그 활용 목적 및 설정 근거, 평가방법의 신뢰도 · 타당도 · 방법 간 일치도로 설정하였다. Context는 FLLD가 평가되는 임상 및 연구 환경으로 설정하였다.

이에 따른 주 연구질문은 “사람을 대상으로 한 연구에서 FLLD는 어떠한 방법과 조건으로 평가되었으며, 어떠한 수치적 기준과 측정 근거가 적용 또는 보고되었는가?”로 설정하였다. 세부적으로는 1) FLLD 평가에 사용된 방법과 평가 자세 및 체중부하 조건, 2) 연구에서 실제 적용된 수치적 기준과 그 활용 목적 및 설정 근거, 3) FLLD와 관련 변수의 상관성 또는 집단 간 차이와 중재 전후 변화, 4) 평가방법의 신뢰도, 타당도 및 방법 간 일치도를 확인하고자 하였다.

2. 2단계 관련 연구 확인

PubMed, Ovid-MEDLINE, Embase, Cochrane Library

의 국외 데이터베이스 4개와 ScienceON, Korean studies Information Service System, Research Information Sharing Service, Oriental Medicine Advanced Searching Integrated System의 국내 데이터베이스 4개를 검색하였다. 최종 검색일은 2026년 7월 8일이었다.

검색어는 하지길이 차이를 나타내는 용어와 기능적 또는 외견상 하지길이 차이 및 평가 맥락을 나타내는 용어를 조합하였다. 하지길이 차이 관련 용어에는 “leg length inequality”[MeSH], “leg length discrepancy,” “leg length inequality,” “limb length discrepancy” 등을 포함하였으며, 기능적 차이와 평가 관련 용어에는 “functional leg length,” “apparent leg length,” “functional short leg,” “leg-length alignment asymmetry,” “leg check,” “prone leg check,” “supine leg check,” “pelvic obliquity,” “sacroiliac dysfunction,” “manual therapy,” “chuna,” “tuina,” “chiropractic” 및 “osteopathic” 등을 포함하였다. 각 데이터베이스의 검색기능과 색인체계에 맞추어 검색어와 검색식을 조정하여 적용하였다.

3. 3단계 대상 연구 선정

1) 연구의 선정기준

(1) 사람을 대상으로 수행된 학술지 게재 원저 연구
(2) 임상적으로 확인된 기능적 하지길이 차이, 하지길이 비대칭 또는 이에 준하는 기능적 하지길이 차이를 평가한 연구
(3) 기능적 하지길이 차이의 평가방법, 수치기준 또는 관련 분석 결과를 보고한 연구

2) 연구의 배제기준

(1) 해부학적 또는 구조적 하지길이 차이만을 평가한 연구
(2) 수술 후 결과로서 하지길이 차이만을 평가한 연구
(3) FLLD를 직접 평가하지 않았거나, FLLD 관련 분석 결과를 추출할 수 없는 연구
(4) 학위논문, 학술대회 자료, 문헌고찰 등 학술지에 게재된 원저 연구가 아닌 문헌
(5) 전문을 확보하거나 확인할 수 없는 연구

검색된 문헌의 중복을 제거한 후 2명의 연구자(JGL, JJH)가 제목과 초록을 독립적으로 검토하였고, 이후 선정 가능성이 있는 문헌의 전문을 확인하였다. 의견이 일치하지 않는 경우 제3의 연구자(BJS)와의 논의를 통해 최종 결정하였다. 문헌 선정 과정은 PRISMA-ScR 흐름도로 제시하였다(Fig. 1).

4. 4단계 데이터 기록

최종 선정된 연구의 자료는 Microsoft Excel 2021 (Microsoft, USA)을 이용하여 사전에 구성한 자료 추출 양식에 기록하였다. 주요 추출항목은 저자, 출판연도와 국가, 연구설계, 대상자 특성, 연구대상자 수와 집단구성, FLLD의 연구 내 활용 목적, 평가방법, 평가 자세와 체중부하 여부, 주요 측정방법과 해부학적 기준점, 연구에서 실제 적용된 수치적 기준과 그 목적, 중재 또는 비교내용, FLLD 관련 결과, 그리고 평가방법의 신뢰도・타당도・방법 간 일치도였다.

수치적 기준의 근거는 해당 연구에서 실제 적용한 수치기준을 특정 선행연구 또는 임상・검사 프로토콜과 명시적으로 연결한 경우에만 추출하였다. 원문에서 확인할 수 없는 항목은 not reported로 기록하였다. 자료 추출은 2명의 연구자(JGL, BJS)가 수행하고 교차검토하였다.

5. 5단계 분석, 요약 및 결과 보고

최종 포함 연구는 주요 연구목적에 따라 FLLD 평가방법의 신뢰도・타당도 또는 방법 간 일치도를 평가한 연구, 중재 전후 FLLD 변화를 평가한 연구, 그리고 FLLD와 관련 변수의 상관성 또는 FLLD 수준에 따른 집단 간 차이를 평가한 연구로 구분하여 서술적으로 정리하였다.

평가방법의 빈도는 각 범주에 해당하는 고유 연구 수를 기준으로 산출하였다. 동일 연구에서 둘 이상의 하위 평가방법을 사용한 경우에는 각 하위 범주에 중복 집계하되, 상위 범주에서는 한 편으로 집계하였다. 또한 FLLD를 직접 평가한 검사와 해당 검사방법의 타당도 또는 방법 간 일치도를 평가하기 위해 비교한 검사,

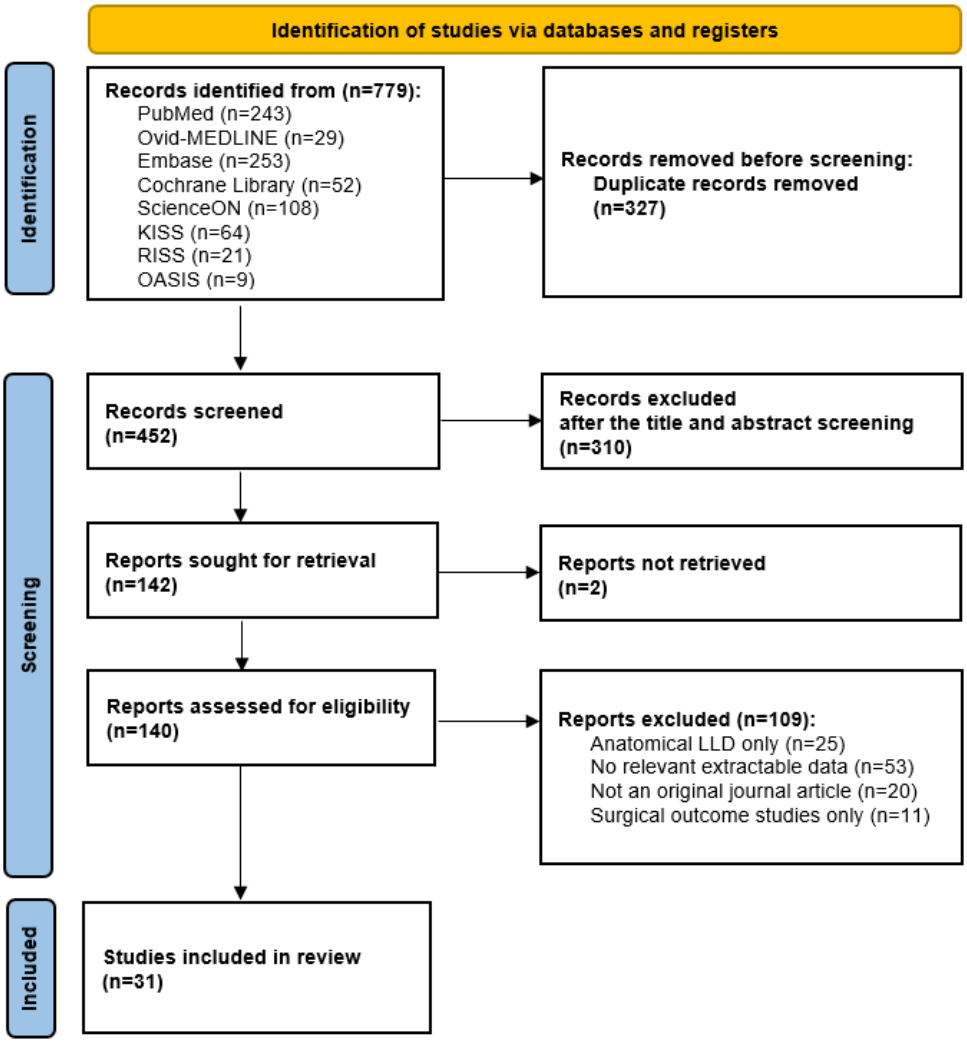

Fig. 1. PRISMA-ScR flow diagram of study selection process. KISS: Korean studies Information Service System, RISS: Research Information Sharing Service, OASIS: Oriental Medicine Advanced Searching Integrated System, LLD: leg-length discrepancy, PRISMA-ScR: preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses extension for scoping reviews.

구조적 LLD를 배제하기 위한 검사 및 관련 변수를 측정하기 위한 검사를 구분하여 기록하였다.

FLLD 평가방법은 평가방식과 측정조건을 기준으로 임상적 평가와 기기 · 영상 기반 평가로 구분하였다. 임상적 평가는 수기 하지길이 비교검사(manual leg check), 줄자 측정법(tape-measure method), 기립 골반 수평화법(standing pelvic-leveling method)으로 분류하였고, 수기 하지길이 비교검사는 앙와위 · 복와위 정적검사와 복와위 동적검사로, 줄자 측정법은 배꼽-내측 복사뼈와 전상장골극-내측 복사뼈 측정으로 세분하였다. 기기 · 영상 기반 평가는 방사선 · 영상 기반 평가와 기기 · 자세 평가로 구분하였다.

수치적 기준은 원 연구에서 대상자 선정, 집단 분류, 임상적으로 중요하지 않은 차이(negligible discrepancy) 또는 단하지 측 판정 등에 실제 적용된 값만 추출하였으며, 단위가 다른 경우 millimeter로 환산하였다. 구조적 LLD를 배제하기 위해서만 사용한 기준, 실험적으로 LLD를 유발하기 위한 값, 단순 관찰값 및 선행문헌에서만 언급되고 해당 연구에서 실제 적용하지 않은 기준은 포함하지 않았다.

평가방법의 신뢰도, 타당도 및 방법 간 일치도는 포함 연구에서 직접 산출하고 보고한 결과만 추출하였으

며, 해당 논문에서 선행연구의 결과를 인용한 값은 포함하지 않았다. 연구 간 평가방법과 결과보고 형식의 이질성을 고려하여 정량적 통합은 시행하지 않았으며, 평가방법과 수치기준 등의 범주별 연구 수와 비율을 산출하고, 주요 결과는 서술적으로 통합하였다.

결과»»»»

1. 논문 검색 및 선정 결과

8개 데이터베이스 검색을 통해 총 779편의 문헌이 확인되었다. 중복 문헌 327편을 제외한 452편에 대해 제목과 초록을 검토하였으며, 이 중 310편을 제외하였다. 전문 확인이 필요한 142편 중 2편은 원문을 확보하지 못하여 140편을 대상으로 적격성 평가를 시행하였다. 전문 검토 결과 해부학적 LLD만을 평가한 연구 25편, FLLD와 관련하여 추출 가능한 자료가 없는 연구 53편, 학술지에 게재되지 않은 문헌 20편, 수술 후 LLD만을 다룬 연구 11편 등 총 109편을 제외하여 최종 31편을 본 연구에 포함하였다(Fig. 1).

2. 포함 연구의 일반적 특성

1) 출판 연도별 연구 분포

포함 연구는 1998년부터 2024년까지 발표되었다. 2011년, 2013년, 2014년 및 2022년에 각각 3편으로 가장 많은 연구가 발표되었고, 2006년, 2007년, 2009년, 2010년, 2015년, 2017년 및 2024년에는 각각 2편이 발표되었다. 그 외 연도에는 각각 1편이 포함되었다(Fig. 2).

2) 연구 특성과 FLLD의 활용

최종 포함된 31편의 연구에 포함된 표본 수의 합계는 총 1,272명이었다. 주요 연구목적에 따라 분류하였을 때, FLLD 평가방법의 신뢰도, 타당도 또는 방법 간 일치도를 평가한 진단평가 연구는 6편[5,11-15]이었고(Table I), 중재 전후 FLLD의 변화를 평가한 연구는 10편[16-25]이었다(Table II). FLLD와 관련 변수 간 상관성 또는 FLLD 수준에 따른 집단 간 차이를 평가한 연구는 15편[26-40]이었다(Table III). 포함 연구의 목록은 Appendix I에 제시하였다. 연구 설계별로는 횡단면 연구가 13편으로 가장 많았고, 무작위 대조시험 8편, 진단평가 연구 6편, 단일군 전후 비교연구 2편 및 전향적 관찰연구 2편이었다. 대상자는 건강인뿐 아니라 요통, 퇴행성 슬관절 통증 및 청소년 특발성 척추측만증 등의 근골격계 질환을 가진 환자도 포함하였다.

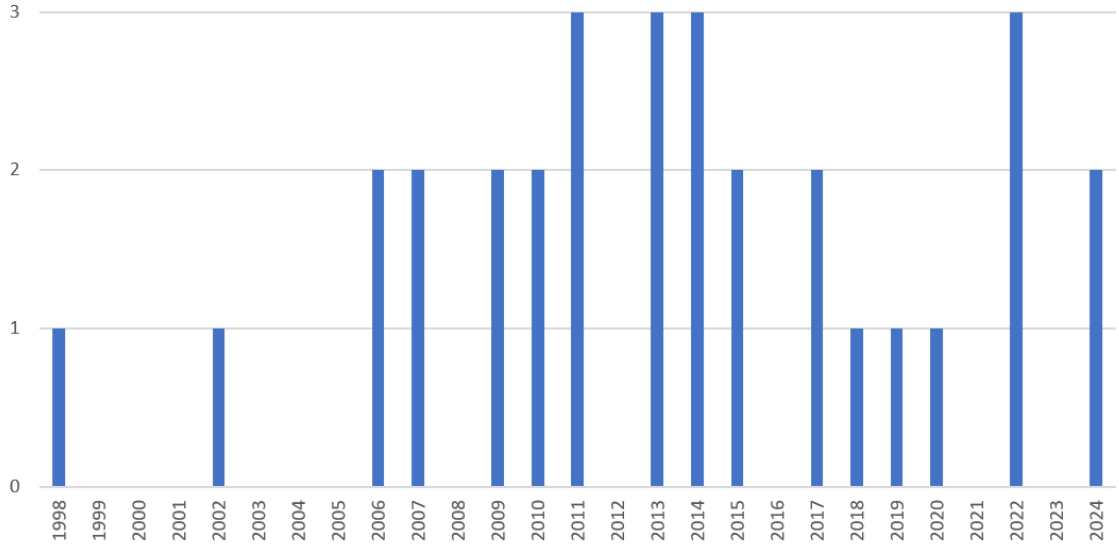

Fig. 2. The number of included studies by publication year.

3. FLLD 진단평가 연구

FLLD 평가방법의 신뢰도, 타당도 또는 방법 간 일치도를 주요 목적으로 평가한 연구는 6편이었다(Table I). 평가대상은 수기 하지길이 비교검사, 기립 골반 수평화법 및 기기 · 자세 평가로 구분되었다. 기립 골반 수평화법에서는 Gross 등[11]과 Lin 등[12]의 연구에서 평가자 내 · 평가자 간 신뢰도와 방사선 또는 모의 하지길이 차이에 대한 타당도가 평가되었다. Gross 등[11]은 평가자 내 급내상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC) 0.84, 평가자 간 ICC 0.77 및 임상측정과 방사선 측정 간 ICC 0.64~0.76을 보고하였다. 평가자 내 · 평가자 간 측정값의 평균 차는 각각 2.9 mm와 4.9 mm였으며, 임상측정과 방사선 측정 간 평균 차는 5.8 mm와 5.5 mm로 보고되었다. Lin 등[12]은 평가자 내 · 평가자 간 ICC 0.878과 0.939, 모의 하지길이 차이 및 방사선 측정과의 상관계수 각각 r=0.944와 r=0.897을 보고하였다. 수기 하지길이 비교검사에서는 Woodfield 등[13]의 앙와위 정적검사에서 평가자 간 가중 κ가 0.44였고, 3.2 mm 이내 일치율은 58%, 3.2 mm 기준의 유무 판정 일치율은 80%

Table I. Characteristics of Studies Evaluating Reliability, Validity, or Agreement of FLLD Assessment Methods (n=6)

First author (year, country)	Study design	Population/ condition	Sample size/ groups	Assessment method	Measurement property	Main reported results
Mahmoud et al.[15] (2017, Italy)	Diagnostic evaluation study	Participants with FLLD	4	Instrumented/ postural assessment: NPoS (FIS/POS)	Intra-operator variability; inter-operator variability; intermethod comparison	Intra-rater: mean CV<15% for FIS and POS; inter-rater: overall comparison of operator averages, p>0.05; POS vs. BTS: strong, statistically significant correlation with Bland-Altman agreement for the assessed postural parameters
Cooperstein et al.[5] (2017, USA)	Diagnostic evaluation study	Healthy participants	43	Manual leg check: supine static vs. prone static	Intermethod agreement	Overall κ=0.16; disagreement in short-leg side in 18/43 (41.9%)
Woodfield et al.[13] (2011, USA)	Diagnostic evaluation study	Healthy participants	50	Manual leg check: supine static	Inter-rater reliability	Weighted κ=0.44 (95% CI, 0.21-0.67); exact agreement=32%; agreement within 3.2 mm=58%; presence/absence agreement at the 3.2 mm criterion=80%
Lee et al.[14] (2010, Korea)	Diagnostic evaluation study	Patients with low back pain	22	Manual leg check: prone dynamic	Intermethod agreement	Posterior rotation: upright 31.8~45.5%, supine 36.4~50.0%; inflare: upright 4.5~18.2%, supine 9.0~40.9%
Lin et al.[12] (2009, Taiwan)	Diagnostic evaluation study	Healthy participants; Patients with back pain	24 Healthy participants: reliability n=18, simulation validity n=17 Patients with back pain: X-ray validity n=7	Standing pelvic-leveling method	Intra-rater reliability; inter-rater reliability; simulation validity; concurrent validity	Intra-/inter-rater: ICC=0.878/0.939; block-simulation validity: r=0.944; X-ray validity: r=0.897
Gross et al.[11] (1998, USA)	Diagnostic evaluation study	Participants reporting diagnosed or suspected FLLD	32	Standing pelvic-leveling method	Intra-rater reliability; inter-rater reliability; concurrent validity	Intra-rater: ICC=0.84; inter-rater: ICC=0.77; clinical vs. radiographic measurements: ICC=0.64~0.76

Only reliability, validity, and agreement results directly generated and reported in the included studies were summarized; estimates cited from previous studies were not included. Values originally reported in inches were converted to millimeters where applicable.
FLLD: functional leg-length discrepancy, NPoS: new postural solution, FIS: foot image system, POS: postural optimizer system, CV: coefficient of variation, BTS: three-dimensional optoelectronic gait-analysis system, κ: kappa coefficient, CI: confidence interval, ICC: intraclass correlation coefficient, *r*: correlation coefficient.

였다. Cooperstein 등[5]의 앙와위와 복와위 정적검사 간 일치도는 κ=0.16이었으며, 43명 중 18명(41.9%)에서 단하지 측 판정이 일치하지 않았다. Lee 등[14]의 복와위 동적 하지길이 분석과 방사선검사에 의한 골반변위 판정의 일치율이 평가항목과 촬영 자세에 따라 차이를 보였다. Mahmoud 등[15]의 기기・자세 평가에서는 foot image system와 postural optimizer system에서 산출한 보정 높이 및 자세 관련 지표에 대해 반복측정 변동계수(coefficient of variation, CV)가 15% 미만이었으며, 평가자 간 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table I).

4. 중재 전후 FLLD 변화

FLLD를 중재 결과로 평가한 연구는 10편이었다(Table II). 적용된 중재에는 골반교정, 근에너지기법, 수축-이완 운동, 골반안정화 운동, 둔근 조절훈련, 천장관절 도수치료 및 근막이완이 포함되었다. 중재 효과의 평가는 양측 기준점 간 거리 차이, 골반 또는 대퇴골두의 높이 차이, 단하지 길이 등 서로 다른 지표를 이용하여 이루어졌다. Huang 등[16]은 6주 중재 후 기립 블록검사로 평가한 FLLD가 둔근 조절훈련군은 9.0 mm에서 3.0 mm로, 비교군은 9.0 mm에서 5.8 mm로 감소하였다고 보고하였다. Shin 등[23]은 천장관절 도수치료군 15명과 스트레칭군 15명에서 단하지 길이를 비교하였다. 단하지 길이는 도수치료군에서 941.0 mm에서 943.3 mm로, 스트레칭군에서 940.0 mm에서 936.9 mm로 변화하였으며, 원문에 보고된 변화량의 군 간 차이는 유의하지 않았다(p=0.408). Brandl 등[24]의 연구에서는 후상장골극(posterior superior iliac spine) 높이 차이가 기저치 6.08 mm에서 중재 직후 0.92 mm로 감소하였으며, 다

Table II. Characteristics of Studies Evaluating Changes in FLLD Related Outcomes after Intervention (n=10)

First author (year, country)	Study design	Population/ condition	Sample size/groups	Intervention	Comparator	FLLD role	FLLD-related result
Huang et al.[16] (2024, Taiwan)	2-arm RCT	Patients with chronic low back pain	48 (24/24)	Gluteal control training	Regular training	Outcome measure	Intervention group: 9.00→3.00 mm Control group: 9.00→5.80 mm
Yoon et al.[17] (2024, Korea)	2-arm RCT	Patients with chronic low back pain	42 (21/21)	MET	Placebo MET	Outcome measure	Intervention group: 22.9→4.5 mm Control group: 23.3→22.6 mm
Lee et al.[18] (2015, Korea)	2-arm RCT	Healthy participants	20 (10/10)	PSE+3D exercise	PSE	Outcome measure	Intervention group: 13.00→4.00 mm Comparator group: 12.00→6.00 mm
Gong[19] (2015, Korea)	2-arm RCT	Healthy participants	30 (15/15)	Pelvic adjustment	Stretching	Outcome measure	Intervention group: 13.40→5.10 mm Control group: 13.30→11.10 mm
Gong et al.[20] (2011, Korea)	2-arm RCT	Healthy participants	40 (20/20)	Pelvic adjustment	No intervention	Outcome measure	Intervention group: 12.05→3.00 mm Control group: 12.20→11.35 mm
Gong et al.[21] (2009, Korea)	2-arm RCT	Healthy participants	40 (20/20)	Contract-relax exercise	No intervention	Outcome measure	Intervention group: 13.10→2.00 mm Control group: 13.15→13.10 mm
Gong et al.[22] (2007, Korea)	2-arm RCT	Healthy participants	30 (15/15)	Contract-relax exercise	No intervention	Outcome measure	Intervention group: 12.66→2.33 mm Control group: 13.40→13.20 mm
Shin et al.[23] (2020, Korea)	2-arm RCT	Participants with FLLD	30 (15/15)	SIJ manual therapy	Stretching	Outcome measure	Short-leg length (umbilicus-medial malleolus) Intervention group: 941.0→943.3 mm Control group: 940.0→936.9 mm Bilateral discrepancy was not reported
Brandl et al.[24] (2022, Germany)	1-arm before-after study	Patients with acute low back pain	12	Myofascial release	—	Outcome measure	Immediate: 6.08→0.92 mm Follow-up: 6.08→2.00 mm
Ma[25] (2006, Korea)	1-arm before-after study	Patients with chronic low back pain	8	Manipulation	—	Outcome measure	Femoral-head height difference Pre→post: 4.25→1.00 mm

FLLD: functional leg-length discrepancy, RCT: randomized controlled trial, MET: muscle energy technique, PSE: pelvic stabilization exercise, SIJ: sacroiliac joint.

음 날 추적평가에서는 2.00 mm로 보고하였다. Ma 등[25]의 연구에서는 대퇴골두 높이 차이가 12주 중재 후 4.25 mm에서 1.00 mm로 감소하였다. 개별 연구의 중재 및 정량적 변화는 Table II에 제시하였다.

5. FLLD와 관련 변수의 관련성 및 집단 간 차이

FLLD와 관련 변수의 관련성 또는 FLLD 수준에 따른 집단 간 차이를 평가한 연구는 15편이었다(Table III). 포함 연구에서는 FLLD와 골반 정렬, 근활성도, 체중부하 및 자세 특성 등 다양한 근골격계 · 생체역학적 변수와의 관련성이 평가되었다. 일부 연구에서는 FLLD와 골반경사, 대퇴사두근각(quadriceps angle), 근활성 및 체중부하 비대칭 등의 관련성이 보고되었으며[26,29,31,32,34,35], FLLD 수준에 따른 집단 간 차이도 관찰되었다[34,35]. 반면 압력중심점과 안정성 한계[33], 보행 중 골반운동[28]에서는 FLLD 수준에 따른 유의한 집단 간 차이가 확인되지 않았다. 세부적인 상관계수와 집단별 결과는 Table III에 제시하였다.

6. 평가방법별 수치적 기준

FLLD 판정 또는 대상자 선정 · 집단 분류에 사용된 수치기준은 평가방법(Fig. 3)에 따라 차이가 있었다. 앙와위 수기 하지길이 비교검사에서는 약 3~3.2 mm가 양측 하지길이가 동일하거나 임상적으로 중요하지 않은 범위를 구분하는 기준으로 사용되었으며[13,40], 3 mm 초과가 대상자 선정기준으로 적용된 연구도 있었다[39]. 비

Table III. Characteristics of Studies Examining Correlation or Group Differences Related to FLLD (n=15)

First author (year, country)	Study design	Population/ condition	Sample size/groups	FLLD role	FLLD-related result
Sekiya et al.[26] (2018, Japan)	Prospective observational study	Patients with adolescent idiopathic scoliosis	82	Association	FLLD correlated with pelvic obliquity (r=0.69) and lumbar Cobb angle (r=0.44)
Noll[27] (2013, USA)	Prospective observational study	Patients with osteoarthritic knee pain	32	Association	More painful knee was on the short-leg side in 71.9%
Gvozdenovic et al.[28] (2022, Serbia)	Cross-sectional study	Healthy participants	30 (3 groups) A: 0~5 mm (n=19) B: 5~10 mm (n=7) C: 10 mm (n=4)	Group comparison by FLLD	FLLD correlated with pelvic tilt (r=0.575); no significant pelvic-motion difference up to 18 mm
Jin et al.[29] (2022, Korea)	Cross-sectional study	Healthy participants	39	Association	FLLD positively correlated with EMG/onset asymmetry (r>0.9) and vGRF asymmetry (r>0.7)
Kim et al.[30] (2019, Korea)	Cross-sectional study	Healthy participants	16 (2 groups) A: >5 mm (n=8) B: <3 mm (n=8)	Group comparison by FLLD	Higher-FLLD group showed lower knee strength/endurance; hip ROM showed no significant difference
Jung et al.[31] (2014, Korea)	Cross-sectional study	Healthy participants	96	Association	FLLD correlated with Q-angle; no significant correlation with lower-extremity strength
Qureshi et al.[32] (2014, USA)	Cross-sectional study	Healthy participants	98	Association	FLLD was associated with pelvic/sacral dysfunction and weight-bearing asymmetry
Jo et al.[33] (2014, Korea)	Cross-sectional study	Healthy participants	14 (2 groups) A: 10~20 mm (n=7) B: 0~3 mm (n=7)	Group comparison by FLLD	No significant differences in COP or LOS between FLLD-defined groups

Table III. Continued

First author (year, country)	Study design	Population/ condition	Sample size/groups	FLLD role	FLLD-related result
Kim et al.[34] (2013, Korea)	Cross-sectional study	Healthy participants	30 (2 groups) A: ≥10 mm (n=15) B: <5 mm (n=15)	Group comparison by FLLD	Higher-FLLD group showed greater foot-pressure and temperature asymmetry
Kim et al.[35] (2013, Korea)	Cross-sectional study	Healthy participants	14 (2 groups) A: ≥20 mm (n=7) B: <20 mm (n=7)	Group comparison by FLLD	Gluteus medius and TFL activation differed between FLLD-defined groups
Yoon et al.[36] (2011, Korea)	Cross-sectional study	Healthy participants	40 (2 groups) A: ≥15 mm (n=17) B: ≤10 mm (n=23)	Group comparison by FLLD	Erector-spinae EMG asymmetry was greater in the ≥15-mm FLLD group
Cho et al.[37] (2010, Korea)	Cross-sectional study	Patients with chronic low back pain	68	Association	FLLD showed no significant correlation with most radiographic pelvic/lumbosacral parameters
Park et al.[38] (2007, Korea)	Cross-sectional study	Healthy participants	108 (5 groups) A: <5 mm (n=64) B: ≥5 to <10 mm (n=19) C: ≥10 to <15 mm (n=14) D: ≥15 to <20 mm (n=7) E: ≥20 to <25 mm (n=4)	Group comparison by FLLD	Greater FLLD was associated with greater Moiré postural asymmetry
Rothbart[39] (2006, Mexico)	Cross-sectional study	Participants with FLLD	56	Association	FLLD was associated with hip position and abnormal pronation
Knutson[40] (2002, USA)	Cross-sectional study	Healthy participants	74	Association	Supine leg-length asymmetry occurred in 51% and was associated with self-reported back pain

FLLD: functional leg-length discrepancy, EMG: electromyography, vGRF: vertical ground reaction force, ROM: range of motion, Q-angle: quadriceps angle, COP: center of pressure, LOS: limits of stability, TFL: tensor fasciae latae.

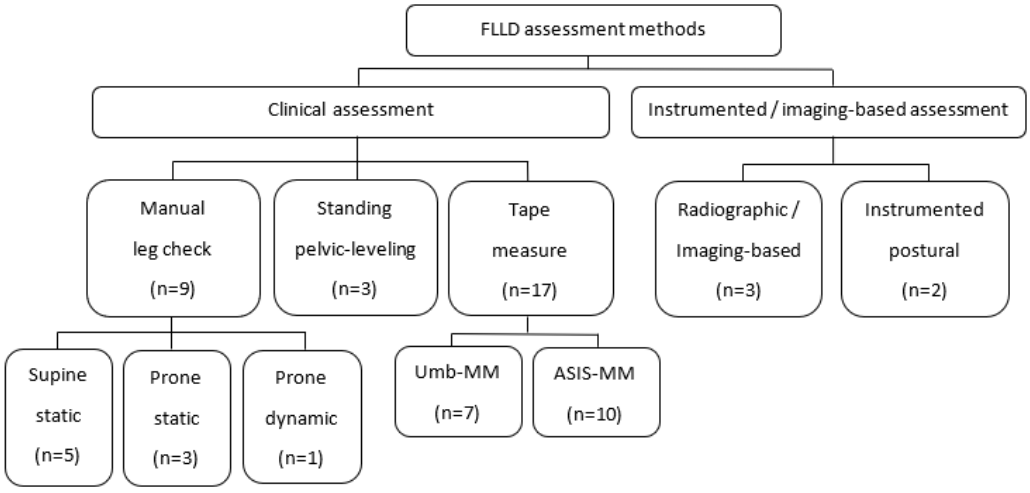

Fig. 3. Classification of functional leg-length discrepancy assessment methods identified in the included studies. Some studies were counted in more than one category because they used multiple FLLD assessment methods. FLLD: functional leg-length discrepancy, Umb: umbilicus, MM: medial malleolus, ASIS: anterior superior iliac spine.

Table IV. Characteristics of Functional Leg-length Discrepancy Assessment Methods

Assessment method	Brief assessment details	Study (n)	Position/loading condition	Numerical criterion (purpose)	Reported rationale/evidence
Manual leg check	Supine static: relative medial-malleolus/heel position (n=5)	Healthy participants (n=4)	Supine (non-weight bearing)	≤3.2 mm (negligible discrepancy)[40]; <3.2 mm (negligible discrepancy)[13]; >3 mm (eligibility)[39]	Hinson and Brown reliability-test protocol[40]; NUCCA diagnostic categories/practice[13]
		Musculoskeletal patients (n=1)	Supine (non-weight bearing)	NR	NR
	Prone static: relative heel/foot position (n=3)	Healthy participants (n=3)	Prone (non-weight bearing)	<5 mm (no short-leg classification)[38]; ≥15 vs. ≤10 mm (group classification)[36]	NR
	Prone dynamic: heel/foot position with knee flexion (n=1)	Musculoskeletal patients (n=1)	Prone (non-weight bearing)	NR	NR
Tape-measure method	Umbilicus-medial malleolus; bilateral distance difference (n=7)	Healthy participants (n=4)	Supine (non-weight bearing)	≥20 vs. <20 mm (group classification)[35]	NR
		Musculoskeletal patients (n=3)	Supine (non-weight bearing)	≥20 mm (eligibility)[17]	NR
	ASIS-medial malleolus; bilateral distance difference (n=10)	Healthy participants (n=10)	Supine (non-weight bearing)	≤3 vs. ≥5 mm (group classification)[30]; 0~3 vs. 10~20 mm (group classification)[33]; <6.4 mm (eligibility)[32]; ≥10 mm (eligibility)[20,21]; >10 mm (eligibility)[19,22]; ≥10 mm (group classification)[34]; >10 mm (group classification)[28]; 10~30 mm (eligibility)[18]	Previous reports supporting clinical significance at ≥3 mm and symptomatic/ postural effects at ≥10~12 mm[33]
Standing pelvic-leveling method	Pelvic level restored with lift/paper correction; added height quantified (n=3)	Healthy participants (n=2)	Standing (weight bearing)	NR	NR
		Musculoskeletal patients (n=2)	Standing (weight bearing)	>5 mm (eligibility)[16]	NR
Radiographic/ imaging-based assessment	Pelvic/femoral-head height difference; EOS or conventional radiography (n=3)	Healthy participants (n=1)	Standing (weight bearing)	NR	NR
		Musculoskeletal patients (n=2)	Standing (weight bearing)	NR	NR
Instrumented/ postural assessment	Cross-line laser: PSIS-based pelvic-height difference (n=1)	Musculoskeletal patients (n=1)	Standing (weight bearing)	>3 mm (eligibility)[24]	NR
	NPoS (FIS/POS): multimodal postural assessment (n=1)	Healthy participants (n=1)	Mixed weight-bearing/ non-weight-bearing	NR	NR

N indicates the number of studies. Study-specific criteria and their reported bases are shown only when explicitly applied or linked to a cited protocol or prior evidence in the included study; otherwise, NR is shown. Numerical thresholds were standardized to millimeters, and equivalent descriptions of an even or clinically inconsequential difference were harmonized as "negligible discrepancy." Some studies were counted in more than one assessment category. Lin et al.[12] contributed to both healthy and patient subgroups because different samples were used across measurement-property analyses.

NUCCA: National Upper Cervical Chiropractic Association, NR: not reported, ASIS: anterior superior iliac spine, EOS: a low-dose biplanar X-ray imaging system, PSIS: posterior superior iliac spine, NPoS: new postural solution, FIS: foot image system. POS: postural optimizer system.

체중부하 상태에서 전상장골극과 내측 복사뼈 사이의 거리를 줄자로 측정한 연구에서는 3 mm 이하가 대조군 기준으로, 5 mm 이상이 FLLD군 선정기준으로 사용되었고[30], 10 mm 전후의 기준도 대상자 선정 또는 FLLD 수준에 따른 집단 분류에 반복적으로 적용되었다[18-22,28,33,34]. 배꼽과 내측 복사뼈 사이의 거리를 측정한 연구에서는 20 mm가 기준으로 사용된 연구가 있었다[17,35]. 기립 골반 수평화법에서 5 mm 초과가 대상자 선정기준으로 사용되었고[16], 후상장골극의 높이 차이를 기기로 측정한 평가에서 3 mm 초과[24]가 대상자 선정기준으로 적용되었다. 세부적인 평가방법별 수치기준과 적용 목적은 Table IV에 제시하였다.

고찰

본 스코핑 리뷰는 31편의 연구를 통해 기능적 하지길이 차이(FLLD)의 평가방법, 평가조건, 연구에서 적용된 수치적 기준 및 검사방법의 진단평가 근거를 종합적으로 검토하였다. FLLD 평가는 줄자 측정법(17편, 54.8%), 수기 하지길이 비교검사(9편, 29.0%)가 상대적으로 많이 사용되었으며, 기립 골반 수평화법(3편, 9.7%), 방사선・영상 기반 평가(3편, 9.7%) 및 기기・자세 평가(2편, 6.5%)도 활용되었다. 그러나 동일한 FLLD라는 용어를 사용하더라도 평가방법에 따라 측정 대상과 자세, 체중부하 조건이 서로 달랐으며, 적용된 수치적 기준 역시 일관되지 않았다. 따라서 FLLD의 측정값과 수치기준은 하나의 공통된 기준으로 해석하기보다, 각 평가방법의 측정대상과 평가 자세 및 체중부하 조건을 고려하여 구분해서 해석할 필요가 있다.

FLLD 측정값을 해석할 때에는 먼저 측정대상이 기능적 정렬 비대칭인지 해부학적 골성 길이 차이인지 구분하고, 해당 값이 체중부하 또는 비체중부하 상태에서 얻어진 것인지 함께 고려할 필요가 있다. Knutson[2]은 비체중부하 상태에서 관찰되는 기능적 하지길이 정렬 비대칭을 해부학적 하지길이 차이와 구분하였으며, 두 요소는 비체중부하 상태에서는 서로 구분되지만 기립 체중부하 상태에서는 함께 영향을 미칠 수 있다고 설명하였다. Sekiya 등[26]은 청소년 특발성 척추측만증 환자에서 기립 상태의 기능적 하지길이 차이는 평균 5.6 mm였으나 구조적 하지길이 차이는 평균 0.2 mm에 불과하다고 보고하였다. 이는 기립 상태에서 관찰되는 하지길이 비대칭이 실제 골성 길이 차이와 반드시 일치하지 않을 수 있음을 시사한다. 따라서 FLLD 평가에서는 검사방법뿐 아니라 측정대상, 체중부하 조건 및 실제 측정지표를 함께 명확히 제시하고, 서로 다른 조건에서 얻은 측정값을 구분하여 해석할 필요가 있다.

FLLD 평가방법의 신뢰도와 일치도를 해석할 때에는 평가조건과 분류 기준을 함께 고려할 필요가 있다. 수기 하지길이 비교검사에서는 하지길이 차이를 어떻게 분류하느냐에 따라 검사자 간 일치도가 다르게 나타났다. Woodfield 등[13]은 앙와위 수기검사에서 검사자들이 하지길이 차이의 크기를 여러 단계로 분류한 경우 가중 κ가 0.44였으며, 약 3.2 mm를 기준으로 하지길이 차이의 유무만 구분한 경우에는 검사자 간 일치율이 80%였다고 보고하였다. 다만 두 결과는 분류 기준과 통계적 지표가 다르므로, 이를 직접 비교하여 특정 분류 방식에서 일치도가 향상되었다고 해석하기는 어렵다. 기립 골반 수평화법에서는 Gross 등[11]이 평가자 내, 간 ICC를 각각 0.84와 0.77로 보고하였으나, 평균 절대차는 각각 2.9 mm와 4.9 mm였으며, 임상측정과 방사선 측정 간 평균 차이는 5.5~5.8 mm였다. 이는 ICC가 비교적 높더라도 하지길이 차이의 크기를 해석할 때에는 측정값 간 절대적 차이를 함께 고려해야 함을 시사한다. 따라서 약 3~5 mm 전후의 수치를 FLLD의 참고기준으로 제시할 때에는 해당 평가방법의 측정 특성과 측정오차에 관한 근거를 함께 고려할 필요가 있다.

FLLD에 적용된 수치기준은 평가방법과 측정조건에 따라 서로 다르게 나타났다. 비체중부하 앙와위 수기 하지길이 비교검사에서는 약 3.2 mm 이하를 양측 하지길이가 동일하거나 임상적으로 중요하지 않은 범위로 분류하였으며[13,40], 3 mm 초과를 대상자 선정기준으로 사용한 연구도 있었다[39]. 이 중 약 3.2 mm 기준은 Hinson 등[41]의 앙와위 하지길이 비교검사 프로토콜과 National Upper Cervical Chiropractic Association protocol[42,43]에 근거하여 적용되었다. 비체중부하 상태에서 전상장골극과 내측 복사뼈 사이의 거리를 측정한 연구에서는 3 mm 이하와 5 mm 이상을 각각 대조군과 FLLD 군으로 구분하였고[30], 약 10 mm 전후의 기준은 대상자 선정

또는 FLLD 수준에 따른 집단 분류에 반복적으로 사용되었다[18-22,28,33,34]. Jo 등[33]은 3 mm 이상의 임상적 의미와 10~12 mm 수준에서 보고된 증상 및 자세 변화에 관한 선행연구[44-46]를 이러한 분류의 근거로 제시하였다. 체중부하 기립 골반 수평화법에서는 5 mm 초과가 대상자 선정기준으로 사용되었다[16]. 이상의 결과를 종합하면, 포함 연구에서는 비체중부하 앙와위 수기 하지길이 비교검사의 약 3 mm, 전상장골극과 내측 복사뼈 사이의 거리 측정의 약 5~10 mm, 체중부하 기립 골반 수평화법의 약 5 mm 전후가 대상자 선정이나 집단 분류 등의 기준으로 제시되었다. 다만 이러한 수치는 각 연구에서 사용된 기준을 정리한 것으로, FLLD의 진단 절단값으로서의 타당성은 향후 연구를 통해 검증될 필요가 있다.

한편 FLLD의 객관적 평가를 위해 기기 기반 방법도 시도되었다. Brandl 등[24]은 cross-line laser를 이용한 측정의 임상적 적용 가능성을 보고하였으나 추가적인 타당도 검증이 필요하다고 하였고, Mahmoud 등[15]의 new postural solution은 대상자 4명에서 기기 지표의 반복측정 변동계수(CV)가 평균 15% 미만임을 보고하였다. 다만 이들 연구는 기기 기반 측정의 반복성이나 적용 가능성을 제시한 수준으로, FLLD 측정값의 정확성과 임상적 해석 기준을 확립하기에는 근거가 충분하지 않았다. 향후 반복측정 재현성과 측정오차를 확인하고, 기존 평가방법과의 비교를 통해 타당성을 검증할 필요가 있다.

평가방법의 측정학적 검증과 함께, FLLD 측정값이 임상적 · 생체역학적 특성과 어떠한 관련성을 갖는지도 고려할 필요가 있다. FLLD와 관련 변수의 연관성을 평가한 연구에서는 골반 정렬, 근활성, 수직 지면반력, 체중부하 및 족저압 비대칭 등 다양한 근골격계 · 생체역학적 변수와의 관련성이 보고되었다[26,29,32,34]. 그러나 이러한 관련성은 주로 단면적 또는 관찰적 연구에서 확인된 것으로, FLLD가 해당 변화의 원인이라고 해석하거나 특정 수치만으로 치료 필요성을 판단하기에는 근거가 제한적이다. 또한 중재 후 FLLD 측정값의 변화가 관찰되더라도, 해당 변화가 측정오차를 초과한 실제 변화인지와 통증이나 기능 개선과 관련된 임상적으로 의미 있는 변화인지는 구분하여 평가할 필요가 있다. 향후 중재연구에서는 표준화된 평가 자세와 측정절차를 적용하고, 표준측정오차(standard error of measurement)와 최소검출변화량(minimal detectable change) 등의 측정오차 지표와 함께 통증 및 기능과 같은 임상결과를 평가할 필요가 있다.

이러한 측정상의 고려사항은 추나요법에서 기능적 하지길이 분석을 활용할 때에도 적용될 수 있다. 추나치료에 적용된 골반변위 진단법을 검토한 체계적 문헌고찰에서는 하지길이 차이 검사(leg length insufficiency test)가 임상연구에서 가장 빈번하게 사용된 수기 평가방법으로 보고되었으며[7], 최근 추나 임상시험 프로토콜에서도 기능적 하지길이 분석이 골반의 생체역학적 병변을 평가하기 위한 수기검사 중 하나로 활용되고 있다[6]. 따라서 임상에서도 FLLD를 활용할 경우에는 평가 자세, 체중부하 조건, 측정지표와 수치기준을 명확히 제시하고, 해당 평가방법의 재현성과 다른 타당화된 평가방법과의 일치도를 추가로 검증할 필요가 있다.

본 연구에는 다음과 같은 제한점이 있다. 포함 연구에서 FLLD의 정의와 측정지표, 대상자 특성, 평가 자세 및 체중부하 조건이 서로 달라 연구 간 결과를 직접 비교하는 데 한계가 있었으며, 평가방법의 신뢰도 · 타당도 또는 방법 간 일치도를 직접 평가한 연구도 제한적이었다. 또한 일부 연구는 소규모 표본이나 인위적으로 설정한 하지길이 차이를 이용하였고, 연구에서 적용된 수치적 기준의 상당수는 FLLD의 진단적 기준으로 검증된 값이 아니라 대상자 선정이나 집단 분류를 위한 기준이었다. 따라서 본 연구의 결과만으로 특정 평가방법의 우월성을 판단하거나 하나의 보편적인 수치기준을 제시하기는 어렵다. 그럼에도 본 연구는 FLLD에 사용되어 온 평가방법을 체계적으로 분류하고, 평가 자세와 체중부하 조건, 실제 측정지표, 연구 내 활용 목적 및 수치적 기준을 함께 검토함으로써 평가방법별 특성과 측정 근거의 현황을 정리하였다는 점에서 의의가 있다. 향후에는 기능적 하지길이 차이의 정도와 통증 및 기능 이상과의 관계를 확인하고, 각 평가방법의 측정오차를 고려하여 임상적으로 활용 가능한 수치기준을 검증할 필요가 있다.

결론»»»

FLLD 평가는 평가 자세와 체중부하 조건에 따라 서

로 다른 방법이 사용되었으며, 비체중부하 상태에서는 수기 하지길이 비교검사와 줄자 측정법이, 체중부하 상태에서는 기립 골반 수평화법과 영상・기기 기반 평가가 주로 활용되었다. 포함 연구에서 사용된 수치기준을 종합하면, 비체중부하 앙와위 수기 하지길이 비교검사에서는 약 3 mm, 전상장골극과 내측 복사뼈 사이의 거리 측정에서는 약 5~10 mm, 체중부하 기립 골반 수평화법에서는 약 5 mm 전후가 대상자 선정이나 집단 분류 등의 기준으로 사용되었다. 다만 이러한 수치는 확립된 진단 절단값이 아니라 기존 연구에서 사용된 기준을 종합한 참고수준이므로, 향후 평가방법별 신뢰도와 측정오차를 고려한 추가 검증이 필요하다.

References»»»

1. Gurney B. Leg length discrepancy. Gait & Posture. 2002;15(2):195-206.
2. Knutson GA. Anatomic and functional leg-length inequality: a review and recommendation for clinical decision-making. Part II. The functional or unloaded leg-length asymmetry. Chiropractic & Osteopathy. 2005;13:12.
3. Alfuth M, Fichter P, Knicker A. Leg length discrepancy: a systematic review on the validity and reliability of clinical assessments and imaging diagnostics used in clinical practice. PLoS One. 2021;16(12):e0261457.
4. Sabharwal S, Kumar A. Methods for assessing leg length discrepancy. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2008;466(12):2910-22.
5. Cooperstein R, Lucente M. Comparison of supine and prone methods of leg length inequality assessment. Journal of Chiropractic Medicine. 2017;16(2):103-10.
6. Park SY, Shin YJ, Ha IH, Yun JM, Jang JS, Lee S, Yim MH, Choi W, Suh HS, Yoon H, Ryu D, Lee YW, Heo I, Hwang MS, Hwang EH, Shin BC. A comparative effectiveness study of usual care, simple chuna manual therapy, and complex chuna manual therapy for the treatment of pelvic biomechanical lesions in patients with non-acute low back pain: a protocol for multicenter, randomized controlled trial. BMC Complementary Medicine and Therapies. 2024;24(1):353.
7. Lee JS, Park KW, Kim HT, Park SY, Shin BC. Systematic review of the diagnosis of pelvic deviation for chuna manual therapy. J Korean Med Rehabil. 2022;32(2):83-94.
8. Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: towards a methodological framework. International Journal of Social Research Methodology. 2005;8(1):19-32.
9. Peters MDJ, Marnie C, Tricco AC, Pollock D, Munn Z, Alexander L, McInerney P, Godfrey CM, Khalil H. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. JBI Evidence Synthesis. 2020;18(10):2119-26.
10. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, Moher D, Peters MDJ, Horsley T, Weeks L, Hempel S, Akl EA, Chang C, McGowan J, Stewart L, Hartling L, Aldcroft A, Wilson MG, Garritty C, Lewin S, Godfrey CM, Macdonald MT, Langlois EV, Soares-Weiser K, Moriarty J, Clifford T, Tunçalp Ö, Straus SE. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. Annals of Internal Medicine. 2018;169(7):467-73.
11. Gross MT, Burns CB, Chapman SW, Hudson CJ, Curtis HS, Lehmann JR, Renner JB. Reliability and validity of rigid lift and pelvic leveling device method in assessing functional leg length inequality. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1998;27(4):285-94.
12. Lin CY, Wu TJ, Sung HH, Jian KS, Ho CC. Reliability and validity of the iliac crest leveling and paper thickness correction method for measuring functional leg-length discrepancy. Rehabilitation Practice and Science. 2009;37(3):187-94.
13. Woodfield HC, Gerstman BB, Olaisen RH, Johnson DF. Interexaminer reliability of supine leg checks for discriminating leg-length inequality. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. 2011;34(4):239-46.
14. Lee JM, Koog GH, Choi BM, Jeong HA, Hong SY. The comparative study between leg length analysis and x-ray on diagnosis of pelvic malpositions-according to positions and valuation bases. The Journal of Korea CHUNA Manual Medicine for Spine & Nerves. 2010;5(2):169-80.
15. Mahmoud A, Abundo P, Basile L, Albensi C, Marasco M, Bellizzi L, Galasso F, Foti C. Functional leg length discrepancy between theories and reliable instrumental assessment: a study about newly invented NPoS system. Muscles, Ligaments and Tendons Journal. 2017;7(2):293-305.
16. Huang WH, Tang CK, Shih YF. Effectiveness of gluteal control training in chronic low back pain patients with functional leg length inequality. Scientific Reports. 2024;14(1):24432.
17. Yoon JD, Jung JH, Cho HY, Shin HJ. The immediate effects of muscle energy technique in chronic low back pain patients with functional leg length discrepancy: a randomized and placebo-controlled trial. Healthcare.

2024;12(1):53.
18. Lee BH, Kim JJ, Kim CK. Changes in foot pressure elicited by 3D air balance exercise and pelvic stability exercise for functional leg-length discrepancy in adult women. Journal of Physical Therapy Science. 2015;27(3): 917-20.
19. Gong W. The influence of pelvic adjustment on vertical jump height in female university students with functional leg length inequality. Journal of Physical Therapy Science. 2015;27(1):251-3.
20. Gong W, Ro H, Park G, Kim T. The influence of pelvic adjustment on functional leg length inequality and foot pressure. Journal of Physical Therapy Science. 2011; 23(1):17-9.
21. Gong WT, Han JT, Ro HL. The influence of contract-relax exercise on functional leg length inequality and muscle activity. The Journal Korean Society of Physical Therapy. 2009;21(1):49-55.
22. Gong WT, Bae SS, Jung YW. Influence of therapeutic exercise on functional leg length inequality. Journal of the Korean Society of Physical Medicine. 2007;2(2):183-94.
23. Shin EJ, Jeong YS, Jeon JG. The influence of manual therapy for sacroiliac joint on functional leg length discrepancy. The Journal of Korean Orthopedic Manual Physical Therapy. 2020;26(1):73-8.
24. Brandl A, Egner C, Schleip R. Practical measurement of changes in leg length discrepancy after a myofascial release on the thoracolumbar fascia in patients with acute low back pain: a pilot study. Cureus. 2022;14(9): e29084.
25. Ma SY. A comparison of functional leg length inequality before and after manipulation of patients with low back pain. Journal of the Korean Academy of Physical Therapy. 2006;13(1):21-7.
26. Sekiya T, Aota Y, Yamada K, Kaneko K, Ide M, Saito T. Evaluation of functional and structural leg length discrepancy in patients with adolescent idiopathic scoliosis using the EOS imaging system: a prospective comparative study. Scoliosis and Spinal Disorders. 2018;13:7.
27. Noll DR. Leg length discrepancy and osteoarthritic knee pain in the elderly: an observational study. The Journal of the American Osteopathic Association. 2013;113(9): 670-8.
28. Gvozdenovic N, Andrejic-Visnjic B, Latkovic M, Slavkovic S, Vranjes M, Milankov V, Mijatovic Jovin V, Bosanac M. Anthropometric profile of leg length inequality and its impact on gait. International Journal of Morphology. 2022;40(6):1624-9.
29. Jin HY, Han JT. Correlation among functional leg length discrepancy, muscle activity, muscle contraction onset time and vertical ground reaction force during simple lifting task. The Journal of Korean Physical Therapy. 2022;34(4):175-80.
30. Kim DW, Oh JK. Difference of hip and knee muscle strength, range of motion according to functional leg length discrepancy in baseball pitchers. The Korean Journal of Sport. 2019;17(1):851-60.
31. Jung YW, Kim YJ, Lee JG, Doo YT. Correlations between quadriceps angle, functional leg length discrepancy and lower extremity muscle strength of women university students in their twenties. The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy. 2014;20(2):9-14.
32. Qureshi Y, Kusienski A, Bemski JL, Luksch JR, Knowles LG. Effects of somatic dysfunction on leg length and weight bearing. The Journal of the American Osteopathic Association. 2014;114(8):620-30.
33. Jo AR, Min JW, Son KH, Lee YR, Ha MJ, Koo HM. The effect of functional leg length inequality in center of pressure and limits of stability. Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association. 2014;12(4):201-7.
34. Kim M, Kim J, Lee H, Yim J, Ha H, An J. The foot pressure change caused by functional leg length having an effect on the foot temperature. Journal of the Korean Society of Integrative Medicine. 2013;1(2):37-46.
35. Kim HR, Song YJ, Moon SG, Jang HJ. The influence of electromyographic activation on gluteus medius and tensor fascia lata by functional leg length discrepancy in women's university students during lunge. The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy. 2013;19(2):39-46.
36. Yoon DY, Choi JS, Jung SH, Kim SJ. The analysis of erector spinae muscle on difference of functional leg length inequality - through meridian electromyography. J Korean Med Rehabil. 2011;21(3):13-20.
37. Cho YJ, Chung SH, Song MY. Relationship between leg length discrepancy and radiological parameters of lumbosacrum and pelvis in patients with chronic low back pain. J Korean Med Rehabil. 2010;20(4):171-83.
38. Park DS, Ryu HS, Jeong SH, Kim SJ. Relationship between moire topography and leg length inequality. J Korean Med Rehabil. 2007;17(1):99-109.
39. Rothbart BA. Relationship of functional leg-length discrepancy to abnormal pronation. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2006;96(6):499-504; discussion 505-7.
40. Knutson GA. Incidence of foot rotation, pelvic crest unleveling, and supine leg length alignment asymmetry and their relationship to self-reported back pain. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. 2002; 25(2):110E.

41. Hinson R, Brown SH. Supine leg length differential estimation: an inter- and intra-examiner reliability study. Chiropractic Research Journal. 1998;5(1):17-22.
42. Wiedemann RI. The supine leg check. In: Thomas MD, ed. NUCCA: protocols and perspectives. 1st ed. Monroe (MI):National Upper Cervical Chiropractic Research Association. 2002.
43. National Upper Cervical Chiropractic Association. NUCCA standards of practice and patient care. 1st ed. Monroe (MI):National Upper Cervical Chiropractic Association. 1994.
44. Nichols PJ. Short-leg syndrome. British Medical Journal. 1960;1(5189):1863-5.
45. Kim DH, Kim SB, Baek SJ, Nam TH, Kim JS. The effects of leg length difference on low back pain and joint stiffness. The Journal of Korean Society of Physical Therapy. 2002;14(4):55-63.
46. Park GD. The effect of pelvic manipulation to primary school balance, flexibility, and LLI. Journal of Physical Growth and Motor Development. 2005;13(2):13-22.

Appendix I. Studies Included in Scoping Review

No.	Year	Author	Title	Journal title
1	2024	Huang et al.[16]	Effectiveness of gluteal control training in chronic low back pain patients with functional leg length inequality	Scientific Reports
2	2024	Yoon et al.[17]	The immediate effects of muscle energy technique in chronic low back pain patients with functional leg length discrepancy: A randomized and placebo-controlled trial	Healthcare (Switzerland)
3	2022	Gvozdenovic et al.[28]	Anthropometric profile of leg length inequality and its Impact on gait	International Journal of Morphology
4	2022	Jin et al.[29]	Correlation among functional leg length discrepancy, muscle activity, muscle contraction onset time and vertical ground reaction force during simple lifting task	The Journal of Korean Physical Therapy
5	2022	Brandl et al.[24]	Practical measurement of changes in leg length discrepancy after a myofascial release on the thoracolumbar fascia in patients with acute low back pain: a pilot study	Cureus
6	2020	Shin et al.[23]	The influence of manual therapy for sacroiliac joint on functional leg length discrepancy	The Journal of Korean Orthopedic Manual Physical Therapy
7	2019	Kim et al.[30]	Difference of hip and knee muscle strength, range of motion according to functional leg length discrepancy in baseball pitchers	The Korean Journal of Sport
8	2018	Sekiya et al.[26]	Evaluation of functional and structural leg length discrepancy in patients with adolescent idiopathic scoliosis using the EOS imaging system: A prospective comparative study	Scoliosis and Spinal Disorders
9	2017	Mahmoud et al.[15]	Functional leg length discrepancy between theories and reliable instrumental assessment: a study about newly invented NPoS system	Muscles, Ligaments and Tendons Journal
10	2017	Cooperstein et al.[5]	Comparison of supine and prone methods of leg length inequality assessment	Journal of Chiropractic Medicine
11	2015	Gong[19]	The influence of pelvic adjustment on vertical jump height in female university students with functional leg length inequality	Journal of Physical Therapy Science
12	2015	Lee et al.[18]	Changes in foot pressure elicited by 3D air balance exercise and pelvic stability exercise for functional leg-length discrepancy in adult women	Journal of Physical Therapy Science
13	2014	Jung et al.[31]	Correlations between quadriceps angle, functional leg length discrepancy and lower extremity muscle strength of women university students in their twenties	The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy
14	2014	Qureshi et al.[32]	Effects of somatic dysfunction on leg length and weight bearing	The Journal of the American Osteopathic Association
15	2014	Jo et al.[33]	The effect of functional leg length inequality in center of pressure and limits of stability	Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association
16	2013	Kim et al.[34]	The foot pressure change caused by functional leg length having an effect on the foot temperature	Journal of the Korean Society of Integrative Medicine
17	2013	Kim et al.[35]	The influence of electromyographic activation on gluteus medius and tensor fascia lata by functional leg length discrepancy in women's university students during lunge	The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy
18	2013	Noll[27]	Leg length discrepancy and osteoarthritic knee pain in the elderly: an observational study	The Journal of the American Osteopathic Association
19	2011	Woodfield et al.[13]	Interexaminer reliability of supine leg checks for discriminating leg-length inequality	Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics
20	2011	Yoon et al.[36]	The analysis of erector spinae muscle on difference of functional leg length inequality -through meridian electromyography	Journal of Oriental Rehabilitation Medicine
21	2011	Gong et al.[20]	The influence of pelvic adjustment on functional leg length inequality and foot pressure	Journal of Physical Therapy Science
22	2010	Cho et al.[37]	Relationship between leg length discrepancy and radiological parameters of lumbosacrum and pelvis in patients with chronic low back pain	Journal of Oriental Rehabilitation Medicine
23	2010	Lee et al.[14]	The comparative study between leg length analysis and x-ray on diagnosis of pelvic malpositions - according to positions and valuation bases	The Journal of Korea CHUNA Manual Medicine for Spine & Nerves
24	2009	Gong et al.[21]	The influence of contract-relax exercise on functional leg length inequality and muscle activity	The Journal of Korean Society of Physical Therapy
25	2009	Lin et al.[12]	Reliability and validity of the iliac crest leveling and paper thickness correction method for measuring functional leg-length discrepancy	Rehabilitation Practice and Science
26	2007	Park et al.[38]	Relationship between moire topography and leg length inequality	Journal of Oriental Rehabilitation Medicine
27	2007	Gong et al.[22]	Influence of therapeutic exercise on functional leg length inequality	Journal of the Korean Society of Physical Medicine
28	2006	Rothbart[39]	Relationship of functional leg-length discrepancy to abnormal pronation	Journal of the American Podiatric Medical Association
29	2006	Ma[25]	A comparison of functional leg length inequality before and after manipulation of patients with low back pain	Journal of the Korean Academy of Physical Therapy
30	2002	Knutson[40]	Incidence of foot rotation, pelvic crest unleveling, and supine leg length alignment asymmetry and their relationship to self-reported back pain	Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics
31	1998	Gross et al.[11]	Reliability and validity of rigid lift and pelvic leveling device method in assessing functional leg length inequality	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy