

건강인 및 무증상자 대상 척추교정요법의 효과에 대한 임상연구 동향 검토

Review of Clinical Research Trends on the Effects of Spinal Manipulation Therapy in Healthy and Asymptomatic Populations

Received: 30 April, 2025. Revised: 4 June, 2025. Accepted: 6 June, 2025

홍수화¹, 임수현¹, 김도영^{2,3*}

¹동국대학교 분당한방병원 한방내과

²자생한방병원 침구의학과

³서울대학교 보건대학원

Soo-Hwa Hong, K.M.D.¹, Su-Hyun

Lim, K.M.D.¹, Do-Young Kim,

K.M.D.^{2,3*}

¹Department of Korean Internal Medicine, Dongguk University Bundang Oriental Medicine Hospital, Seongnam, Republic of Korea

²Department of Acupuncture and Moxibustion, Jaseng Hospital of Korean Medicine, Seoul, Korea

³Department of Public Health Science, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

Objectives This study aimed to investigate the effects of spinal manipulation therapy in healthy and asymptomatic populations.

Methods A keyword search using 'spinal manipulation' was conducted in two databases (PubMed and Cochrane Library). Only randomized controlled trials (RCTs) involving healthy or asymptomatic individuals were included to assess the effects of the intervention. After screening, data were extracted on publication year, country, participant characteristics, intervention and control groups (target spinal region, technique type, and duration), outcome measures, and statistical significance. A bubble chart was used to categorize and illustrate the outcome measures of the included studies.

Results A total of 36 studies met the inclusion criteria. The interventions involved high-velocity low-amplitude (HVLA) techniques or mobilization therapies applied to the cervical, thoracic, or lumbar spine. The findings suggest that spinal manipulation therapy may affect not only pain modulation but also range of motion, autonomic nervous system function, physical performance, biochemical markers, and mental functions.

Conclusions This study supports the potential benefits of spinal manipulation therapy in healthy or asymptomatic populations. Further clinical research is needed to clarify its local, segmental, and central effects.

Key words Spinal manipulation, Healthy population, Asymptomatic Individuals, Review

1. 서론

척추교정요법(spinal manipulation therapy, SMT)은 고속 추진(high-velocity thrust) 기술과 저속 이동(low-velocity mobilization)을 포함하는 보존적 수기 요법으로, 척추 통증을 관리하는 데에 자주 사용되는 치료 방법이다¹⁾. 미국에서 2022년 기준 SMT를 포함하는 카이로프랙틱(chiropractic)을 받은 인구는 11%로, 통증 관리를 위해 보완 치료를 받은 인구 중 85.7%가 이러한 수기요법을 경험한 것으로 나타났다²⁾.

특히 대부분의 척추 통증은 비특이적(non-specific) 통

증이라는 점에서 SMT와 같은 보존적 개입을 더욱 뒷받침하고 있다. 지난 10년 동안 허리 통증의 평가 및 치료에 대한 권장 사항은 덜 침습적이고 비약리화적인 방식으로 바뀌었는데, 일례로 2018년 Lancet에서는 허리 통증에 대한 진통제나 척추 주사 및 수술에 대한 과도한 의존을 경고하면서 수기요법을 포함한 보존적 개입 및 자가 관리 전략을 권장하였다³⁾.

특정 질병에 대한 치료 효과와 별개로, SMT가 지닌 신경생리학적 기전에 대한 연구가 지속되고 있다. 한 문헌에서는 척추 교정의 효과로서 결합 조직 길이의 변화를 포함한 기계적 효과와 진통 효과, 운동 효과, 자율신경계를 포함한 신경생리학적 효과를 언급하였다⁴⁾. 특히

*Corresponding to Do-Young Kim, Department of Acupuncture and Moxibustion, Jaseng Hospital of Korean Medicine, 536 Gangnam-daero, Gangnam-gu, Seoul 06110, Republic of Korea.

TEL. +82-2-1577-0007, FAX. +82-2-514-9988, E-mail. 95kent@naver.com

Copyright © 2025. KSCMM All Rights Reserved.

이러한 신경생리학적 기전을 파악하기 위한 건강인 대상 임상 데이터가 축적되고 있으나, 주로 통증 개선이나 근육 기능 향상에 초점이 맞춰져 있으며 사용된 증재의 적용부위 및 종류에 대한 포괄적인 검토 또한 미흡한 상황이다.

본 연구는 건강인 혹은 무증상자를 대상으로 SMT의 중단기적 효과를 탐구한 연구의 현황을 검토하고 새로운 연구에 대한 가능성을 제시하는 한편, 척추 교정 지닌 신경생리학적 기전을 파악하여 임상 활용의 토대를 마련하고자 한다.

2. 대상 및 방법

1) 문헌 검색

2025년 4월 3일 두 연구자가 PubMed, Cochrane Library의 2개 데이터베이스에 대하여 문헌검색을 수행하였다. 검색어는 ‘spinal manipulation’을 사용하였으며, 임상시험(clinical trial) 또는 무작위대조시험(randomized controlled trial, RCT)를 선별하는 Filter를 이용하여 문헌을 검색하였다. 출판 연도와 언어에 따른 제한은 두지 않았다.

2) 선정 및 제외 기준

건강인 또는 무증상 일반인을 대상으로 척추 교정 요법의 생리적 효과를 탐구한 연구를 대상으로 하였으며, (1) 대상이 건강인 또는 무증상 일반인이 아닌 경우, (2) 척추 분절에 대한 수기요법이 증재가 아닌 경우, (3) 무작위대조시험(RCT)이 아닌 경우, (4) 연구의 전문(full text)을 구할 수 없는 경우, (5) 예비 연구이거나 연구품질이 낮은 경우(Tulder score \leq 4) 제외하였다.

3) 문헌 선별 및 분석

검색된 문헌에 대하여 2명의 연구자가 중복 문헌을 제거한 후 사전 기준에 의거하여 문헌의 전문을 검토하였다. 두 연구자의 의견이 불일치한 경우 제 3자의 의견

에 따라 선정 및 배제하였다.

데이터의 추출은 저자, 출판연도, 출판국가, 증재군(수기요법의 유형, 적용 부위), 대조군, 평가척도, 결과를 포함하였다. 또한, 각 연구가 해당 평가지표를 사용한 목적과 취지에 준하여 문헌에 사용된 지표를 범주화하여 통증감각(pain sensation), 자율신경계(autonomic nervous system), 신체능력(physical function), 운동범위(range of motion, ROM), 생화학지표(biochemical marker), 정신능력(mental function), 심혈관기능(cardiovascular function), 그 외(others)의 8가지로 분류하였다.

3. 결과

1) 선정 결과

검색된 문헌은 총 1,742건으로, 중복을 제외하고 1,144편이 포함되었다. 이중 전문을 구할 수 없는 연구 342편을 제외하였으며, 초록과 전문을 모두 검토하여 본 연구에 부합하지 않는 721편을 제외하였다. 선정된 81편의 연구는 품질을 평가하여 최종적으로 36편의 문헌이 본 연구에 포함되었다. 문헌 선정 과정과 결과는 PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta analysis)⁵⁾ 지침에 따라 flow diagram으로 제시하였다(Fig. 1).

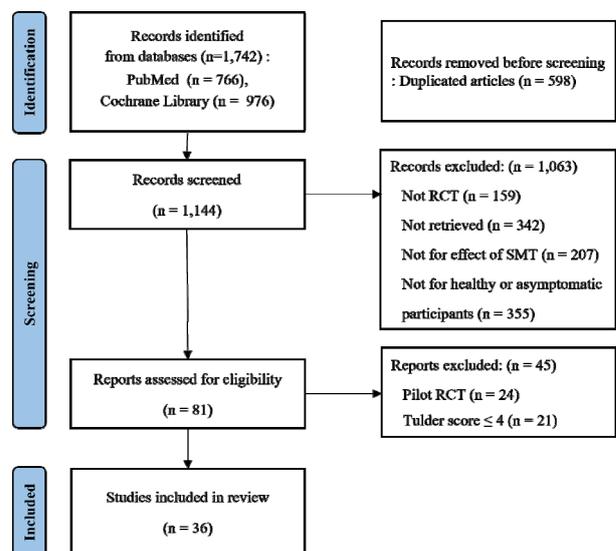


Fig. 1. PRISMA flow diagram of study selection process.

2) 선정된 문헌의 일반적 특성

(1) 출판 연도 및 국가

포함된 문헌의 출판 연도는 2002년, 2007년, 2009년, 2010년, 2014년, 2016년, 2023년, 2024년 각 1편으로 나타났으며 2008년, 2011년, 2015년 각 2편이 출판되었고, 2012년, 2013년, 2018년, 2019년에 각 3편, 2017년과 2020년 각 5편이 출판되어 2015년과 2020년 사이 논문이 과반수를 차지하는 것으로 나타났다(Fig. 2).

출판 국가의 경우 미국이 10편으로 가장 많았고, 영국에서 5편, 스페인, 브라질, 캐나다에서 각 3편, 덴마크, 호주, 포르투갈, 프랑스 2편 등으로 나타났다.

(2) 대상자 특성

참가자는 모두 건강인 혹은 무증상자를 대상으로 하였으며, 1개 연구당 평균 46.3(±26.4)명이 참가하였고 평균 연령은 25.4(±4.1)세로 젊은 나이의 참가자를 대상으

로 하였다. 일부 연구^{36,38,39,41}는 남자 군인 또는 운동선수 등으로 성별을 한정하여 모집하였으며, 여성은 749명으로 전체 참가자의 44.9%를 차지하였다(Table I).

(3) 중재군 설정

중재군의 경우 목표로 하는 척추 분절에 따라 경추,

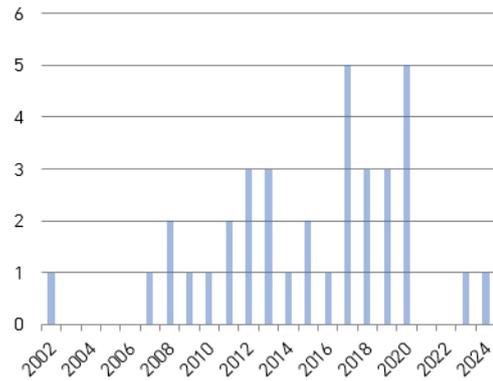


Fig. 2. Publication year of the studies.

Table I. Study Characteristics

Items	Count
N. of RCT	36
N. of participants (female)	1,668 (749 [*])
Mean N. of participant (the number ± SD)	46.3 ± 26.4
Mean age (year ± SD) [†]	25.4 ± 4.1
Target spine (N. of RCT, %) [‡]	36 (100)
Cervical spine	12 (33.3)
Thoracic spine	17 (47.2)
Lumbar spine	15 (41.7)
Type of manipulation technique (N. of RCTs, %) [‡]	
High velocity, low amplitude (HVLA) thrust manipulation	27 (75.0)
Low velocity, low amplitude (LVLA) mobilization	10 (27.8)
Measurement (N. of RCTs, %) [‡]	
Mean N. of measurements per RCT (the number ± SD)	2.9 ± 1.4
Pain sensation	11 (30.6)
Autonomic nervous system	10 (27.8)
Physical function	8 (22.2)
Range of motion (ROM)	7 (19.4)
Biochemical marker	4 (11.1)
Mental function	3 (8.3)
Cardiorespiratory index	2 (5.6)
Others	3 (8.3)

*This does not include RCTs for which information was unavailable.

[†]This is the weighted mean of ages, reported either as a median or a mean in the original articles.

[‡]Some items were applied multiple times; therefore, the total percentage exceeds 100%.

흉추, 요추로 구분하였다. 이중 흉추 조작은 17편(47.2%)이었으며, 요추 15편(41.7%), 경추 12편(33.3%)으로 나타났다. 일부 연구는 흉추와 경추를 서로 다른 중재군으로 채택하거나¹¹⁾, 시험자의 판단에 따라 서로 다른 분절을 선택하였다³⁸⁻⁴¹⁾.

술기의 측면에서 척추 조작은 추력(thrust)을 특징으로 하는 고속저진폭(high velocity low amplitude, HVLA) 기법과 관절의 가동(mobilization)과 진동(oscillation)을 특징으로 하는 저속저진폭(Low velocity low amplitude, LVLA) 기법으로 구분하였다. HVLA 기법은 전체 연구 중 27편(75.0%), LVLA 기법은 10편(27.8%)으로 나타났으며 한 연구²⁸⁾에서는 두가지 기법을 서로 다른 중재군으로 사용하였다. 중재 적용부위로 분류하면, 의사 판단에 따라 치료부위를 선택한 경우를 제외하였을 때 경추의 경우 HVLA 6편, LVLA 2편, 흉추의 경우 HVLA 11편, LVLA 2편, 요추의 경우 HVLA 7편, LVLA 6편으로 나타났으며, LVLA 기법은 요추 중재로 사용된 경우가 대다수(60%)로 나타났다.

피험자는 무증상 혹은 건강 상태였으므로 술기는 단기적인 효과를 평가하기 위하여 대부분 1회 적용되었으며, 일부 연구에서는 3일간 총 3회¹⁸⁾, 2주간 총 4회³⁸⁾ 술기를 적용한 뒤 최종 완료 시점에 효과를 평가하였다(Table II).

(4) 대조군 설정

대조군은 중재 술기에 대비되는 가짜 술기(sham)를 사용하거나, 치료 없이 간단히 양와위 등의 자세를 유지하는 무처치군이 적용되었다. HVLA 중재를 사용하는 연구의 경우 Sham군은 주로 thrust 없이 가벼운 접촉만을 시행하였다. 이외에도 허혈 압박¹⁰⁾이나 비활성화 초음파^{26,27)}, 간단한 수동 운동^{13,29,34)}, 경피적전기신경자극(Transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)⁴¹⁾ 등이 대조군으로 채택되었다(Table II).

(5) 평가지표의 특성

각 연구는 평균 2.9(±1.4)개의 평가지표를 사용하였다. 범주별 빈도를 분석한 결과, 통증감각은 11개로 가장

많은 연구에서 사용하였으며, 뒤이어 자율신경계(10개), 신체능력(8개), 운동범위(7개), 생화학지표(4개), 정신능력 및 그 외(3개), 호흡순환계 지표(2개) 순으로 나타났다(Table I).

3) 평가 지표 및 효과 분석

(1) 평가 지표 분석

운동 범위를 평가한 연구는 7편으로, 경추 중재 3편은 경부 ROM을, 흉추 중재 3편은 흉요관절과 흉추, 견갑 ROM, 수동 하지직거상(passive straight leg raise, PSLR) 각도를 평가하였다. 또한 요추 중재 1편의 경우 하지 직거상(straight leg raise, SLR) 각도를 평가하였다.

통증감각을 평가한 연구는 11개로, 주로 특정 부위의 압력 통각 역치(pain pressure threshold, PPT)를 평가하였으며, 이외 한 연구는²¹⁾ 통증자극 시 지속시간과 통증 정도를, 다른 한 연구²⁸⁾는 수족부 열 통증의 시간적 합산값(temporal summation of heat pain)을 평가하였다.

자율신경계를 평가한 연구는 10개로, 심박변이도(heart rate variability, HRV)를 평가한 경우가 6개였으며, 피부 전도도(skin conduction)를 평가한 연구가 3건, 피부의 전기활성과 온도를 평가한 연구가 1건으로 나타났다.

신체능력을 평가한 연구는 8개로, 근경직도와 유연성, 상지 및 하지 기능평가, 근전도를 통한 운동유발전위, Hoffmann 반사를 포함하였다.

생화학지표를 평가한 연구는 4편으로, 노르에피네프린(norepinephrine) 및 에피네프린(epinephrine), 코르티솔(cortisol), 테스토스테론(testosterone), 뉴로텐신(neurotensin), 옥시토신(oxytocin), 오렉신 A(orexin A) 등을 포함하였다.

정신능력을 평가한 연구는 3편으로, 내수용감각 정확성(interoceptive accuracy), 반응시간(reaction time), 고유수용성감각(proprioception)을 포함하였다. 심혈관 기능을 평가한 2편의 연구는 심전도(electrocardiogram), 맥박산소측정(pulse oximetry), 혈압을 포함하였다. 이외 근육의 두께, 자기공명영상을 통한 관절면관절(zygapophysial joints) 길이, 성음 기본주파수(voice fundamental frequency)는 그 외(Others) 지표로 3개 연구에서 분류되었다(Table II).

Table 11. Summary of the RCTs

Author (Year) [Country]	Target spine	Type of technique	N. of participant (N. of arms)	Intervention	Controls	Outcome measure (time point relative to intervention)	Statistical significance
Cervical spine							
Budgell (2023) [Canada] ⁶⁾	Lower C-spine	HVLA	91 (2)	Seated HVLA (anterior cervical adjustment)	sham	HRV, norepinephrine	-
Nogueira (2020) [Portugal] ⁷⁾	C3-4	HVLA	50 (4)	Supine HVLA, Instrument-Assisted prone HVLA	sham, no Tx.	PPT, muscle tone, elasticity, or stiffness -both trapezius, biceps	PPT: P<0.05
Hanney (2017) [USA] ⁸⁾	C7-T1	HVLA	102 (3)	Prone HVLA on CT junction	1) manual stretch 2) no Tx.	PPT-upper trapezius, cervical ROM (0)	PPT: P<0.05 ROM-extension: P<0.01 ROM-side bending: P<0.05
Bowler (2017) [UK] ⁹⁾	C5	LVLA	30 (3)	Sustained natural apophyseal glides (SNAGs)	1) sham, 2) no Tx.	cervical ROM, skin conduction, skin temperature-hand (0)	-
Ganesh (2016) [India] ¹⁰⁾	C3-4	LVLA	90 (3)	Mobilization	1) ischemic compression, 2) sham	PPT-upper trapezius, passive cervical lateral flexion ROM (2-week)	PPT: P<0.05 ROM: P<0.05
Plaza-Manzano (2014) [Spain] ¹¹⁾	C4-5	HVLA	30 (3)	Supine cervical HVLA (supine thoracic HVLA)	no Tx.	neurotensin, oxytocin, orexin A, cortisol (0, 2-hour)	neurotensin, oxytocin, cortisol (0): P<0.05
Srbely (2013) [Canada] ¹²⁾	C5-6	HVLA	36 (2)	Supine HVLA	sham	PPT-infraspinatus, gluteus medius (1, 5, 10, 15-min)	infraspinatus: P<0.05
Fernández-de-las-Peñas (2007) [Spain] ¹³⁾	C5-6	HVLA	15 (3)	Supine HVLA	1) sham 2) passive movement	PPT-lateral elbow (5-min)	P<0.01
Thoracic spine							
Sueki (2020) [USA] ¹⁴⁾	T4-5	HVLA	23 (2)	Supine HVLA	sham	passive SLR ROM (0, 1-week)	(0): P<0.05
Picchiottino (2020) [France] ¹⁵⁾	T5	HVLA	41 (2)	Prone HVLA	sham	PPT-T5, L4, HRV, BP (0, 30-min)	-
Honoré (2020) [France] ¹⁶⁾	T5	HVLA	50 (2)	Prone HVLA	sham	PPT (0. 12-, 24-, 36-min)	-
Griffiths (2019) [UK] ¹⁷⁾	T12-L1	HVLA	21 (3 cross-over)	HVLA in lateral position	1) sham, 2) no Tx.	T-L junction ROM, interoceptive accuracy (0)	ROM: P<0.01
Minarini (2018) ¹⁸⁾	T2-3, 5-6, 11-12	HVLA	73 (2)	Supine HVLA -T2-3(Day 1), T5-6(Day 2)/ T11-12(Day 3)	sham	HRV-RMSSD (0)	P<0.01
Araujo (2018) [Brazil] ¹⁹⁾	T4	LVLA	57 (3)	1) Gr. III rotatory PA PAIVM in prone position 2) Gr. III unilateral PA PAIVM in slump position	sham	HRV, PPT-C7, T4, first dorsal interossei, tibialis anterior	-
Sampath (2017) [New Zealand] ²⁰⁾	T4-5	HVLA	24 (2)	Supine HVLA	sham	cortisol, testosterone, T/C ratio, HRV, oxy-hemoglobin concentration-calf muscle (5, 30-min, 6-hour)	cortisol (5-min): P<0.01 T/C ratio (6-hour): P<0.05

Table II. Continued

Author (Year) [Country]	Target spine	Type of technique	N. of participant (N. of arms)	Intervention	Controls	Outcome measure (time point relative to intervention)	Statistical significance
O'Neill (2015) [Denmark] ^[21]	T6	HVLA	29 (2 cross-over)	Prone HVLA	sham	Pain(duration, VAS) (0)	-
Plaza-Manzano (2014) [Spain] ^[11]	T3-5	HVLA	30 (3)	Supine cervical HVLA (Supine thoracic HVLA)	no Tx.	neurotensin, oxytocin, orexin A, cortisol in plasma (0, 2-hour)	neurotensin, oxytocin, orexin A, cortisol in plasma P<0.05
Ward (2013) [USA] ^[22]	T1-4	HVLA	36 (3)	Supine HVLA	1) sham, 2) no Tx.	ECG, pulse oximetry, blood pressure (1 min)	-
Rosa (2013) [Brazil] ^[23]	M i d d l e T-spine	HVLA	42 (2)	Seated HVLA	sham	disability of upper extremity, scapulothoracic ROM (0)	-
Puhl (2012) [Canada] ^[24]	T1-3, T4-6	HVLA	36 (2)	Prone HVLA	sham	norepinephrine, epinephrine (0, 1.5-min)	-
Jowsey (2010) [UK] ^[25]	T4-5	LVLA	36 (2)	Gr. III rotatory PA mobilization	sham	skin conductance (SC) in the hands	Rt. Hand: P<0.05
Lumbar spine							
Schumacher (2024) [USA] ^[26]	L5-S1	HVLA	55 (2)	HVLA in lateral position	deactivated US	PPT-rPSIS (0, 30-min)	(0): P<0.01 (30-min): P<0.05
Paredes (2020) [Portugal] ^[27]	L5-S1	HVLA	26 (2)	Global pelvic manipulation with HVLA in lateral position	deactivated US	Joint proprioception-active, manual	-
Penza (2017) [US] ^[28]	L3	HVLA, LVLA	92 (3)	1) Prone HVLA, 2) Prone MOB	no Tx.	temporal summation of heat pain (TSP)-hand, foot (0)	HVLA TSP-foot: P<0.05 LVLA TSP-foot: P<0.05
Yuen (2017) [HK, China] ^[29]	L2-3	LVLA	24 (2)	Gr. III passive rotation mobilization in lateral position	Gr. II passive hip flexion mobilization in supine position	hip flexor torque, single-leg triple-hop distance (0)	hip flexor torque: P<0.05
Moutzouri (2012) [Greece] ^[30]	L4	LVLA	45 (3)	Sustained natural apophyseal glides (SNAGs) in sitting position	1) sham, 2) no Tx.	skin conductance-lower limb (0)	-
Fryer (2012) [Australia] ^[31]	L5-S1	HVLA	14 (2)	HVLA in lateral position	sham	motor evoked potentials(MEP) on Rt. Gastrocnemius/M-wave Hoffmann reflex/M-wave	P<0.05
Szlezak (2011) [Australia] ^[32]	L1-5	LVLA	36 (3)	grade III oscillatory PA mobilizations	stretching, no Tx.	ROM-SLR degree (0)	-
Puentedura (2011) [USA] ^[33]	Upper L-spine	HVLA	35 (2)	HVLA in lateral position	sham	thickness of transversus abdominis (0)	-
Grindstaff (2009) [USA] ^[34]	L5-S1	LVLA	42 (3)	lumbopelvic manipulation(mobilization)	joint 1) passive movement, 2) prone extension	quadriceps force and activation (0, 20, 40-min, 1-hour)	-
Dishman (2008) [USA] ^[35]	L5-S1	HVLA	72 (2)	HVLA in lateral position	no Tx.	MEP from lumbar erector spinae muscles (0)	P<0.05
Perry (2008) [UK] ^[36]	L4-5	LVLA	45 (3)	Gr. III oscillatory PA mobilization	1) sham, 2) no Tx.	skin conductance-lower limb (during the intervention, 0)	during the intervention: P<0.05

Table II. Continued

Author (Year) [Country]	Target spine	Type of technique	N. of participant (N. of arms)	Intervention	Controls	Outcome measure (time point relative to intervention)	Statistical significance
Cramer (2002) [USA] ³⁷⁾	L3-5	HVLA	64 (4)	1) HVLA in lateral position (Lateral MRI), 2) HVLA in lateral position (Supine MRI)	3) side position (Lateral MRI) 4) Briefly side position (Supine MRI)	zygapophysial joints from MRI-prone/side position (0)	1) vs 3) P<0.05 1) vs 4) P<0.01
<i>Not specified</i>							
DeVocht (2019) [USA] ³⁸⁾	C, T, L	HVLA	120 (2)	Chiropractic manipulative therapy (HVLA)	waitlist	reaction time-simple hand/foot, choice, Fitts' law test response time, whole-body response time (0, 2-week)	whole-body response time: P<0.05
Valenzuela (2019) [Spain] ³⁹⁾	C, T, L	HVLA	37 (2)	Spinal manipulative therapy (HVLA)	sham	HRV, handgrip strength, jumping, cycling performance (0)	HRV stress score: P<0.01 cycling performance: P<0.05
Christiansen (2018) [Denmark] ⁴⁰⁾	C, T, L	HVLA	11 (2 cross-over)	Spinal manipulation (HVLA)	passive movement	Soleus-evoked V-waves, H-reflex, MVC-plantar flexors (0, 30-min, 60-min)	V-wave: P<0.01 MVC (0, 30-min): P<0.01
Fachinatto (2015) [Brazil] ⁴¹⁾	C, T	HVLA	30 (2 cross-over)	Spinal manipulative therapy (HVLA)	TENS	The mean fundamental frequencies (0)	-

[UK]Abbreviations. C : Cervical spine, L : Lumbar spine, HVLA : High velocity low amplitude thrust manipulation, LVLA : Low velocity low amplitude mobilization, PPT : Pain pressure threshold, ROM : Range of motion, HRV : Heart rate variability, Tx : Treatment, RMSSD : Root mean square of successive differences, T/C : Testosterone/cortisol, ECG : Electrocardiogram, PSIS : Posterior superior iliac spine, MEP : Motor evoked potentials, SLR : Straight leg raise, Gr : Grade, PA : Posterior-to-anterior, PAIVM : Passive accessory intervertebral movements, MOB : Spinal mobilization, H-reflex : Hoffmann reflex, US : Ultrasound, TENS : Transcutaneous electrical nerve stimulation, MVC : Maximum voluntary contraction. Results with P<0.05 are considered statistically significant; non-significant results are omitted.

(2) 효과 분석

문헌을 검토한 내용을 토대로, 척추 부위 별 각 지표를 포함하는 연구의 개수와 유효성의 빈도를 도식화하였다(Fig. 3).

운동 범위를 평가한 연구는 총 7편으로, 경추 증재 3편⁸⁻¹⁰ 및 흉추 증재 3편^{14,17,23} 중 각 2편(66.7%)이 유의한 것으로 나타났으며, 흉추의 경우 흉추, 견갑 ROM에는 유의한 변화가 없었으나 흉요관절이나 수동 하지직 거상(PSLR) 각도가 개선된 것으로 나타났다. 요추 관절 가동화를 시행한 1편의 연구는 SLR 각도에 대하여 유의한 효과가 없었다³².

통증감각을 평가한 11개 연구에 대하여 증재 부위는 경추 5편^{7,8,10,12,13}, 흉추 4편^{15,16,19,21}, 요추 2편^{26,28}으로 나타났다. 이중 흉추에 대한 증재는 통증감각에 대하여

유의한 효과가 없었으나, 경추와 요추 증재의 경우 모든 연구에서 유의성이 관찰되었다.

자율신경계를 평가한 연구는 10개로, 1개 연구³⁹는 전체 척추 분절에 대하여 시술자의 판단에 따른 증재를 시행하여 유의한 결과를 보고하였다. 이외 요추의 경우 요천관절(lumbosacral joint)에 HVLA 추력을 적용 시 일시적인 하지 피부전도도가 증가하는 것으로 나타났으며, 흉추의 경우 2개 연구^{18,25}에서 HRV와 피부전도도를 유의하게 개선한 것으로 나타났다.

신체능력을 평가한 연구는 8개로, 경추 3편, 흉추 3편, 요추 6편이었으며 과반수의 연구가 신체능력을 유의하게 개선하는 것으로 나타났다. 2개 연구^{39,40}는 시술자의 판단에 따라 경흉요추를 모두 치료하여 유의한 효과를 나타냈다. 경부 근경직도 및 유연성, 상지 기능성 및 대퇴사두근의 근력에는 유의한 효과가 없었으나, 근전도를 통한 운동유발전위나 고관절굽힘토크(hip flexor torque), 사이클링 성능(cycling performance) 등에서 유의한 효과를 나타내었다.

생화학지표를 평가한 연구는 4편으로, Plaza-Manzano¹¹의 연구는 경추 증재와 흉추 증재가 혈장 neurotensin, oxytocin 수치를 증가시킴을 확인하였으며, 경추는 cortisol 수치 또한 유의하게 증가시켰다고 보고하였다.

Sampath²⁰는 흉추 증재를 통하여 5분 뒤 Cortisol 수치가 감소하였고, 6시간 후에도 testosterone 대비 cortisol 비율이 유지됨을 확인하였다. 그러나, 경추 및 흉추 증재에서^{6,24} 노르에피네프린 또는 에피네프린 수치는 유의한 변화가 없었다.

심혈관 기능을 평가한 2편의 연구는 모두 흉추를 대상으로 하였으며, 한편은 혈압만을 측정하였고¹⁵ 다른 연구는²² 심전도(electrocardiogram), 맥박산소측정(pulse oximetry), 혈압을 포함하였으나 모두 유의한 효과를 발견하지 못하였다.

정신능력을 평가한 연구는 3편이었으며, 흉추 증재에 대한 내수용감각 정확성(interoceptive accuracy)¹⁷, 요추 증재에 대한 고유수용성감각(proprioception)²⁷ 평가에는 유의한 효과가 없었다. 그러나 의사 판단에 따라 척추 분절을 선택하여 시술한 경우 전신반응시간(whole-body response time)³⁸이 개선되는 것으로 나타났다.

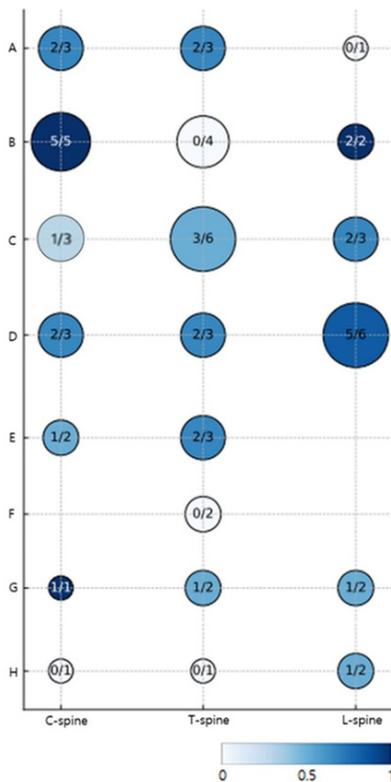


Fig. 3. Significance of clinical indicators in spinal manipulation RCTs. A : range of motion(ROM), B : pain sensation, C : autonomic nervous system, D : physical function, E : biochemical markers, F : cardiovascular function, G : mental function, H : others. Circle size indicates the number of RCTs assessing each indicator, and color intensity reflects the proportion of studies in which at least one measurement showed statistical significance. Some RCTs were counted more than one times if they included interventions targeting multiple spinal regions.

이외 그 외(Others) 지표에 대하여, 경추와 흉추 중재 시 성음에 미치는 영향은 없었으며, 요추 중재시³³⁾ 근육 두께에 유의한 영향이 없는 것으로 나타났다. 한 연구³⁷⁾는 요추 중재를 통하여 관절면관절(zygapophysial joints)의 거리를 개선한 것으로 나타났다(Table II).

4. 고찰

척추 교정요법은 현재 여러 임상지침에서 척추 통증 관리에 권장되는 보존적 수기 치료이다. 그럼에도 불구하고, 척추 교정의 여러 효과는 아직 구체적으로 밝혀지지 않았으며, 때로는 맥락적 요인(e.g. 플라시보 효과)과 결합되어 구별하기 어려운 측면이 있다⁴²⁾. 따라서 SMT의 임상적 가치를 명확히 하려면, 척추교정의 메커니즘과 함께 해당 중재가 어떠한 신경생리학적 변화를 일으키는지에 대한 이해가 필수적이다.

척추 요법에 대한 기존 연구는 척추 교정이 말초 및 분절적 효과, 중추 감각 효과의 세가지 기전을 지남을 언급하였다⁴⁾. 구체적으로는 말초의 국소 조직 자극을 통하여 산화 스트레스 및 전염증성 사이토카인을 감소시키고, 척수 경로를 통하여 피부절, 근절의 통각 수용경로 및 시간적 합산(temporal summation)을 억제하며, 중추 효과를 통하여 연관 뇌 부위를 활성화함으로써 하행성 경로를 조절하는 것을 골자로 하였다⁴³⁾.

이러한 시각을 바탕으로, 최근 연구에서는 SMT가 분절 기전을 통하여 단기적인 등척성 근력을 증가시키는 것으로 나타났으며⁴⁴⁾, 국소부위 혹은 분절 수준에서 압력 통각 역치(PPT)를 증가시켰고⁴⁵⁾, 만성 통증이 있는 환자에서 광범위한 효과 또한 보고되었다는 점에서⁴⁶⁾ 중추 감각이 관여함을 확인하였다.

본 연구는 포함된 문헌을 바탕으로 연구 특성을 분류하고, 경추, 흉추, 요추에 따른 중재 및 평가척도의 채택과 그 효과 분포를 확인하여 기존에 알려진 메커니즘과 비교하고자 하였다. 포함된 문헌에서 경추와 요추 중재의 경우 통증 역치에 대해 유의한 효과가 비교적 일관적으로 나타났으며, 이는 앞서 언급한 연구의 흐름과도 일

치하였다.

특히 Plaza-Manzano의 연구¹¹⁾에서 경추 및 흉추의 중재는 뉴로텐신(neurotensin), 옥시토신(oxytocin)의 수치를 대조군 대비 유의하게 증가시켰으므로, SMT가 중추 및 분절 시스템에 관여할 수 있음을 강하게 시사하였다. 뉴로텐신은 흑질, 편도체, 시상하부, 척수 등 중추 신경계의 여러 영역과 말초 장내에서 생성되는 신경펩타이드로, 비오피오이드(non-opioid) 경로를 통하여 통증 조절에 관여한다⁴⁷⁾. 또한 뉴로텐신은 시상하부 상핵의 옥시토신 분비를 촉진시키는데⁴⁸⁾, 옥시토신은 척수 후각에서 통증을 매개하는 A δ 와 C 섬유를 억제⁴⁹⁾하여 분절적 효과를 나타내는 한편, 직접적으로 TRPV1(transient receptor potential cation channel subfamily V member 1)를 자극⁵⁰⁾하여 통증에 대한 민감도를 저하시켰을 것으로 추정된다.

또한, 본 연구에서 피부전도도나 HRV와 같이 자율신경계 반응에 의존하는 지표에 대하여 두드러진 개선이 나타나, 자율신경계 측면에서 SMT의 잠재적 효과를 확인할 수 있었다. 이전 연구에 따르면, 척추 가동(spinal mobilization) 시 피부 전도도와 같은 자율 신경 변수와 PPT 등의 통증 변수 간에 양의 상관관계가 관찰되었다⁵¹⁾. 그러나 앞선 연구에서¹¹⁾ 흉추와 달리 경추 HVLA기법에 한해 혈장 코르티솔의 증가를 관찰한 한편, 또 다른 연구²⁰⁾에서는 흉추 HVLA기법에서 타액 코르티솔의 농도가 감소하였다. 다른 연구에서는 경추 및 흉추 HVLA기법에 대하여 에피네프린이나 노르에피네프린에 유의한 변화가 없다고 보고하였으며^{6,24)}, 심혈관지표 관련 연구에서도 유의한 효과가 없었다는 점 또한 자율신경계에 대한 SMT의 영향이 일관되지 않음을 시사하고 있다.

다만 앞서 언급한 뉴로텐신 등은 말초에서 심혈관계와 소화관의 부신피질자극호르몬 및 내분비호르몬으로 작용하며, 시상하부-뇌하수체-부신 축(hypothalamic-pituitary-adrenal axis, HPA axis)을 자극하여 체온조절의 효과를 낸다는 점에서⁵²⁾ SMT가 잠재적인 자율신경계 효과를 지닐 것으로 추측할 수 있다. 따라서 SMT의 자율신경계 조절에 대하여 보다 확실한 결론을 위해서는 잘 설계된 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한 주목할 점은, 건강인을 대상으로 특정 분절을 일

를적으로 시술한 연구와 달리, 시술자의 임상적 판단에 따라 부위를 선택한 연구에서³⁸⁻⁴¹⁾ 더 유의미한 결과가 나타났다는 점이다. 모집된 대상이 건강인 내지 무증상 환자군임을 고려할 때, 잠재적으로 불균형한 부위를 식별하고 적절한 치료를 시행하는 의료인의 판단이 중요함을 시사하였다.

본 연구는 SMT가 신경근 반응 등 생리적 영향을 미친다는 이론을 뒷받침하고 있다. 그러나 질환 및 증상 여부에 따라 SMT에 대한 반응도 달라질 수 있으며, 순간적인 추력(thrust)과 같은 일부 기법의 특성상 가짜 시술(sham)에 대하여 온전한 눈가림이 어려울 수 있다는 점에 유의하여야 한다. 또한 본 연구는 2가지 해외 데이터 베이스를 기반으로 단일 키워드를 이용하여 문헌을 검색하였으므로 일부 연구가 누락되었을 가능성을 배제할 수 없다. 더불어 각 연구의 목적에 준하여 지표를 범주화 하였으나, 평가 방법에 있어 이질성이 높았으므로 통합적인 해석이 어려웠다. 이러한 점은 본 연구의 명확한 한계이며, 향후 연구에서는 확장된 검색 전략과 분석을 통하여 자료 수집의 대표성과 포괄적 해석을 제고할 필요가 있다고 사료된다.

본 연구는 건강인 혹은 무증상자를 대상으로 척추 교정이 유발하는 생리학적 반응을 범주화하여 폭넓게 검토하였다는 점에서 강점을 지닌다. 또한, 각 연구를 치료 분절과 기법에 따라 세분화하여 그 동향을 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 향후 척추교정의 기전을 명확히 하기 위하여 보다 체계적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 건강인 또는 무증상자를 대상으로 척추 교정(spinal manipulation)의 효과를 탐구한 무작위대조시험의 임상 현황을 검토하였다. 선정된 36개 문헌을 분석한 결과, 경추, 흉추, 요추를 대상으로 고속저진폭 혹은 관절가동요법을 사용하였으며, 척추 교정 치료가 통증 조절의 효과와 더불어 운동범위, 자율신경계, 신체능력, 생화학 지표, 정신능력 등에서 잠재적 효과가 있는 것으

로 나타났다. 척추 교정 치료의 국소적, 분절적, 중추적 효과 등을 규명하기 위하여 향후 추가적인 임상 연구가 필요하다.

References

1. Michaleff ZA, Lin CW, Maher CG, van Tulder MW. Spinal manipulation epidemiology: systematic review of cost effectiveness studies. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(5):655-62. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.02.011>
2. Nahin RL, Rhee A, Stussman B. Use of Complementary Health Approaches Overall and for Pain Management by US Adults. *JAMA.* 2024;331(7):613-615. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.26775>
3. Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, Ferreira PH, Fritz JM, Koes BW, Peul W, Turner JA, Maher CG, Lancet Low Back Pain Series Working Group. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *Lancet.* 2018;391(10137):2368-2383. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30489-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30489-6)
4. Souvlis T, Vicenzino B, Wright A. Neurophysiological effect of spinal manual therapy. In: Boyling JD, Jull GA, eds. *Grieve's Modern Manual Therapy: The Vertebral Column.* 3rd ed. Edinburgh, United Kingdom:Churchill Livingstone. 2004:367-380.
5. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
6. Budgell BS, Injeyan HS, Teodorczyk-Injeyan J. Effect of Seated Cervical Spinal Manipulation on Autonomic Nervous System Activity as Measured by Heart Rate Variability and Plasma Norepinephrine Levels: A randomized pre- and poststudy. *J Manipulative Physiol Ther.* 2023;46(4):220-228. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2024.02.003>
7. Nogueira N, Oliveira-Campelo N, Lopes Â, Torres R, Sousa ASP, Ribeiro F. The Acute Effects of Manual and Instrument-Assisted Cervical Spine Manipulation on Pressure Pain Threshold, Pressure Pain Perception, and Muscle-Related Variables in Asymptomatic Subjects: A Randomized Controlled Trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2020;43(3):179-188. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2019.05.007>
8. Hanney WJ, Puenteadura EJ, Kolber MJ, Liu X, Pabian PS, Cheatham SW. The immediate effects of manual stretching

- and cervicothoracic junction manipulation on cervical range of motion and upper trapezius pressure pain thresholds. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;30(5):1005-1013. <https://doi.org/10.3233/BMR-169573>
9. Bowler N, Browning P, Lascrain-Aguirrebeña I. The effects of cervical sustained natural apophyseal glides on neck range of movement and sympathetic nervous system activity. *Int J Osteopath Med.* 2017;25:15-20. <https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2017.02.003>
 10. Ganesh GS, Singh H, Mushtaq S, Mohanty P, Pattnaik M. Effect of cervical mobilization and ischemic compression therapy on contralateral cervical side flexion and pressure pain threshold in latent upper trapezius trigger points. *J Bodyw Mov Ther.* 2016;20(3):477-483. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.11.010>
 11. Plaza-Manzano G, Molina-Ortega F, Lomas-Vega R, Martínez-Amat A, Achalandabaso A, Hita-Contreras F. Changes in biochemical markers of pain perception and stress response after spinal manipulation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2014;44(4):231-239. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.4996>
 12. Srbely JZ, Vernon H, Lee D, Polgar M. Immediate effects of spinal manipulative therapy on regional antinociceptive effects in myofascial tissues in healthy young adults. *J Manipulative Physiol Ther.* 2013;36(6):333-341. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2013.01.005>
 13. Fernández-de-las-Peñas C, Pérez-de-Heredia M, Brea-Rivero M, Miangolarra-Page JC. Immediate effects on pressure pain threshold following a single cervical spine manipulation in healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(6):325-329. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2542>
 14. Sueki D, Almaria S, Bender M, McConnell B. The immediate and 1-week effects of mid-thoracic thrust manipulation on lower extremity passive range of motion. *Physiother Theory Pract.* 2020;36(6):720-730. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1492056>
 15. Picchiottino M, Honoré M, Leboeuf-Yde C, Gagey O, Cottin F, Hallman DM. The effect of a single spinal manipulation on cardiovascular autonomic activity and the relationship to pressure pain threshold: a randomized, cross-over, sham-controlled trial. *Chiropr Man Therap.* 2020;28(1):7. <https://doi.org/10.1186/s12998-019-0293-4>
 16. Honoré M, Picchiottino M, Wedderkopp N, Leboeuf-Yde C, Gagey O. What is the effect of spinal manipulation on the pressure pain threshold in young, asymptomatic subjects? A randomized placebo-controlled trial, with a cross-over design. *Chiropr Man Therap.* 2020;28(1):6. <https://doi.org/10.1186/s12998-020-0296-1>
 17. Griffiths FS, McSweeney T, Edwards DJ. Immediate effects and associations between interoceptive accuracy and range of motion after a HVLA thrust on the thoracolumbar junction: A randomised controlled trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2019;23(4):818-824. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.06.007>
 18. Minarini G, Ford M, Esteves J. Immediate effect of T2, T5, T11 thoracic spine manipulation of asymptomatic patient on autonomic nervous system response: single-blind, parallel-arm controlled-group experiment. *Int J Osteopath Med.* 2018;30:12-17. <https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2018.10.002>
 19. Araujo FX, Scholl Schell M, Ferreira GE, Pessoa MDV, de Oliveira LR, Borges BG, Macagnan FE, Plentz RDM, Silva MF. Autonomic function and pressure pain threshold following thoracic mobilization in asymptomatic subjects: A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2018;22(2):313-320. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.09.005>
 20. Sampath KK, Botnmark E, Mani R, Cotter JD, Katare R, Munasinghe PE, Tumilty S. Neuroendocrine Response Following a Thoracic Spinal Manipulation in Healthy Men. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017;47(9):617-627. <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7348>
 21. O'Neill S, Ødegaard-Olsen Ø, Søvde B. The effect of spinal manipulation on deep experimental muscle pain in healthy volunteers. *Chiropr Man Therap.* 2015;23:25. <https://doi.org/10.1186/s12998-015-0069-4>
 22. Ward J, Coats J, Tyer K, Weigand S, Williams G. Immediate effects of anterior upper thoracic spine manipulation on cardiovascular response. *J Manipulative Physiol Ther.* 2013;36(2):101-110. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2013.01.003>
 23. Rosa DP, Albuquerque-Sendin F, Salvini TF, Camargo PR. Effect of seated thoracic manipulation on changes in scapular kinematics and scapulohumeral rhythm in young asymptomatic participants: a randomized study. *J Manipulative Physiol Ther.* 2013;36(8):546-554. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2013.07.006>
 24. Puhl AA, Injeyan HS. Short-term effects of manipulation to the upper thoracic spine of asymptomatic subjects on plasma concentrations of epinephrine and norepinephrine—a randomized and controlled observational study. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012;35(3):209-215. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2012.01.012>
 25. Jowsey P, Perry J. Sympathetic nervous system effects in the hands following a grade III postero-anterior rotatory mobilisation technique applied to T4: a randomised, placebo-controlled trial. *Man Ther.* 2010;15(3):248-253. <https://doi.org/10.1016/j.math.2009.12.008>
 26. Schumacher MR, Swanson C, Wolff S, Orteza R, Aguilar R. Exploring the immediate and short-term effect of lumbar spinal manipulation on pressure pain threshold: a randomized controlled trial of healthy participants. *Chiropr Man Therap.* 2024;32(1):19. <https://doi.org/10.1186/s12998-024-00540-5>
 27. Paredes R, Crasto C, Magalhães B, Carvalho P. Short-Term Effects of Global Pelvic Manipulation on Knee Joint Position

- Sense in Asymptomatic Participants: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2020;43(7):675-682.
<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2018.11.036>
28. Penza CW, Horn ME, George SZ, Bishop MD. Comparison of 2 Lumbar Manual Therapies on Temporal Summation of Pain in Healthy Volunteers. *J Pain.* 2017;18(11):1397-1408.
<https://doi.org/10.1016/j.jpain.2017.07.007>
 29. Yuen TS, Lam PY, Lau MY, Siu WL, Yu KM, Lo CN, Ng J. Changes in Lower Limb Strength and Function Following Lumbar Spinal Mobilization. *J Manipulative Physiol Ther.* 2017;40(8):587-596.
<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2017.07.003>
 30. Moutzouri M, Perry J, Billis E. Investigation of the effects of a centrally applied lumbar sustained natural apophyseal glide mobilization on lower limb sympathetic nervous system activity in asymptomatic subjects. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012;35(4):286-294.
<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2012.04.016>
 31. Fryer G, Pearce AJ. The effect of lumbosacral manipulation on corticospinal and spinal reflex excitability on asymptomatic participants. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012;35(2):86-93.
<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2011.09.010>
 32. Szlezak AM, Georgilopoulos P, Bullock-Saxton JE, Steele MC. The immediate effect of unilateral lumbar Z-joint mobilisation on posterior chain neurodynamics: a randomised controlled study. *Man Ther.* 2011;16(6):609-613.
<https://doi.org/10.1016/j.math.2011.06.004>
 33. Puentedura EJ, Landers MR, Hurt K, Meissner M, Mills J, Young D. Immediate effects of lumbar spine manipulation on the resting and contraction thickness of transversus abdominis in asymptomatic individuals. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(1):13-21.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3311>
 34. Grindstaff TL, Hertel J, Beazell JR, Magrum EM, Ingersoll CD. Effects of lumbopelvic joint manipulation on quadriceps activation and strength in healthy individuals. *Man Ther.* 2009;14(4):415-420.
<https://doi.org/10.1016/j.math.2008.06.005>
 35. Dishman JD, Greco DS, Burke JR. Motor-evoked potentials recorded from lumbar erector spinae muscles: a study of corticospinal excitability changes associated with spinal manipulation. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008;31(4):258-270.
<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2008.03.002>
 36. Perry J, Green A. An investigation into the effects of a unilaterally applied lumbar mobilisation technique on peripheral sympathetic nervous system activity in the lower limbs. *Man Ther.* 2008;13(6):492-499.
<https://doi.org/10.1016/j.math.2007.05.015>
 37. Cramer GD, Gregerson DM, Knudsen JT, Hubbard BB, Ustas LM, Cantu JA. The effects of side-posture positioning and spinal adjusting on the lumbar Z joints: a randomized controlled trial with sixty-four subjects. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(22):2459-2466.
<https://doi.org/10.1097/00007632-200211150-00008>
 38. DeVocht JW, Vining R, Smith DL, Long C, Jones T, Goertz C. Effect of chiropractic manipulative therapy on reaction time in special operations forces military personnel: a randomized controlled trial. *Trials.* 2019;20(1):5.
<https://doi.org/10.1186/s13063-018-3133-2>
 39. Valenzuela PL, Pancorbo S, Lucia A, Germain F. Spinal Manipulative Therapy Effects in Autonomic Regulation and Exercise Performance in Recreational Healthy Athletes: A Randomized Controlled Trial. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019;44(9):609-614.
<https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002908>
 40. Christiansen TL, Niazi IK, Holt K, Nedergaard RW, Duehr J, Allen K, Marshall P, Türker KS, Hartvigsen J, Haavik H. The effects of a single session of spinal manipulation on strength and cortical drive in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(4):737-749.
<https://doi.org/10.1007/s00421-018-3799-x>
 41. Fachinatto AP, Duprat Ade C, Silva MA, Bracher ES, Benedicto Cde C, Luz VB, Nogueira MN, Fonseca BS. Effect of Spinal Manipulative Therapy on the Singing Voice. *J Voice.* 2015;29(5):645.e33-9.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.10.005>
 42. Gevers-Montoro C, Provencher B, Descarreaux M, Ortega de Mues A, Piché M. Clinical Effectiveness and Efficacy of Chiropractic Spinal Manipulation for Spine Pain. *Front Pain Res (Lausanne).* 2021;2:765921.
<https://doi.org/10.3389/fpain.2021.765921>
 43. Gevers-Montoro C, Provencher B, Descarreaux M, Ortega de Mues A, Piché M. Neurophysiological mechanisms of chiropractic spinal manipulation for spine pain. *Eur J Pain.* 2021;25(7):1429-1448.
<https://doi.org/10.1002/ejp.1773>
 44. Lo CN, Tsang EW, Ngai SPC. The effectiveness of neuromuscular spinal manipulation – an updated systematic review and meta-analysis. *Int J Osteopath Med.* 2024;54:100731.
<https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2024.100731>
 45. Honoré M, Leboeuf-Yde C, Gagey O. The regional effect of spinal manipulation on the pressure pain threshold in asymptomatic subjects: a systematic literature review. *Chiropr Man Therap.* 2018;26:11.
<https://doi.org/10.1186/s12998-018-0181-3>
 46. Martínez-Segura R, De-la-Llave-Rincón AI, Ortega-Santiago R, Cleland JA, Fernández-de-Las-Peñas C. Immediate changes in widespread pressure pain sensitivity, neck pain, and cervical range of motion after cervical or thoracic thrust manipulation in patients with bilateral chronic mechanical neck pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(9):806-14.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4151>
 47. St-Gelais F, Jomphe C, Trudeau LE. The role of neurotensin in central nervous system pathophysiology: what

- is the evidence? *J Psychiatry Neurosci.* 2006;31(4):229-45.
48. Johnstone LE, Leng G, Brown CH. Effects of neurotensin on the organization of activity in supraoptic nucleus cells in virgin and lactating rats. *J Neuroendocrinol.* 2004;16(7):605-611.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2004.01208.x>
 49. González-Hernández A, Manzano-García A, Martínez-Lorenzana G, Tello-García IA, Carranza M, Arámburo C, Condés-Lara M. Peripheral oxytocin receptors inhibit the nociceptive input signal to spinal dorsal horn wide-dynamic-range neurons. *Pain.* 2017;158(11):2117-2128.
<https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001024>
 50. Nersesyan Y, Demirkhanyan L, Cabezas-Bratesco D, Oakes V, Kusuda R, Dawson T, Sun X, Cao C, Cohen AM, Chelluboina B, Veeravalli KK, Zimmermann K, Domene C, Brauchi S, Zakharian E. Oxytocin Modulates Nociception as an Agonist of Pain-Sensing TRPV1. *Cell Rep.* 2017;21(6):1681-1691.
<https://doi.org/10.1016/j.celrep.2017.10.063>
 51. Vicenzino B, Collins D, Benson H, Wright A. An investigation of the interrelationship between manipulative therapy-induced hypoalgesia and sympathoexcitation. *J Manip Physiol Ther.* 1998;21(7):448-453.
 52. Chartier M, Desgagné M, Sousbie M, Rumsby C, Chevillard L, Thérout L, Haroune L, Côté J, Longpré JM, Boudreault PL, Marsault É, Sarret P. Pharmacodynamic and pharmacokinetic profiles of a neurotensin receptor type 2 (NTS2) analgesic macrocyclic analog. *Biomed Pharmacother.* 2021;141:111861.
<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111861>

ORCID

홍수화	https://orcid.org/0009-0000-4258-2115
임수현	https://orcid.org/0009-0004-8870-6450
김도영	https://orcid.org/0009-0001-7293-5396