

Transkutane laterale Elektrostimulation bei idiopathischer Skoliose

Für den Inhalt verantwortlich:

**Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger
Evidenzbasierte Wirtschaftliche Gesundheitsversorgung, EbM/ HTA
1031 Wien, Kundmangasse 21
Kontakt: Tel. 01/ 71132-0
ewg@hvb.sozvers.at**

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Fragestellung	4
3	Kurzbericht.....	5
4	Einleitung/ Hintergrund/ Grundlagen.....	6
4.1	Idiopathische Skoliose	6
4.2	Cobb Winkel	6
4.3	Prävalenz.....	7
4.4	Progression.....	7
4.5	Bestimmung der Skelettreife	8
4.5.1	Beurteilung des Skelettwachstums nach Greulich und Pyle.....	8
4.5.2	Risser Zeichen.....	8
4.5.3	Risserstadien.....	8
4.6	Konservative Therapie der Skoliose.....	9
4.6.1	Orthesenbehandlung (Miedertherapie)	9
4.6.2	Elektrostimulation	9
4.6.3	Heilgymnastik	10
5	Methodik.....	11
5.1	Strukturierte Frage (PICO)	11
5.2	Literaturauswahl.....	11
5.2.1	Einschlusskriterien.....	11
5.2.2	Ausschlusskriterien.....	11
5.3	Literatursuche	11
5.3.1	Inkludierte und exkludierte Literatur auf Volltextebene.....	12
5.4	Evidenz.....	14
6	Ergebnisse.....	15
6.1	Flowchart	15
6.2	Systematische Übersichtsarbeiten	15
6.2.1	Exkludierte systematische Übersichtsarbeiten	15

6.2.2	Inkludierte systematische Übersichtsarbeiten	16
6.3	Beurteilung der Qualität der Primärstudien.....	18
6.4	Beurteilung der Qualität der Systematischen Übersichtsarbeiten	19
6.5	Inkludierte Primärstudien	20
7	Evidenz	22
7.1	Elektrostimulation versus keine Behandlung	22
7.2	Elektrostimulation als zusätzliche Therapie.....	22
7.3	Elektrostimulation versus Miedertherapie.....	22
7.4	Unerwünschte Effekte der Elektrostimulation	23
8	Diskussion.....	24
9	Schlussfolgerung.....	25
	Literatur	26

2 Fragestellung

Sind Muskelstimulationsgeräte wie ScoliTron, ELPHA 64K, ELPHA II oder ELPHA II 2000 für die Anwendung in der Skolioseetherapie medizinisch sinnvoll, bzw. bringen sie einen Erfolg in der Verringerung der Skoliose.

Die ursprüngliche Fragestellung wurde verallgemeinert, ob eine oberflächliche transkutane elektrische Stimulationstherapie [Surface electrical stimulation, Lateral Electrical Surface Stimulation (LESS)] einen nachweislichen Nutzen in der Therapie der idiopathischen adoleszenten Skoliose hat.

Der Bericht fokussiert auf die adoleszente idiopathische oder sogenannte "late-onset" Skoliose, da sie die häufigste Form der idiopathischen Skoliose ist.

3 Kurzbericht

Methodik

Es wurde eine systematische Literaturrecherche primär nach systematischen Übersichtsarbeiten und Metaanalysen und sekundär nach Primärstudien in den Datenbanken von PubMed, Cochrane Library und CRD durchgeführt. Auf Basis der Primärstudien, die die dargestellten Ein- und Ausschlusskriterien erfüllten, wurde eine formale und inhaltliche Synopsis erstellt und eine Beurteilung der Evidenz zur Wirksamkeit vorgenommen.

Ergebnisse

Es wurden 2 systematische Übersichtsarbeiten inkludiert, relevant für die Fragestellung in diesen Übersichtsarbeiten waren 3 Studien, zusätzlich wurden noch 2 Studien identifiziert. Alle Studien zur Beurteilung der Wirksamkeit von oberflächlicher Elektrostimulation haben große methodische Mängel, in den Studien besteht eine große Heterogenität in den Behandlungen, in der Dauer der Behandlungen und den Nachbeobachtungszeiten.

Schlussfolgerung

Anhand der Studien lässt sich keine Wirksamkeit der Elektrostimulation bei idiopathischer adoleszenter Skoliose nachweisen. Aufgrund der schlechten Datenlage wäre es möglich, dass sich die Einschätzung zur Wirksamkeit bei Vorliegen von Studien mit hoher Studienqualität ändert. Die Evidenz, dass Elektrostimulation nicht effektiv ist in der präventiven Behandlung der idiopathischen adoleszenten Skoliose im Vergleich mit Miedertherapie oder keiner Behandlung, ist schwach (Evidenzlevel IIb).

Verfasserin:

Dr. Irmgard Schiller-Frühwirth, MPH

Peer-Review:

Mag. Ingrid Wilbacher, PHD

4 Einleitung/ Hintergrund/ Grundlagen

Skoliose ist eine Seitverbiegung der Wirbelsäule bei gleichzeitiger Rotation (Verdrehung) der Wirbel. Skoliosen werden nach ihrer Ursache und dem Entstehungszeitpunkt klassifiziert, nach der Lage ihrer Krümmungen und dem Krümmungsmuster, nach ihrem Ausmaß (Krümmungswinkeln und Rotationsgraden) und der Ausrichtung der Krümmungen (links, rechts). Es werden 3 Kategorien von Skoliosen unterschieden: neuromuskuläre, angeborene und idiopathische. Neuromuskuläre Skoliosen treten bei Patienten mit einer neurologischen oder muskuloskeletalen Grunderkrankung auf, angeborene oder kongenitale Skoliosen entstehen aufgrund einer Asymmetrie der Wirbelsäule infolge einer kongenitalen Anomalie, idiopathische Skoliosen haben keine eindeutige Ätiologie und sind daher eine Ausschlussdiagnose.

4.1 Idiopathische Skoliose

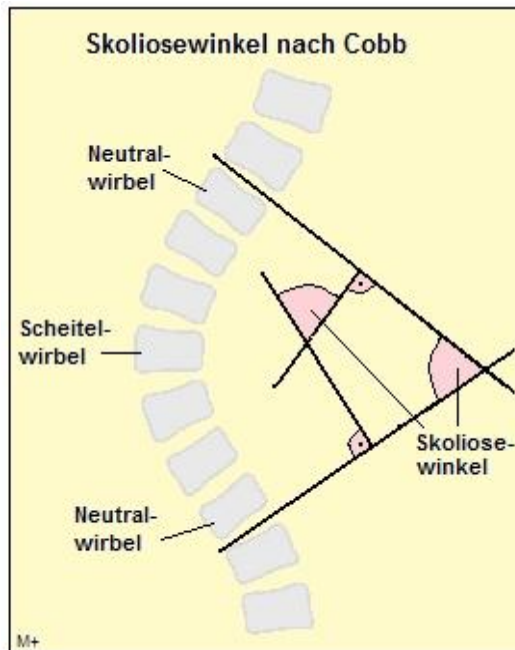
In etwa 90 % aller Fälle ist die Ursache der Skoliose nicht bekannt. Es werden aufgrund des Entstehungsalters drei Formen unterschieden¹:

- Infantile idiopathische Skoliose (IIS): Entstehung bis zum 3. Lebensjahr
- Juvenile idiopathische Skoliose (JIS): Entstehung zwischen 4. und 9. Lebensjahr
- Adoleszente idiopathische Skoliose (AIS): Entstehung ab dem 10. Lebensjahr, AIS ist mit 80 bis 85% die häufigste Form der idiopathischen Skoliose.^{2,3}

Neuere wissenschaftliche Untersuchungen zu sogenannten „early onset“ Typen von Skoliose (IIS, JIS) haben in über 20% dieser Patienten eine neuroaxiale Anomalie gefunden, so dass die „idiopathische“ Genese angezweifelt werden muss.⁴ Der natürliche Verlauf dieser Patienten unterscheidet sich aus diesem Grund vom Verhalten und Verlauf von sogenannten „late onset“ Skoliosen (AIS).⁵

4.2 Cobb Winkel

Das Ausmaß der Krümmung wird auf Röntgenaufnahmen der kompletten Wirbelsäule nach der Cobb'schen Methode bestimmt. Gemessen wird der Winkel zwischen der Oberkante des oberen Neutralwirbels und der Unterkante des unteren Neutralwirbels. Die Neutralwirbel sind diejenigen Wirbelkörper, auf deren Höhe die Krümmung von rechts- auf linkskonvex bzw. umgekehrt wechselt. Die Therapie der Skoliose ist im Wesentlichen abhängig vom Ausmaß der Krümmung.



http://www.medizinfo.de/ruecken/images/cobb_winkel.jpg

4.3 Prävalenz

Die Prävalenz der adoleszenten idiopathischen Skoliose mit einem Cobb Winkel $> 10^\circ$ wird mit ca. 3% angegeben, aber nur 10% der Jugendlichen mit AIS bedürfen einer Therapie (0,3% der Bevölkerung).^{6,7,8} Das Risiko einer Progredienz der Skoliose und einer daraus resultierenden Behandlungsnotwendigkeit ist beim weiblichen Geschlecht zehnmal höher als beim männlichen Geschlecht.^{9,10,11}

4.4 Progression

Eine gewisse Skoliosefehlhaltung und geringe Skoliosen bis 10° Cobb sind häufig, es gibt bisher keine Möglichkeit vorherzusagen, welche im Wachstum fortschreiten werden. Die Prognose ist von der sogenannten Wachstumsreserve, dem noch bevorstehenden Wachstum, abhängig. Die Progression der Krümmung verhält sich direkt proportional zum Wirbelsäulenwachstum. Je früher eine Skoliose auftritt, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit einer während des noch bevorstehenden Wachstums eintretenden Verschlechterung.

Infantile Skoliosen, die bis zum 3. Lebensjahr aufgetreten sind, und juvenile Skoliosen, mit einem Auftreten bis zum 9. Lebensjahr, haben eine deutlich schlechtere Prognose als adoleszente Skoliosen, die erst im präpubertären Wachstumsschub nach dem 10. Lebensjahr entstehen und damit das geringste Restwachstum vor sich haben, in dem sie sich noch verschlechtern können.

Eine Progression der Skoliose ist von mehreren Faktoren abhängig:

- Kurventyp
- thorakale Skoliose - höchste Progredienzneigung (26 – 77%)
- lumbale Skoliose - niedrigste Progredienzneigung (8 - 30%)
- Skoliosegrad
- Wachstumsstadium – Skelettreife - Verknöcherungsgrad
- Menarche

4.5 Bestimmung der Skelettreife

Die Bestimmung des Skeletalters ist für die Beurteilung des weiteren Fortschreitens einer bestehenden Wirbelsäulendeformität von Bedeutung.

4.5.1 Beurteilung des Skelettwachstums nach Greulich und Pyle

In Röntgenaufnahmen der Hand kann der Zustand der Verknöcherung der Epiphysen des Handskeletts beurteilt werden. Greulich und Pyle haben einen Atlas verfasst, mit dessen Hilfe das Knochenalter bestimmt werden kann. Der unterschiedlich fortgeschrittene Verschluss der Epiphysen des Handskeletts ermöglicht die Bestimmung des weiteren Wachstums.

4.5.2 Risser Zeichen

Die Beckenkämme werden in einer Röntgenaufnahme dargestellt, je nach Ausprägung der Verknöcherung der Beckenkammepiphysen kann auf das weitere Skelettwachstum geschlossen werden. Es gibt die Stadien 0- 5, wobei Risser Stadium 5 bedeutet, dass die Apophysen des Beckenkamms komplett verknöchert sind und damit das Wachstum abgeschlossen ist.

4.5.3 Risserstadien

0	viel Wachstumspotential
1	Menarche
2	Wachstum schwächt sich ab
3	Hauptwachstumsphase abgeschlossen
4	kein nennenswertes Wachstum mehr
5	Wachstum abgeschlossen

4.6 Konservative Therapie der Skoliose

Behandlungsoptionen für die Prävention der Progression von Skoliosen sind Physiotherapie (Krankengymnastische Übungsbehandlung), Elektrostimulation und Korsettbehandlung. Behandlungsoption für die Therapie einer progredienten Skoliose ist die versteifende Wirbelsäulenoperation. Auf letztere wird hier nicht eingegangen.

4.6.1 Orthesenbehandlung (Miedertherapie)

In einer Übersichtsarbeit aus Österreich wird die Korsettversorgung bei Skoliosen zwischen 25 und bis 45° Cobb als indiziert angesehen.¹² Während die Miedertherapie bei adoleszenten Skoliosen in Europa Standardtherapie ist, wird das in vielen Zentren der USA und UK anders gesehen.¹³

Indikation für Therapie nach Rowe¹⁴

RISSER	CURVE	ACTION
0 - 1	0 - 20 degrees	Observe
0 - 1	20 - 40 degrees	Brace
2 - 3	0 - 30 degrees	Observe
2 - 3	30 – 40 degrees	Brace
0 - 3	40 – 50 degrees	Gray
0 - 4	50 degrees and higher	Surgery

4.6.2 Elektrostimulation

Es existieren mehrere Methoden zur Elektrostimulation der konvexseitigen Muskulatur.

4.6.2.1 Elektrospinale Stimulation mit implantierbarem System

Bobechko entwickelte in der 70er Jahren als Alternative zur Miedertherapie die Behandlungsmöglichkeit der elektrospinalen Stimulation mit implantierbarem System (ESI).¹⁵ Das Prinzip dieser Methode besteht darin, die Anteile der paravertebralen Muskulatur, die durch Kontraktion die seitliche Verbiegung der Wirbelsäule teilweise oder gänzlich aufheben können, durch die künstliche Erzeugung eines elektrischen Feldes zu stimulieren. Um dies zu erreichen, werden intraoperativ Nadelelektroden tief in die paravertebrale Muskulatur an der konvexen Seite implantiert. Nach intraoperativer Probestimulation werden die Nadelelektroden durch Schraubelektroden ersetzt.

4.6.2.2 Transkutane Elektrostimulation

1. Laterale transkutane Oberflächenstimulation

Etwa zeitgleich mit Bobechko wurde von Axelgaard^{16,17,18} eine Methode der transkutanen Stimulation der konvexseitigen paravertebralen Muskulatur durch Oberflächenelektroden

(LEOS, LESS Scolitrone) eingeführt. Tierexperimentell konnte er bei strenger lateraler Elektrodenanordnung eine deutlich verbesserte Wirkung gegenüber dem implantierbaren System nachweisen.¹⁹ Vom Prinzip sind sich beide Systeme sehr ähnlich, es handelt sich um eine nächtliche Stimulation mit relativ schwachen Stromstärken. Auch bei dieser Methode werden zur Behandlung einfacher Skoliosen 1-Kanal Systeme und zur Behandlung von Doppelkrümmungen 2-Kanal Systeme verwendet. Als Indikationsbereich werden idiopathische progrediente Skoliosen mit Krümmungswinkel bis 35° Cobb angegeben. Kritiker der LESS^{20,21,22} konnten bei dieser Methode im Vergleich zum Spontanverlauf keinen therapeutischen Effekt finden und lehnen aufgrund von Erkenntnissen von Dickson²³ die Elektrostimulation teilweise oder gänzlich ab.²⁴

2. Skolimax

Als weitere Methode entwickelte Schmitt²⁵ die Elektrostimulation mittels Skolimax, einem 3-Kanal Stimulationsgerät mit relativ stromkonstanter hoher Ausgangsleistung. Im Gegensatz zu den anderen Methoden erfolgt hier die Behandlung tagsüber in der Dauer von etwa 20 min mit deutlich höherer Stromstärke um 80mA, wobei hauptsächlich die Stimulation der Interkostalmuskulatur erfolgt. Diese Methode hat sich offensichtlich nicht durchgesetzt, da keine weiteren Arbeiten veröffentlicht wurden.

Das Prinzip der Elektrostimulation beruht auf der Annahme einer neuromuskulären Beeinflussbarkeit der Deformität. Aufgrund des heutigen Wissens bestehen daher prinzipielle Zweifel an der Richtigkeit des Therapieansatzes.²⁶

4.6.3 Heilgymnastik

Obwohl Heilgymnastik seit langem im Rahmen der Skoliotherapie zur Anwendung kommt, gibt es kaum Studien zur Wirksamkeit der verschiedenen heilgymnastischen Behandlungsmethoden. Heilgymnastik wird in Studien zur Miederbehandlung als Begleittherapie häufig erwähnt, sie wird jedoch nicht als mitentscheidender Faktor für die Therapieergebnisse diskutiert. Das Hauptproblem heilgymnastischer Konzepte ist die noch immer bestehende Unklarheit über die Mechanismen der Entstehung und Aufrechterhaltung bzw. Progredienz der idiopathischen Skoliose.²⁷

5 Methodik

5.1 Strukturierte Frage (PICO)

P: idiopathic adolescent scoliosis

I: electrical stimulation

C: non surgical procedures or observation

O: arrest progression or improvement of scoliosis

5.2 Literatursuche

5.2.1 Einschlusskriterien

Laterale Elektrostimulation bei idiopathischer adoleszenter Skoliose

Systematische Übersichtsarbeiten

Kontrollierte Studien mit und ohne Randomisierung

Englische und deutsche Sprache

5.2.2 Ausschlusskriterien

Fallberichte, Fallserien

Tierstudien

5.3 Literatursuche

Suchworte: ("Scoliosis"[Mesh]) AND ("Electric Stimulation Therapy"[Mesh] OR "Electric Stimulation"[Mesh])

PubMed

TriP database

Cochrane Database of Systematic Reviews (CDSR)

CRD Databases: Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE), Health Technology Assessment (HTA)

ACP Journal Club (ACP)

DIMDI

Handsuche in Referenzen

5.3.1 Inkludierte und exkludierte Literatur auf Volltextebene

Title	Author	Source	Excluded	Included
Adolescent idiopathic scoliosis: treatment with the Wilmington brace. A comparison of full-time and part-time use.	Allington NJ	J Bone Joint Surg Am. 1996 Jul;78(7):1056-62.		retrospective CCT
Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects	Asher MA	Scoliosis 2006, 1:2	narrative review	
Multicenter trial of a noninvasive stimulation method for idiopathic scoliosis. A summary of early treatment results.	Brown JC 1984	Spine (Phila Pa 1976). 1984 May-Jun;9(4):382-7.	Scolitron, no control group	
The treatment of scoliosis.	Brown JC 1988	West J Med. 1988 Feb;148(2):202-3.	Editorial	
Is lateral electric surface stimulation an effective treatment for scoliosis?	Bylund P	J Pediatr Orthop. 1987 May-Jun;7(3):298-300.	Scolitron, no control group	
Adolescent idiopathic scoliosis: Indications and efficacy of nonoperative treatment	Canavese F	Indian J Orthop. 2011 Jan-Mar; 45(1): 7–14.	narrative review	
Current Treatment Approaches in the Nonoperative and Operative Management of Adolescent Idiopathic Scoliosis	Cassella M	Phys Ther. 1991; 71:897-909.	narrative review	
A Prospective Study of Brace Treatment Versus Observation Alone in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Follow-up Mean of 16 Years After Maturity	Danielsson A	Spine 2007; 32 (20): 2198-2207	observation only vs brace	
Conservative treatment for idiopathic scoliosis.	Dickson RA	J Bone Joint Surg Br. 1985 Mar;67(2):176-81.	narrative review	
Electrical muscle stimulation in the treatment of progressive adolescent idiopathic scoliosis: a literature review.	Dutro CL	J Manipulative Physiol Ther. 1985 Dec;8(4):257-60.D25	narrative review	
[Scoliosis and its conservative treatment possibilities].	Ebenbichler G	Wien Med Wochenschr. 1994;144(24):593-604.	narrative review	
Lateral electrical surface stimulation as an alternative to bracing in the treatment of idiopathic scoliosis. Treatment protocol and patient acceptance.	Eckerson LF	Phys Ther. 1984 Apr;64(4):483-90.	narrative review	
Effect of exercise, bracing and electrical surface stimulation on idiopathic scoliosis: a preliminary study.	el-Sayyad M	Int J Rehabil Res. 1994 Mar;17(1):70-4.		RCT included in Lenssinck 2005
Current Principles in the Nonoperative Management of Structural Adolescent Idiopathic Scoliosis	Farady JA	Phys Ther. 1983 Apr;63(4):512-23.	narrative review	

Idiopathic scoliosis: transcutaneous muscle stimulation versus the Milwaukee brace.	Fisher DA	Spine (Phila Pa 1976). 1987 Dec;12(10):987-91.		retrospective CCT
Effectiveness of nonsurgical treatment for idiopathic scoliosis. Overview of available evidence.	Focarile FA	Spine (Phila Pa 1976). 1991 Apr;16(4):395-401.	systematic review, included studies only case series	
[Why was electrostimulation therapy of scoliosis discontinued?].	Heine J	Z Orthop Ihre Grenzgeb. 1998 Mar-Apr;136(2):Oa18-9.	no control group	
Effect of bracing and other conservative interventions in the treatment of idiopathic scoliosis in adolescents: a systematic review of clinical trials.	Lenssinck ML	Phys Ther. 2005 Dec;85(12):1329-39.		systematic review
Adolescent idiopathic scoliosis. Nonoperative treatment.	Lonstein JE	Orthop Clin North Am. 1988 Apr;19(2):239-46.	narrative review	
Electrical stimulation of muscles replaces braces for scoliosis.	Macek C	JAMA. 1982 Feb 26;247(8):1097-8.	Comment	
Electrical stimulation in management of idiopathic scoliosis.	McCullough NC 3rd	Instr Course Lect. 1985;34:119-26.	narrative review	
Nonoperative treatment of idiopathic scoliosis using surface electrical stimulation.	McCullough NC 3rd	Spine (Phila Pa 1976). 1986 Oct;11(8):802-4.	no control group	
Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society.	Nachemson AL	J Bone Joint Surg Am. 1995 Jun;77(6):815-22.		prospective CCT included in Negrini 2010 and Lenssinck 2005
Braces for idiopathic scoliosis in adolescents (Review)	Negrini S	Cochrane Database of Systematic Reviews 2010, Issue 1. Art.No.: CD006850		systematic review
Prediction of progression of the curve in girls who have adolescent idiopathic scoliosis of moderate severity. Logistic regression analysis based on data from The Brace Study of the Scoliosis Research Society.	Peterson LE	J Bone Joint Surg Am. 1995 Jun;77(6):823-7.	prognostic model	
Adolescent idiopathic scoliosis.	Rinsky LA	West J Med. 1988 Feb;148(2):182-91.	narrative review	
Manual therapy as a conservative treatment for adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review	Romano M	Scoliosis 2008, 3:2	wrong intervention	
A meta-analysis of the efficacy of non-operative treatments for idiopathic scoliosis.	Rowe DE	J Bone Joint Surg Am. 1997 May;79(5):664-74.	systematic review and quantitative analysis, only one CCT included	
[Experiences with lateral electric surface stimulation in the treatment of idiopathic scoliosis].	Schlenzka D	Beitr Orthop Traumatol. 1990 Jul;37(7):373-8.		retrospective CCT included in Lenssinck
Further evaluation of the Scolitron treatment of idiopathic adolescent scoliosis	Sullivan JA	Spine (Phila Pa 1976). 1986 Nov;11(9):903-6.	no control group	

Critical review on non-operative management of adolescent idiopathic scoliosis.	Wong MS	Prosthet Orthot Int. 2003 Dec;27(3):242-53.	narrative review	
Alternative methods of conservative treatment of idiopathic scoliosis.	Zarzycka M	Ortop Traumatol Rehabil. 2009 Sep-Oct;11(5):396-412.	narrative review	

5.4 Evidenz

Der Beurteilung der Evidenzlage wird folgendes Schema für Therapiestudien zugrunde gelegt

Level	Empfehlung	Definition
T I a	A	Meta-Analyse/ Systemat. Übersicht von RCT's oder 'Megatrial'
T I b		einzelne(r) RCT(s)
T II a	B	Kohortenstudie mit Kontrollgruppe /nicht randomisierter Kontrolle, quasiexperimentelle Studie
T II b		Fall-Kontroll-Studie
T III		Querschnitts-, ökologische Studie, Kohorte ohne Kontrollgruppe (Anwendungsbeobachtung), Fallserie
T IV	C	Expertenmeinung, Grundlagenforschung

Oxford Center for Clinical Evidence (übersetzt)

6 Ergebnisse

6.1 Flowchart

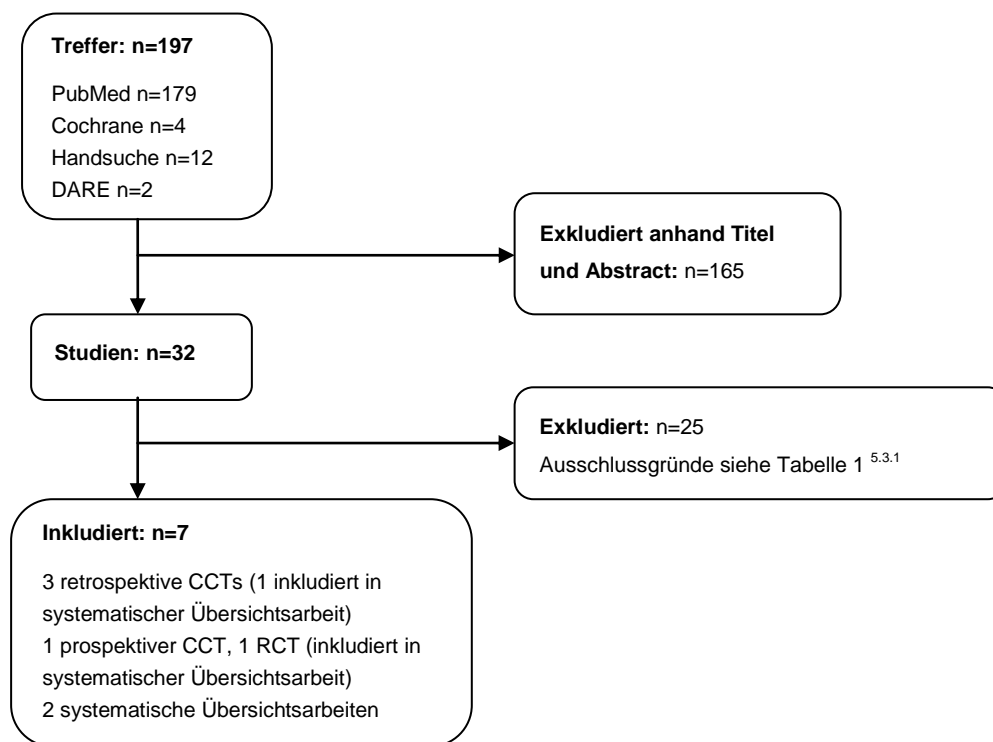


Abbildung 1: Studienselektionsprozess

6.2 Systematische Übersichtsarbeiten

6.2.1 Exkludierte systematische Übersichtsarbeiten

Author/Year	Focarile FA 1991²⁸
Research question	Effectiveness of nonsurgical treatment for idiopathic scoliosis
Method	
Literature search	
Time period	1975-1987
Information Sources	Medline
Quality assessment	Two of the authors checked the articles for their eligibility on the basis of predefined criteria, quality assessment of the studies not mentioned
Synthesis of information	Quantitative Analysis
Scoring points	9/12
Included Studies	
Number (relevant for question)	5
Study design	Bradford: prospective case series, selected cases; Axelgaard: prospective case series; Sullivan: prospective case series; Brown: prospective case series; McCollough: case series
Relevant references	Bradford ²⁹ , Axelgaard ³⁰ , Sullivan ³¹ , Brown ³² , McCollough ³³
Results	
Study characteristics	Only studies of patients with no more than a 50° Cobb angle scoliosis were considered.

Findings	Fivefold proportion of failures among patients with scoliosis >30° Cobb angle at the start of therapy but no difference in progression between different kinds of nonsurgical therapies or between treated and untreated patients.
Main conclusion of review	These data cannot be used to prove the effectiveness or ineffectiveness of nonsurgical therapy for idiopathic scoliosis, experimental controlled studies of different therapies seem to be justified both on ethical and scientific reasons

Author/Year	Rowe DE 1997³⁴
Research question	Efficacy of Non Operative Treatments for idiopathic Scoliosis
Method	
Literature search	
Time period	1975 till 1995
Information Sources	Bibliography of the most recent edition of Campbell Operative Pediatric Orthopedics
Quality assessment	Two committee members and the Chairmen reviewed each study and assessed the quality of each study
Synthesis of information	Meta Analysis
Scoring points	8/14
Included Studies	
Number (relevant for question)	7
Study design	1 prospective controlled trial (Nachemson), 6 case series (no control group)
Relevant references	Goldberg ³⁵ , Swank ³⁶ , Nachemson 1995 ³⁷ , Axelgaard ³⁸ , Sullivan ³⁹ , Durham ⁴⁰ , Bylund ⁴¹ ,
Results	
Study characteristics	Lateral electrical stimulation: number of patients: 322; Swank: 39, Goldberg: 23, Axelgaard: 48, Sullivan: 118, Durham: 30, Bylund: 18, Nachemson: 46; control group: Nachemson 129 Rate of success: Swank: 64%, Goldberg: 35, Axelgaard: 44%, Sullivan: 32%, Durham: 50%, Bylund: 22%, Nachemson: 37%
Findings	Bracing compared with lateral electrical surface stimulation and no treatment: Weighted mean proportions of success 0,92 for bracing; 0,39 for lateral electrical surface stimulation, 0,49 for observation only.
Main conclusion of review	Bracing was significantly more successful than both lateral electrical surface stimulation and observation only.

6.2.2 Inkludierte systematische Übersichtsarbeiten

Author/Year	Lenssinck ML 2005⁴²
Research question	Effectiveness of braces and other conservative interventions in the treatment of idiopathic scoliosis in adolescents
Method	
Literature search	
Time period	up to December 2003
Information Sources	The Cochrane Library, PubMed, CINAHL, and PEDro databases
Quality assessment	Two reviewers (ML and AF) independently assessed the methodological quality of the studies using the Delphi list followed by a consensus meeting.
Synthesis of information	
Scoring points	13/14
Included Studies	
Number (relevant for question)	3
Study design	The study had to be designed as an RCT or as a controlled clinical trial (CCT)
Relevant references	el-Sayyad ⁴³ , Nachemson ⁴⁴ , Schlenzka ⁴⁵
Results	
Study characteristics	In detail 6.5
Findings	Electrical Stimulation versus no treatment: When electrical stimulation was compared with no treatment in 1 low-quality study, ⁴⁶ no difference in effect was found. Failure rates were high (45%–48%) in both treatment and control groups.

	Electrical Stimulation as add-on treatment. When electrical stimulation was evaluated as an add-on treatment to exercise therapy in 1 high-quality study ⁴⁷ , no difference in effect was found; only small changes of the spinal curve were found in both treatment and control groups.
Main conclusion of review	No difference in effect could be found for electrical stimulation when compared with no treatment

Author/Year	Negrini S 2010⁴⁸
Research question	To evaluate the efficacy of bracing in adolescent patients with AIS
Method	
Literature search	
Time period	up to July 2008
Information Sources	the Cochrane Central Register of Controlled Trials, MEDLINE (from January 1966), EMBASE (from January 1980), CINHAL (from January 1982); reference lists of articles, extensive handsearch of the grey literature
Quality assessment	Two review authors independently assessed trial quality and extracted data
Synthesis of information	narrative
Scoring points	11/12
Included Studies	
Number (relevant for question)	1
Study design	prospective controlled trial comparing bracing versus observation and electrical stimulation
Relevant references	Nachemson 1995 ⁴⁹
Results	
Study characteristics	240 girls with adolescent idiopathic scoliosis, with a mean age of 12.7 years, and Cobb angles ranging from 20° to 35° were included. Comparison of rigid underarm orthosis (111 patients) with electrical stimulation (46 patients) or observation only (129 patients), follow up until maturity (up to four years). percentage of loss at follow-up was unbalanced between groups (21% in the experimental group, 7% in the control group)
Findings	At three years, the success rates (defined as less than six degrees increase of the curve) were 80% for bracing (95% CI: 66% to 88%), 46% for observation (95% CI: 25% to 56%), and 39% for electrical stimulation (95% CI:19% to 59%); the rates at four years were 74% (95% CI: 52% to 84%), 34% (95% CI:16% to 49%) and 33% (95% CI:12% to 60%) respectively
Main conclusion of review	very low quality evidence from one cohort study (N = 240), that braces curb curve progression more successfully than observation or electrical stimulation over the long-term

6.3 Beurteilung der Qualität der Primärstudien

Overview of Methodological Quality: Delphi List⁵⁰

Study	Randomization	Concealed Allocation	Baseline Similarity	Eligibility Criteria	Outcome Assessor Masked	Care Provider Masked	Patient Masked	Data Presentation	Intention to-Treat Analysis	Sum Score
el-Sayyad ⁵¹	Yes	unknown	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	No	5
Nachemson ⁵²	No	No	unknown	Yes	unknown	No	No	Yes	Yes	3
Schlenzka ⁵³	No	No	Yes	No	unknown	No	No	No	No	1
Allington ⁵⁴	No	No	Yes	Yes	unknown	No	No	Yes	unknown	3
Fisher ⁵⁵	No	No	unknown	Yes	unknown	No	No	Yes	No	2

6.4 Beurteilung der Qualität der Systematischen Übersichtsarbeiten

Author/Year Lenssinck ML 2005

Objective	Methods										Results			Comments/Scoring
	1. Research Question	2. Searching	3. Selection	3.1	4. Validity assessment	5. Data abstraction	6. Study characteristics	6.1	7. Quantitative data synthesis	7.1	8. Trial flow	9. Qualitative data synthesis	9.1	
explicit clinical problem? biological rationale for the intervention? rationale for review?	information sources in detail? Uupublished studies included in literaturerearch? (Ongoing studies)	explicit inclusion criteria (defining population, intervention, principal outcomes, study design)	explicit exclusion criteria	Quality assessment and their findings	Process completed independently in duplicate	type of study design, participants' characteristics, details of intervention, outcome definitions	documentation of excluded studies	principal measures of effect (e.g. relative risk), method of combining results	sensitivity analysis	summarising trial flow	simple summary results (for each treatment group in each trial, for each primary outcome)	appraisal of evidence	answering of clinical question, limitations	13/14
yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes	13/14

Author/Year Negrini S 2010

Objective	Methods										Results			Comments/Scoring
	1. Research Question	2. Searching	3. Selection	3.1	4. Validity assessment	5. Data abstraction	6. Study characteristics	6.1	7. Quantitative data synthesis	7.1	8. Trial flow	9. Qualitative data synthesis	9.1	
explicit clinical problem? biological rationale for the intervention? rationale for review?	information sources in detail? Uupublished studies included in literaturerearch? (Ongoing studies)	explicit inclusion criteria (defining population, intervention, principal outcomes, study design)	explicit exclusion criteria	Quality assessment and their findings	Process completed independently in duplicate	type of study design, participants' characteristics, details of intervention, outcome definitions	documentation of excluded studies	principal measures of effect (e.g. relative risk), method of combining results	sensitivity analysis	summarising trial flow	simple summary results (for each treatment group in each trial, for each primary outcome)	appraisal of evidence	answering of clinical question, limitations	11/12
yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	n.a.	n.a.	no	yes	yes	yes	11/12

6.5 Inkludierte Primärstudien

Study Characteristics							
Study	Design	Study Sample	Intervention	Control	Outcome Measures	Loss to follow up	Details
el-Sayyad	RCT	Scoliosis: curves 15°–45° N= 30 Mean age: 12.1 y (I), 11.8 y (C1), 10.8 y (C2)	exercise program + Milwaukee brace, n=8, bracing minimal, 18 h/d, 12 wk	C1: exercise program, n= 10 C2: exercise program + electrical stimulation, n= 8	Angle of spinal curve	Loss: n 4; 2 (I), 2 (C2)	Exercise program: instruction for daily activity, home exercise, 3 times a week physical therapy for 12 wk
Nachemson	CCT	Scoliosis: single curve, apex between T8 and L1 N=286 Mean age: 12.6 y Girls only	underarm plastic brace, n=111, bracing for at least 16 h/d	C1: night-time electrical surface stimulation, n= 46 C2: no treatment, n= 29 Treatment duration for all groups until maturity or until failure of treatment	Cobb angle (degrees)	Loss: n 39 (13.6%) I: n=23 C1: n= 7 C2: n= 9	
Schlenzka	CCT	Scoliosis: no information N= 40 Mean age: 10.9 y (I), 11.9 y (C) Mean curve: 26° (I), 34° (C)	lateral electrical surface stimulation, n= 20, less than 8 h/d, at night, mean treatment duration 1.5 y	Boston brace, n= 20, mean treatment duration 2.2 y	Cobb angle (degrees)	Loss I: n= 5 surgery, n= 9 Boston brace	
Allington	CCT	Scoliosis: curve of 40° or less, apex caudal to T7, N=188 age >9 y	full time bracing, 23h/d n=98 curves <30° n=36 curves >30°< 40° n=62	C1: part time bracing, 12- 16h/d n=49 curves <30° n=32 curves >30°< 40° n=17 C2: electrical stimulation n=41 curves <30° n=20 curves >30°< 40° n=21	Cobb angle (degrees)	not mentioned	
Fisher	CCT	Scoliosis: curves between 20° and 40° N= 100 Mean age: 12,8 y (C) 12,7 y (I)	Milwaukee brace, n=50 42 girls 8 boys follow up to 3yrs 43 thoracic curves 35 lumbar and thoracic curves average initial curves 28,4°	electrical stimulation (ESO device) 8-10h at night n=50 4girls boys 32 thoracic curves 38 lumbar and thoracic average pretreatment curves 27°	Cobb angle (degrees)	Loss: n=25 I: n=17 C: n=8	

Study Results				
Study	Intervention	Results	RR (calculated) ⁵⁶	
el-Sayyad	I: exercise + Milwaukee brace, n = 8 C1: exercise, n= 10 C2: exercise + electrical stimulation, n= 8	I change: - 4.05° C1 change: - 2.93% C2 change: -3.76°		
Nachemson	I: underarm plastic brace, n=111 C1: night-time electrical surface stimulation, n= 46 C2: no treatment, n 129	Failure: I 15%, C1 48%, C2 45%	Failure I versus C1: RR 0.3 (0.16–0.56), meaning failure rate in I significantly lower compared with C1 Failure I versus C2: RR 0.28 (0.16–0.48), meaning failure rate in I significantly lower compared with C2 Failure C1 versus C2: RR 0.93 (0.62–1.41), meaning no difference in failure rate between both control groups	
Schlenzka	I: lateral electrical surface stimulation, n=20 C: Boston brace, n= 20	I (n=6) change: posttreatment +5° follow-up (2.3 y) +8° C change: posttreatment - 6° follow-up (2.7 y) - 2°		
Allington	curves < 30° I: full time bracing n=36 C1: part time bracing n=32 C2: electrical stimulation n=20 curves >30°<40° I: full time bracing n=62 C1: part time bracing n=17 C2: electrical stimulation n=21	curves < 30° I: full time bracing change: pre - post treatment + 1° latest follow up +3° C1: part time bracing + 4° latest follow up+4° C2: electrical stimulation+ 4° latest follow up +10° curves >30°<40° I: full time bracing + 1° latest follow up +4° C1: part time bracing + 0° latest follow up +7° C2: electrical stimulation +9° latest follow up+10°		difference in % of patients with progression: curves < 30° I vs C2 (p< 0.02) C1 vs C2 (p<0.04) I+C1 vs C2 (p<0.05) I vs C1 n.s. curves >30°<40° I vs C2 (p< 0.03) C1 vs C2 (p<0.05) I vs C1 n.s.
Fisher	I: Milwaukee brace, n=50 C: electrical stimulation (ESO device) n=50	% of failure (10° progression over the pretreatment value) 6 mo I: 0% (0/50) C: 6% (3/50) 12 mo I: 2% (1/50) C: 10% (5/49) 24 mo I: 12% (5/43) C: 20% (9/44) 36 mo I: 30% (10/33) C: 28% (12/42)		

7 Evidenz

7.1 Elektrostimulation versus keine Behandlung

Oberflächliche elektrische Stimulation wurde in einer Studie⁵⁷ mit keiner Behandlung verglichen. Diese Studie ist von niedriger methodologischer Qualität.^{6.3} Zwischen oberflächlicher elektrischer Stimulation und keiner Behandlung fand sich kein Unterschied, die Progressionsraten waren mit 45 -48% sowohl in der Behandlungsgruppe als auch in der Kontrollgruppe hoch.

7.2 Elektrostimulation als zusätzliche Therapie

Elektrostimulation wurde in einem RCT⁵⁸ als zusätzliche Behandlung zu Heilgymnastik untersucht. Die Studie ist von mäßiger methodologischer Qualität.^{6.3} Es fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen alleiniger Heilgymnastik, Heilgymnastik mit Miedertherapie und Heilgymnastik mit Elektrostimulation nach 12 Wochen. Die Verbesserung in allen 3 Gruppen war gering, am größten in der Gruppe mit Miedertherapie, aber ebenfalls statistisch nicht signifikant. Aufgrund der geringen Studienteilnehmer sind die statistisch nicht signifikanten Ergebnisse möglicherweise Folge eines Fehlers 2. Art, auch wenn tatsächlich ein Unterschied bestünde, wäre dies nicht erkannt worden. Möglicherweise hat auch der kurze Beobachtungszeitraum eine Rolle gespielt.

7.3 Elektrostimulation versus Miedertherapie

Vier Studien^{59,60,61,62} von niedriger methodologischer Qualität^{6.3} vergleichen Miedertherapie mit Elektrostimulation. Nachemson findet signifikante bessere Ergebnisse der Miedertherapie (Unterarm-Kunststoffkorsett) gegenüber der Elektrostimulation, ebenso berichtet Schlenzka von einem Unterschied von 11% zugunsten des Boston Mieders.

Allington berichtet einen statistisch signifikanten Unterschied in dem Prozentsatz von Jugendlichen, die unter Miedertherapie oder Elektrostimulation eine Progression der Skoliose zeigen, unter Miedertherapie, unabhängig von der Tragedauer von entweder 23 Stunden oder 12 bis 16 Stunden kommt es zu einer signifikant geringeren Progression als unter Elektrostimulation.

In der Studie von Fisher finden sich in den ersten Monaten der Behandlung geringe Unterschiede zugunsten des Milwaukee Mieders, am Ende der Beobachtungszeit von 36 Monaten zeigt sich weder in der Progressionsrate noch in der Rate der Therapieversager ein statistischer Unterschied zwischen den beiden Behandlungsmodalitäten. Progression einer Skoliose war definiert als Zunahme von mehr als 5° gegenüber dem Ausgangsbefund, als Therapieversagen wurde eine Progression von mehr als 10° angesehen.

7.4 Unerwünschte Effekte der Elektrostimulation

Als häufigste Komplikation der Elektrostimulation wird eine Hautirritation an der Stelle der Elektroden genannt, in 64% (32 von 50) der Patienten in der Studie von Fisher.

8 Diskussion

Die Studien zur Beurteilung der Wirksamkeit von oberflächlicher Elektrostimulation haben große methodische Mängel, im Studiendesign, in der Randomisierung zu den Gruppen und der Verblindung. Eine Verblindung ist zwar bei Ärzten und Patienten nicht möglich, jedoch bei denjenigen, die die Ergebnisse auswerten. Eine Randomisierung ist erforderlich, um Verzerrungen zu reduzieren, da ansonsten diejenigen der Interventionsgruppe zugeteilt werden, bei denen man erwartet, dass sie am meisten profitieren bzw. in die Kontrollgruppe, von denen man annimmt, dass eine Veränderung unwahrscheinlich ist.

Nur eine der vier Studien, die die Elektrostimulation mit Miedertherapie oder keiner Behandlung vergleicht, ist prospektiv, keine der Studien ist randomisiert und haben daher ein großes Risiko für Verzerrungen.

Eine Studie mit adäquater Randomisierung findet keine Unterschiede zwischen Heilgymnastik, Heilgymnastik kombiniert mit Elektrostimulation und Heilgymnastik in Kombination mit Miedertherapie. Diese Studie hat aufgrund der geringen Gruppengrößen keine ausreichende Power, sodass ein tatsächlich vorhandener Effekt nicht hätte erkannt werden können.

In der nicht randomisierten Studie, die die Elektrotherapie mit keiner Behandlung oder Miedertherapie vergleicht, ist die Miedertherapie der Elektrostimulation überlegen, zwischen oberflächlicher elektrischer Stimulation und keiner Behandlung fand sich kein Unterschied.

Diese Übersichtsarbeit hat einige Limitationen, es wurden nur systematische Übersichtsarbeiten und Studien in englischer und deutscher Sprache gesucht. Die Suche hatte einen engen Fokus und wurde in PubMed, Cochrane Library, DARE, DIMDI und Referenzen durchgeführt. Sowohl die Vorselektion auf Abstract-Ebene, als auch die Inklusion der potentiell relevanten Treffer nach Vorliegen des Volltextes und die Datenextraktion der Daten erfolgte ausschließlich durch die Autorin.

Alle inkludierten Studien haben methodische Schwächen, in den Studien besteht eine große Heterogenität in den Behandlungen, in der Dauer der Behandlungen und den Nachbeobachtungszeiten.

9 Schlussfolgerung

Anhand der Studien lässt sich keine Wirksamkeit der Elektrostimulation bei idiopathischer adoleszenter Skoliose nachweisen. Aufgrund der schlechten Datenlage ist es möglich, dass sich die Einschätzung zur Wirksamkeit bei Vorliegen von Studien mit hoher Studienqualität ändert. Eine aktuelle Suche nach laufenden Studien in der Datenbank des US National Institutes of Health (clinicaltrials.gov) konnte keine entsprechende Studie identifizieren.

Die Evidenz, dass Elektrostimulation nicht effektiv ist in der präventiven Behandlung der idiopathischen adoleszenten Skoliose im Vergleich mit Boston Mieder oder Milwaukee Mieder und keiner Behandlung ist schwach (Evidenzlevel IIb).

Literatur

- ¹ Scoliosis Research Society Terminology Committee: A glossary of scoliosis terms. Spine March 1976;1(1):57-58
- ² McAlister WH, Shackelford GD. Classification of spinal curvatures. Radiol Clin North Am. 1975;13(1):93-112
- ³ Goldstein LA, Waugh TR. Classification and terminology of scoliosis. Clin Orthop Relat Res. 1973;(93):10-22
- ⁴ Dobbs, M.B.; Lenke, L. G.; Morcuende, J.; Weinstein, S. L.; Bridwell, K. H.; and Sponseller, P. D.: Incidence of neural axis abnormalities in infantile patients diagnosed with idiopathic scoliosis: Is a screening MRI necessary? Scoliosis Research Society, Paper #10, presented at the 36th Annual Scoliosis Research Society Meeting, Cleveland, Ohio, Sept. 19-22, 2001
- ⁵ Bunnell, W. P. The natural history of idiopathic scoliosis before skeletal maturity. Spine 1986;11:773-776
- ⁶ Roach JW. Adolescent idiopathic scoliosis. Orthop Clin North Am 1999; 30:353
- ⁷ Gore DR, Passehl R, Sepic S, Dalton A. Scoliosis screening: results of a community project. Pediatrics 1981; 67:196
- ⁸ Weinstein SL. Adolescent idiopathic scoliosis: prevalence and natural history. Instr Course Lect. 1989;38:115-28
- ⁹ Miller NH. Cause and natural history of adolescent idiopathic scoliosis. Orthop Clin North Am. 1999;30(3):343-52
- ¹⁰ H-P. Bischof, J. Heisel, H. Locher (Hrsg.): Praxis der konservativen Orthopädie. 1.Auflage. Georg Thieme, Stuttgart 2007, ISBN 978-3-13-142461-7, S.425
- ¹¹ CJ. Wirth, L. Zichner, J. Krämer: Orthopädie und Orthopädische Chirurgie. Wirbelsäule und Thorax. 1. Auflage. Thieme, Stuttgart 2004, ISBN 978-3131261915, S.166 ff
- ¹² Ebenbichler G, Liederer A, Lack W. [Scoliosis and its conservative treatment possibilities]. Wien Med Wochenschr. 1994;144(24):593-604
- ¹³ Rowe DE. The Scoliosis Research Society Brace Manual. Scoliosis Research Society. http://www.srs.org/professionals/education_materials/SRS_bracing_manual/section1.pdf aufgesucht am 30.11.2011
- ¹⁴ Rowe DE. The Scoliosis Research Society Brace Manual. Scoliosis Research Society. http://www.srs.org/professionals/education_materials/SRS_bracing_manual/section1.pdf aufgesucht am 30.11.2011
- ¹⁵ Bobechko WP, Herbert MA, Friedman HG. Electrospondyl instrumentation for scoliosis: current status. Orthop Clin North Am. 1979 Oct;10(4):927-41
- ¹⁶ Axelgaard J et al. Lateral electrical surface stimulation for the correction of scoliosis. Scoliosis Res Sz Meeting, Hongkong 1977
- ¹⁷ Axelgaard J, Brown JC. Lateral electrical surface stimulation for the treatment of progressive idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 1983 Apr;8(3):242-60
- ¹⁸ Axelgaard J, Nordwall A, Brown JC. Correction of spinal curvatures by transcutaneous electrical muscle stimulation. Spine (Phila Pa 1976). 1983 Jul-Aug;8(5):463-81
- ¹⁹ Eckerson LF, Axelgaard J. Lateral electrical surface stimulation as an alternative to bracing in the treatment of idiopathic scoliosis. Treatment protocol and patient acceptance. Phys Ther. 1984 Apr;64(4):483-90

- ²⁰ O'Donnell CS, Bunnell WP, Betz RR, Bowen JR, Tipping CR. Electrical stimulation in the treatment of idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1988 Apr;(229):107-13
- ²¹ Sullivan JA, Davidson R, Renshaw TS, Emans JB, Johnston C, Sussman M. Further evaluation of the Scolitron treatment of idiopathic adolescent scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*
- ²² Zielke K. [Experience with lateral electric surface stimulation in the treatment of progressive idiopathic scoliosis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1986 May-Jun;124(3):313-22
- ²³ Dickson RA, Lawton JO, Archer IA, Butt WP. The pathogenesis of idiopathic scoliosis. Biplanar spinal asymmetry. *J Bone Joint Surg Br.* 1984 Jan;66(1):8-15
- ²⁴ Dickson RA. Conservative treatment for idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Br.* 1985 Mar;67(2):176-81
- ²⁵ Schmitt O. Skoliosefrühbehandlung durch Elektrostimulation. Bücherei des Orthopäden. Bd 45 Stuttgart, Enke 1985
- ²⁶ Dickson RA, Lawton JO, Archer IA, Butt WP. The pathogenesis of idiopathic scoliosis. Biplanar spinal asymmetry. *J Bone Joint Surg Br.* 1984 Jan;66(1):8-15
- ²⁷ Ebenbichler G, Liederer A, Lack W. [Scoliosis and its conservative treatment possibilities]. *Wien Med Wochenschr.* 1994;144(24):593-604
- ²⁸ Focarile FA, Bonaldi A, Giarolo MA, Ferrari U, Zilioli E, Ottaviani C. Effectiveness of nonsurgical treatment for idiopathic scoliosis. Overview of available evidence. *Spine (Phila Pa 1976).* 1991 Apr;16(4):395-401
- ²⁹ Bradford DS, Tanguy A, Vanselow J. Surface electrical stimulation in the treatment of idiopathic scoliosis: preliminary results in 30 patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 1983 Oct;8(7):757-64
- ³⁰ Axelgaard J, Brown JC. Lateral electrical surface stimulation for the treatment of progressive idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1983 Apr;8(3):242-60
- ³¹ Sullivan JA, Davidson R, Renshaw TS, Emans JB, Johnston C, Sussman M. Further evaluation of the Scolitron treatment of idiopathic adolescent scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986 Nov;11(9):903-6
- ³² Brown JC, Axelgaard J, Howson DC. Multicenter trial of a noninvasive stimulation method for idiopathic scoliosis. A summary of early treatment results. *Spine (Phila Pa 1976).* 1984 May-Jun;9(4):382-7
- ³³ McCollough NC 3rd. Nonoperative treatment of idiopathic scoliosis using surface electrical stimulation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986 Oct;11(8):802-4
- ³⁴ Rowe DE, Bernstein SM, Riddick MF, Adler F, Emans JB, Gardner-Bonneau D. A meta-analysis of the efficacy of non-operative treatments for idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1997 May;79(5):664-74
- ³⁵ Goldberg C, Dowling FE, Fogarty EE, Regan BF, Blake NS. Electro-spinal stimulation in children with adolescent and juvenile scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1988 May;13(5):482-4
- ³⁶ Swank SM, Brown JC, Jennings MV, Conradi C. Lateral electrical surface stimulation in idiopathic scoliosis. Experience in two private practices. *Spine (Phila Pa 1976).* 1989 Dec;14(12):1293-5
- ³⁷ Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am.* 1995 Jun;77(6):815-22
- ³⁸ Axelgaard J, Brown JC. Lateral electrical surface stimulation for the treatment of progressive idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1983 Apr;8(3):242-60
- ³⁹ Sullivan JA, Davidson R, Renshaw TS, Emans JB, Johnston C, Sussman M. Further evaluation of the Scolitron

treatment of idiopathic adolescent scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1986 Nov;11(9):903-6

⁴⁰ Durham JW, Moskowitz A, Whitney J. Surface electrical stimulation versus brace in treatment of idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990 Sep;15(9):888-92

⁴¹ Bylund P, Aaro S, Gottfries B, Jansson E. Is lateral electric surface stimulation an effective treatment for scoliosis? *J Pediatr Orthop*. 1987 May-Jun;7(3):298-300

⁴² Lenssinck ML, Frijlink AC, Berger MY, Bierman-Zeinstra SM, Verkerk K, Verhagen AP. Effect of bracing and other conservative interventions in the treatment of idiopathic scoliosis in adolescents: a systematic review of clinical trials. *Phys Ther*. 2005 Dec;85(12):1329-39

⁴³ el-Sayyad M, Conine TA. Effect of exercise, bracing, and electrical surface stimulation on idiopathic scoliosis: a preliminary study. *Int J Rehabil Res*. 1994;17:70–74

⁴⁴ Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis: a prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77:815– 822

⁴⁵ Schlenzka D, Ylikoski M, Poussa M. Experiences with lateral electric surface stimulation in the treatment of idiopathic scoliosis [in German]. *Beitr Orthop Traumatol*. 1990;37:373–378

⁴⁶ Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am*. 1995 Jun;77(6):815-22

⁴⁷ el-Sayyad M, Conine TA. Effect of exercise, bracing, and electrical surface stimulation on idiopathic scoliosis: a preliminary study. *Int J Rehabil Res*. 1994;17:70–74

⁴⁸ Negrini S, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, Zaina F, Chockalingam N, Grivas TB, Kotwicki T, Maruyama T, Romano M, Vasilidis ES. Braces for idiopathic scoliosis in adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010 Jan 20;(1):CD006850

⁴⁹ Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am*. 1995 Jun;77(6):815-22

⁵⁰ Moher D, Jadad AR, Tugwell P. Assessing the quality of randomized controlled trials. Current issues and future directions. *Int J Technol Assess Health Care*. 1996 Spring;12(2):195-208

⁵¹ el-Sayyad M, Conine TA. Effect of exercise, bracing, and electrical surface stimulation on idiopathic scoliosis: a preliminary study. *Int J Rehabil Res*. 1994;17:70–74

⁵² Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am*. 1995 Jun;77(6):815-22

⁵³ Schlenzka D, Ylikoski M, Poussa M. Experiences with lateral electric surface stimulation in the treatment of idiopathic scoliosis [in German]. *Beitr Orthop Traumatol*. 1990;37:373–378

⁵⁴ Allington NJ, Bowen JR. Adolescent idiopathic scoliosis: treatment with the Wilmington brace. A comparison of full-time and part-time use. *J Bone Joint Surg Am*. 1996 Jul;78(7):1056-6.

⁵⁵ Fisher DA, Rapp GF, Emkes M. Idiopathic scoliosis: transcutaneous muscle stimulation versus the Milwaukee brace. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987 Dec;12(10):987-91

-
- ⁵⁶ Lenssinck ML, Frijlink AC, Berger MY, Bierman-Zeinstra SM, Verkerk K, Verhagen AP. Effect of bracing and other conservative interventions in the treatment of idiopathic scoliosis in adolescents: a systematic review of clinical trials. *Phys Ther.* 2005 Dec;85(12):1329-39
- ⁵⁷ Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis: a prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:815– 822
- ⁵⁸ el-Sayyad M, Conine TA. Effect of exercise, bracing, and electrical surface stimulation on idiopathic scoliosis: a preliminary study. *Int J Rehabil Res.* 1994;17:70 –74
- ⁵⁹ Schlenzka D, Ylikoski M, Poussa M. Experiences with lateral electric surface stimulation in the treatment of idiopathic scoliosis [in German]. *Beitr Orthop Traumatol.* 1990;37:373–378
- ⁶⁰ Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis: a prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:815– 822
- ⁶¹ Fisher DA, Rapp GF, Emkes M. Idiopathic scoliosis: transcutaneous muscle stimulation versus the Milwaukee brace. *Spine (Phila Pa 1976).* 1987 Dec;12(10):987-91
- ⁶² Allington NJ, Bowen JR. Adolescent idiopathic scoliosis: treatment with the Wilmington brace. A comparison of full-time and part-time use. *J Bone Joint Surg Am.* 1996 Jul;78(7):1056-62