



Обзорная статья

DOI: 10.15593/RZhBiomech/2023.1.06

УДК 531/534: [57+61]

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СКОЛИОЗНЫХ КОРСЕТОВ, РАЗРАБОТАННЫХ НА ОСНОВЕ CAD/CAM И РУЧНОГО ЛИТЬЯ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

М.Т. Карими<sup>1</sup>, Р. Тахмасеби<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Исследовательский центр реабилитационных наук Ширазского университета медицинских наук, Шираз, Иран

<sup>2</sup> Центр исследований опорно-двигательного аппарата Исфаханского университета медицинских наук, Исфахан, Иран

### О СТАТЬЕ

Получена: 05 октября 2022

Одобрена: 07 марта 2023

Принята к публикации: 08 марта 2023

### Ключевые слова:

сколиоз, корсеты, CAD/CAM, эффективность, угол Кобба.

### АННОТАЦИЯ

Для контроля прогрессирования сколиоза используются различные методы консервативного лечения, включая физиотерапию и использование корсетов. На самом деле существует два основных подхода изготовления сколиозных корсетов. Однако основной вопрос, который задается, заключается в том, являются ли корсеты, изготовленные на основе CAD/CAM-подхода, более эффективными (для уменьшения кривой сколиоза на основе угла Кобба), чем корсеты, изготовленные методом ручного литья. Поэтому целью данного обзора было сравнение эффективности корсетов, изготовленных с помощью CAD/CAM и корсетов, ручного изготовления путем литья, на основании имеющихся литературных данных. Кроме того, целью было сравнить качество жизни пациентов со сколиозом, получающих лечение при использовании корсета, изготовленного двумя методами. Был проведен поиск в некоторых базах данных, таких как *Google Scholar*, *PubMed*, *ISI Web of Knowledge*, *Ebsco* и *Scopus*. Ключевое слово CAD/CAM использовалось в сочетании со сколиозом. Качество исследований определялось с помощью инструмента *Black and Down*. Было найдено 9 работ, посвященных сочетанию CAD/CAM и сколиоза, из которых 5 работ были посвящены сравнению эффективности системы корсетов, разработанной на основе ручного метода и CAD/CAM. Остальные работы были посвящены оценке эффективности корсетов, разработанных на основе CAD/CAM с использованием анализа метода конечных элементов и без него. Качество работ варьировалось от 9 до 16. На основании имеющихся исследований можно сделать вывод, что корсеты, разработанные на основе подхода CAD/CAM, легче и удобнее, чем те, которые разработаны традиционным методом. Однако видимой разницы между эффективностью корсетов, изготовленных с помощью CAD/CAM и ручного литья не наблюдалось.

© ПНИПУ

© Карими Мохаммед Таги – профессор, e-mail: [Karimi@rehab.mui.ac.ir](mailto:Karimi@rehab.mui.ac.ir) iD: 0000-0001-7195-6315

© Тахмасеби Разиех – доцент



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## Введение

Сколиоз определяется как боковое искривление позвоночника, однако он влияет на выравнивание структур позвоночника также в сагитальной и поперечной плоскостях [1; 3]. Частота встречаемости этой деформации варьируется от 2 до 13,6 % в разных странах [24; 31]. Следует подчеркнуть, что сколиоз определяется как боковое искривление, которое имеет отклонение более чем на 10°. Хотя основная причина сколиоза изучена недостаточно хорошо, некоторые факторы, такие как биомеханические, могут быть обусловлены изменением концентрации коллагеновых волокон межпозвоночных дисков. Кроме того, у пациентов со сколиозом снижается минеральная плотность костной ткани, присутствуют аномалии центральной нервной системы (некоторые аномалии центральной нервной системы увеличивают частоту сколиоза, включая аномальные соматосенсорные вызванные потенциалы и нижнюю часть мозговой миндалины), аномалии в структуре мягких тканей (более высокая концентрация коллагеновых волокон пульпозного ядра межпозвоночного диска у испытуемых со сколиозом и разница у них в коже в средних и глубоких волокнах) и в уровне тромбоцитарного кальмодулина, все это может влиять на частоту возникновения данной деформации [24; 30].

Основные лечебные подходы, выбранные для уменьшения выраженности сколиоза и влияния на его историю, включают наблюдение и мониторинг, использование корсетов, лечебной физкультуры, йоги, акупунктуры и хирургии (рис. 1) [2; 4–10; 12–14; 18–20; 25–27; 29–30]. Однако в зависимости от возраста пациентов, изгиба сколиотической кривой и риска прогрессирования кривой может быть выбран консервативный подход к лечению

(использование корсетов и лечебной физкультуры) или хирургическое вмешательство. Среди вышеупомянутых консервативных методов лечения значительную роль играет использование корсетов. Некоторые корсеты, такие как корсет Милуоки, корсет Чарльстона, корсет Шано и корсет Гензинген, используются при лечении сколиоза для контроля риска прогрессирования кривой и могут влиять на естественную историю болезни (рис. 2) [26; 43–45; 48; 49; 51; 52].

На самом деле существует два основных подхода, которые могут быть использованы для изготовления корсета, включая традиционный и новый подходы [46]. При традиционном методе изготовления корсета с позвоночника пациента снимается слепок, заполняется гипсом (для создания позитивного слепка) и, наконец, модифицируется в зависимости от стороны искривления, тяжести деформации и объема необходимой коррекции. Новый подход к изготовлению корсетов в основном основан на системе автоматизированного проектирования и производства *CAD/CAM* [38]. Эта система используется в ортопедии и протезировании с 1970-х гг. и официально появилась в 1979 г. [46]. Фактически она была разработана для использования в этой области в основном Джеймсом Фоортом и его коллегами из ресурсного отдела машиностроения Университета Британской Колумбии. Эта новая система была представлена на всемирном конгрессе Международного общества протезирования и ортопедии в 1983 г. в Лондоне. Система состоит из трех основных частей, блока дигитайзера, который преобразует 3D-информацию о теле в цифровой формат, компьютера, который используется для обработки изображений, их преобразования и хранения, и фрезерной системы. Похоже, что *CAD/CAM* так же эффективен, как и метод гипсовых слепков, и более экономичен по времени



Рис. 1. Подходы к лечению, использованные для испытуемых со сколиотической деформацией

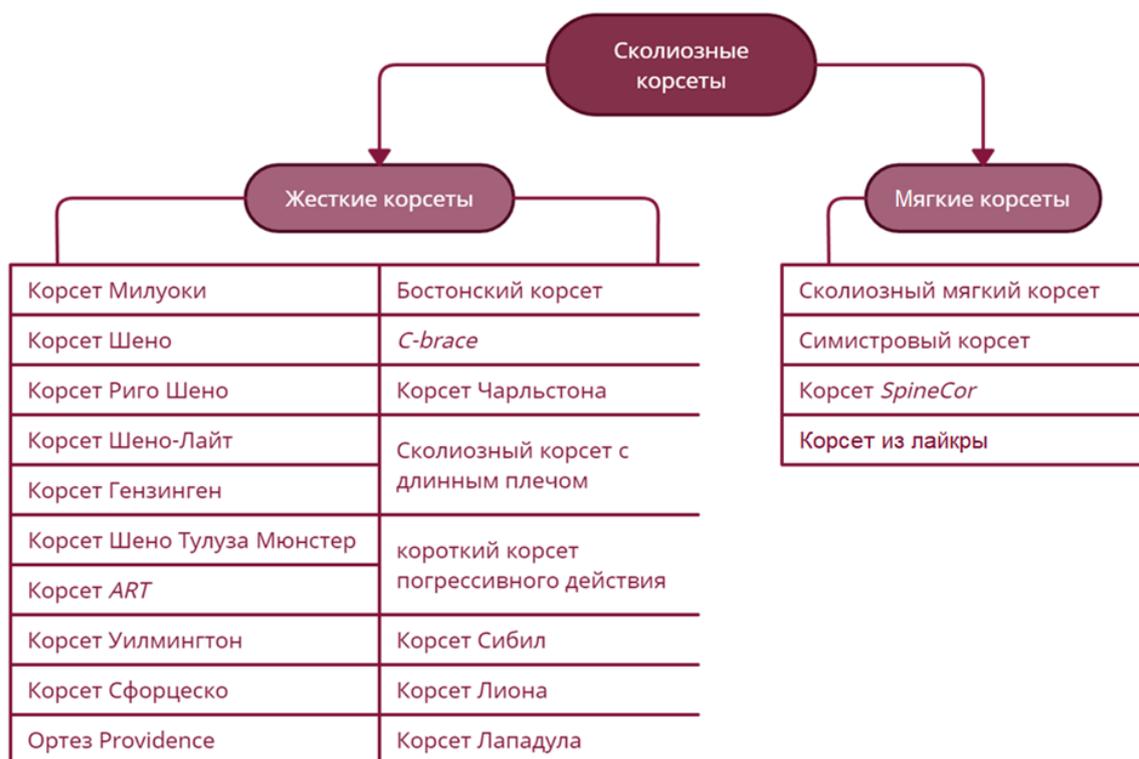


Рис. 2. Корсеты, используемые для испытуемых со сколиотической деформацией

и затратам. Кроме того, можно хранить данные пациента для дальнейшего использования. Эта система используется исключительно для изготовления спинальных корсетов. Некоторые новые разработанные корсеты, такие как корсет Шено, Бостонский и Гензингенский корсеты, были созданы на основе этого подхода [19; 23; 32–34; 36; 38–42]. Однако главный вопрос, который здесь задается, заключается в том, есть ли разница между эффективностью этого подхода по сравнению с традиционным методом в отношении его влияния на контроль кривой сколиоза.

В исследовании, проведенном Борисовым и др. на 92 пациентах, было определено, что при соответствующем обучении и опыте результат традиционного подхода (ручной работы) может быть таким же, как и при использовании CAD/CAM [11]. Эффективность этого подхода была подтверждена Блейсом и др. Они также подтвердили, что корсеты, изготовленные на основе этого подхода, являются наиболее удобными (они не влияли на повседневную деятельность испытуемых, например, сидение на стуле и т.д.) [21]. Санкар и др. показали, что хотя коррекция (уменьшение угла Кобба при сколиозе), достигнутая с помощью CAD/CAM-подхода, составила 51 % по сравнению с 44 % при традиционном подходе, разница между результатами не была значительной [35]. Поэтому было спорным, повышает ли использование CAD/CAM-подхода эффективность сколиотических корсетов для уменьшения сколиотической кривой и влияние на прогрессирование кривой. Целью данного исследования было сравнить эффективность корсетов,

изготовленных на основе традиционного и нового подходов (CAD/CAM с использованием FEA или без него). Кроме того, целью было определить влияние корсетов, разработанных на основе указанных ранее подходов, на качество жизни пациентов со сколиозом.

## Методы

### Стратегия поиска

Был проведен поиск в некоторых базах данных, включая PubMed, ISI Web of Knowledge, Google Scholar, Ebsco и Embase. Некоторые ключевые слова, такие как «сколиоз и боковая деформация позвоночника», использовались в сочетании с CAD/CAM. Поскольку некоторые специфические корсеты были изготовлены на основе CAD/CAM-подхода, другие ключевые слова, такие как «корсет Гензинген», были использованы в сочетании со словом «сколиоз».

### Отбор исследований

Поиск проводился за период между 1970 и 2022 гг. Первый отбор работ проводился на основе названий и аннотаций, чтобы ответить на интересующий нас исследовательский вопрос. Следует подчеркнуть, что для окончательного анализа были отобраны только работы, опубликованные на английском языке. Второй критерий отбора работ был основан на интересующем нас исследовательском вопросе. Поэтому из окончательного списка были исключены работы, которые в основном были посвящены внедрению подхода CAD/CAM.

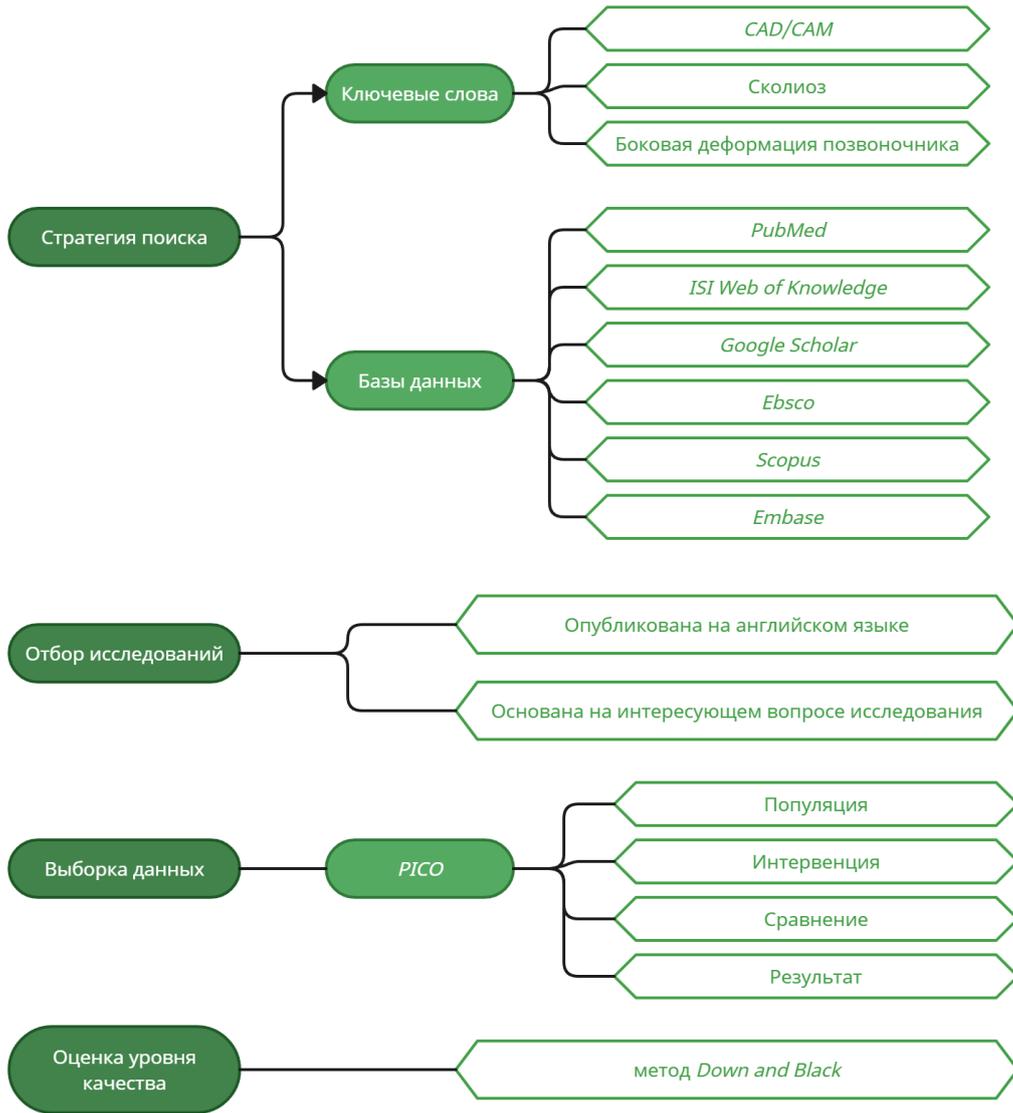


Рис. 3. Процедура, использованная в данном систематическом обзоре

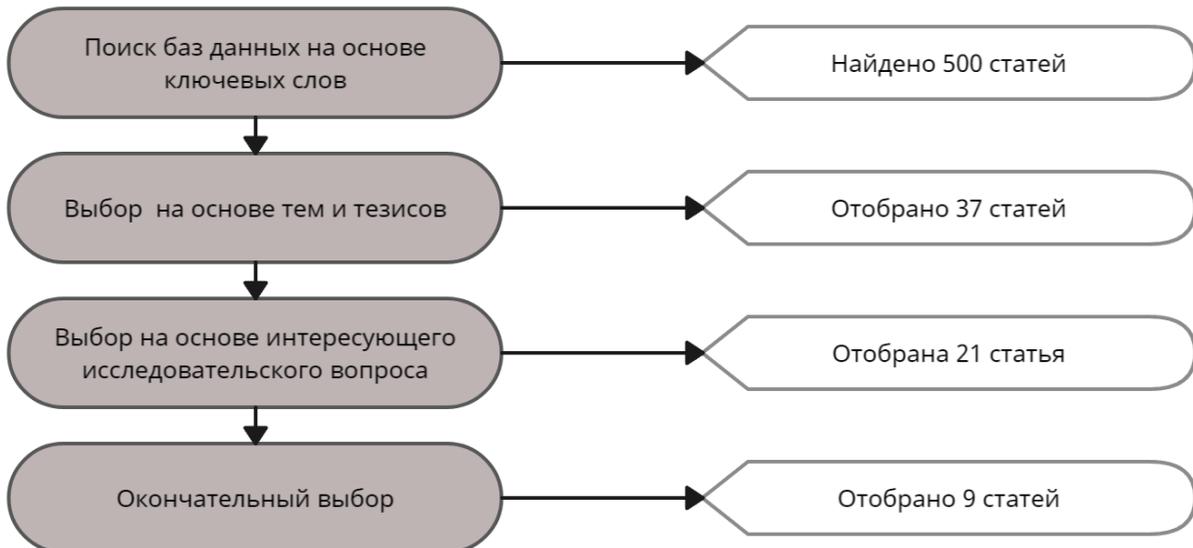


Рис. 4. Краткое изложение результатов систематического обзора

Информация каждой статьи была обобщена на основе стиля *PICO* (популяция, интервенция, сравнение и результаты).

### Оценка уровня качества

Качество каждого исследования оценивалось с помощью инструмента *Black and Down*. Он состоит из 28 вопросов, разделенных на 4 части, включая внутреннюю валидность, внешнюю валидность, спутанность и смещение. О валидности и надежности этого инструмента

сообщалось в предыдущих исследованиях. На рис. 3 и 4 показана процедура, использованная в данном обзоре.

### Результаты

На основе вышеупомянутых ключевых слов было найдено 37 работ. На основании выбранных критериев для окончательного анализа было отобрано 9 работ (см. рис. 2). Из них 5 работ посвящены эффективности корсетов, разработанных на основе *CAD/CAM*-подхода, и их сравнению с корсетами, изготовленными на основе

Таблица 1

#### Результаты исследований, проведенных для сравнения эффективности корсетов, разработанных на основе *CAD/CAM* (с или без *FEA*) и стандартного подхода

Статья	Метод	Результаты
15	Участники: 15 человек со сколиозом. Вмешательство: для каждого испытуемого использовались два корсета. Стандартный корсет на основе слепка и новый корсет на основе <i>CAD/CAM</i> . Сравнение: эффективность обоих корсетов была определена с помощью рентгена	Новые корсеты были на 61 % тоньше и на 23 % легче стандартных. Новые корсеты были более удобными (11 из 15) или эквивалентными (4) стандартным корсетам. Это исследование подтвердило целесообразность данного подхода, который позволяет сделать корсеты более легкими, удобными с коррекцией, эквивалентной стандартным корсетам
35	Участники: 10 пациентов со сколиозом. Сколиотическая кривая = 30,8 (диапазон 18–46 градусов). 6 одиночных кривых и 4 двойных кривых. Вмешательство: <i>TLSO</i> из гипсовой формы и <i>CAD/CAM TLSO</i> . Пациентам было рекомендовано носить корсет 23 часа в сутки. Сравнение: Эффективность обоих корсетов была определена с помощью рентгена	Три пациента показали значительное улучшение коррекции с помощью <i>CAD/CAM</i> . У 6 пациентов разницы не было, а у одного – значительное улучшение при использовании гипсовой формы. В целом корсет <i>CAD/CAM</i> продемонстрировал среднюю коррекцию 51 %, по сравнению с 44% при использовании гипсовой <i>TLSO</i> ( $p=0,46$ )
46	Участники: 40 человек со сколиозом. Возраст: от 10 до 14 лет. Знак Риссера < 2. Угол Кобба: 25–45. Форма кривой: правая грудная, левая поясничная. Вмешательство: испытуемые были разделены на две группы (20 человек получили корсеты, изготовленные с использованием ручного подхода, и 20 человек – корсеты, изготовленные с использованием <i>CAD/CAM</i> -подхода). Сравнение: эффективность обоих корсетов определялась с помощью рентгена	При ручном методе средний угол Кобба уменьшился с 30,6 до 20,8°. При подходе <i>CAD/CAM</i> средний угол Кобба уменьшился с 30,5 до 17,7°. Значительной разницы между двумя подходами не наблюдалось (также в отношении апикальной ротации позвонков)
11	Участники: в исследование были включены 92 пациента. Средний возраст: 12,4 (10–14). Среднее значение признака Риссера: 1,34 (0–3). Средний угол Кобба: 29,2 ± 6 Вмешательство: корсеты, изготовленные на основе мануального подхода. Сравнение: эффективность корсетов определялась на основании рентгенограммы	Средняя коррекция в корсетах составила 12,8 ± 6,2 (56 %). Похоже, что после соответствующего обучения опытный СРО способен обеспечить стандарты ручного изготовления корсетов, сопоставимые с последними стандартами <i>CAD/CAM</i> -корсетов

традиционного подхода. Две работы были посвящены сравнению корсетов, изготовленных с помощью CAD/CAM и FEA и ручного литья, а две – оценке корсетов, разработанных с использованием CAD/CAM (сравнение не проводилось).

Качество отобранных работ варьировалось от 9 до 16. Качество большинства исследований было низким из-за ограниченного числа испытуемых, участвовавших в отобранных исследованиях. Кроме того, не было предпринято попыток осуществить исследование слепым методом. В табл. 1 и 2 представлена информация об отобранных исследованиях, основанная на методе *PICO*. В табл. 3 обобщены результаты оценки качества. В таблицах приведена информация о типе вмешательства, тяжести кривых сколиоза, времени наблюдения.

### Подведение итогов

Результаты выбранных исследований подтвердили следующие моменты:

1. Новые корсеты, разработанные на основе CAD/CAM-подхода, были эквивалентны таковым при стандартном и системном подходе (ручное литье).
2. Комбинация CAD/CAM с FEA создает корсеты, которые более удобны и могут быть более эффективными, чем изготовленные при традиционном подходе.
3. По-видимому, нет существенной разницы между результатами применения корсетов, разработанных на основе CAD/CAM и традиционного подхода.
4. Коррекция, достигнутая с помощью CAD/CAM-подхода, больше, чем при использовании гипсовых слепков.
5. Опыт показывает лучшие результаты лечения с помощью корсетов, изготовленных на основе ручного подхода.
6. Корсеты, изготовленные с помощью CAD/CAM, меньше охватывают тело.

### Обсуждение

Технология CAD/CAM представляет новый метод в проектировании и изготовлении компонентов ортопедии и протезирования. Этот новый подход используется в данной области с 1976 г. В настоящее время некоторые корсеты для позвоночника, включая Cheneau, Gensingen и Boston, разработаны и изготовлены на основе этого подхода. На самом деле существует два основных подхода, которые могут быть использованы для проектирования спинальных корсетов, включая подход ручного литья и использование CAD/CAM [46]. В литературе есть несколько исследований, посвященных эффективности этих подходов, используемых для изготовления сколиотических корсетов. Однако результаты большинства из них противоречивы. Целью данного обзора была оценка имеющихся литературных данных для определения эффективности данного подхода по сравнению с традиционным.

Фактически существует 9 работ по использованию CAD/CAM-подхода с FEA и без FEA при изготовлении сколиотических корсетов, некоторые из них также были посвящены сравнению эффективности данного корсета с традиционным подходом. Качество большинства из них низкое из-за ограниченного количества исследований, а также не было предпринято попытки осуществить слепые исследования. Следует подчеркнуть, что в большинстве (возможно, во всех) этих исследований оценивался непосредственный эффект от использования корсетов.

Первая цель данного обзора (насколько эффективен корсет, разработанный на основе CAD/CAM-подхода).

Существует две работы, посвященные эффективности корсетов, разработанных с использованием подхода CAD/CAM для коррекции сколиоза. В исследовании, проведенном Борисовым и др., приняли участие 92 человека со сколиозом, угол Кобба которых составлял в среднем  $29,2 \pm 6^\circ$ . Результаты этого исследования показали, что средняя коррекция в корсетах составила  $12,8 \pm 6,2^\circ$  (коррекция в корсетах составила 56 %) [11]. Они также подтвердили, что опытные CPO могут изготовить корсеты при сколиозе, так же как и при использовании CAD/CAM-подхода, все зависит от их опыта.

В другом исследовании, проведенном Вайс и др., корсет Шено был изготовлен на основе CAD/CAM-подхода для 21 пациента со сколиозом со средним углом Кобба  $31,33 \pm 6,58^\circ$ . Средний угол Кобба в корсетах составил  $10,66^\circ$  при коррекции, равной 66 %. Они сравнили эффективность этого подхода с данными, имеющимися в литературе. Подтверждено, что применение CAD/CAM-подхода приводит к лучшей коррекции в корсетах [37]. На основании вышеупомянутых исследований можно сделать вывод, что сколиотические корсеты, изготовленные с использованием подхода CAD/CAM, приводят к лучшей коррекции. Однако второй вопрос заключается в том, превосходит ли использование этого подхода ручной подход или нет.

Есть ли существенные различия между величиной коррекции сколиотической кривой, достигнутой при использовании данного подхода, по сравнению с ручным литьем?

На самом деле существует 5 работ по сравнению CAD/CAM-подхода и ручного литья. В большинстве из них сравнивался непосредственный эффект от использования корсета. В исследовании, проведенном Сэнкером и др. на 10 пациентах со сколиозом со средним углом Кобба  $30,8^\circ$  (диапазон 18–46), исследовали коррекцию, достигнутую с помощью CAD/CAM-корсета. Она составила 51 % по сравнению с 44 % при использовании гипса.

### Заключение

На основании вышеперечисленных исследований и с учетом качества имеющихся исследований нельзя сделать вывод, что использование CAD/CAM-подхода значительно повышает эффективность корсетов. На самом

**Результаты исследований, проведенных для сравнения эффективности корсетов, разработанных на основе CAD/CAM с использованием FEA или без него, и стандартного подхода**

Статья	Метод	Результаты
21	Участники: были набраны 4 пациента с АИС. Вмешательство: для каждого испытуемого были изготовлены два корсета, включая: стандартный <i>TLSO</i> с гипсовой повязкой (корсет <i>STD</i> ) и корсет, разработанный с использованием <i>FEA</i> и <i>CAD/CAM</i> . Сравнение: немедленная коррекция в корсетах оценивалась с использованием обоих корсетов	При использовании брейса <i>STD</i> грудной и поясничный углы Кобба были скорректированы на 51 и 45 % соответственно, по сравнению с брейсом <i>SIM</i> , которые составили 41 и 48 %. Пациенты чувствовали себя более комфортно с новым брейсом. Эффективность этого подхода была подтверждена в данном исследовании
16	Участники: 40 человек со сколиозом. Угол Кобба: 20–40°. Знак Риссера: 0–2. Вмешательство: испытуемые были разделены на две группы. Те, кто получал <i>TLSO</i> , изготовленные с помощью <i>CAD/CAM</i> , и те, кто получал корсет, изготовленные на основе <i>CAD/CAM</i> и <i>FEA</i> . 28 пациентов были в контрольной группе, по сравнению с 23 пациентами в тестовой группе. Сравнение: эффективность обоих корсетов определялась с помощью рентгена	Результаты данного исследования подтвердили значительно большую 3D-коррекцию в корсетах, разработанных на основе <i>FEA</i> и <i>CAD/CAM</i> , по сравнению только с <i>CAD/CAM</i> . Сочетание подхода <i>CAD/CAM</i> с <i>FEA</i> позволило разработать более эффективные корсет для исправления деформаций позвоночника во всех трех плоскостях
22	Участники: 6 испытуемых со сколиозом. Знак Риссера: 0–3 (среднее=1.) Возраст=11–13 лет. Средний угол Кобба: 29 для грудного отдела и 24 для грудопоясничного и поясничного. Вмешательство: для каждого испытуемого использовались два корсета: <i>TLSO</i> , разработанный с помощью <i>CAD/CAM</i> , и стандартный <i>TLSO</i> , разработанный на основе гипсового слепка. Сравнение: эффективность обоих корсетов определялась с помощью рентгенографии в корсетах	Новый брейс уменьшил в среднем грудной угол Кобба на 11°, а углы <i>TL</i> и <i>L</i> - на 16°. В отличие от этого, при использовании стандартного брейса углы Кобба в грудном отделе, <i>TL</i> и <i>L</i> уменьшились на 16, 16 и 13° соответственно. Был сделан вывод, что новый брейс эквивалентен стандартному брейсу
37	Участники: 21 человек со сколиозом (11 грудных, 4 с двойной кривой, 4 поясничных и 2 тораколюмбальных). Средний показатель знака Риссера составил $0,38 \pm 0,68$ . Угол Кобба = $31,33 \pm 6,58^\circ$ . Вмешательство: Брейс Шено был изготовлен на основе <i>CAD/CAM</i> -подхода. Сравнение: угол Кобба по данным рентгенограммы	Средний угол Кобба в корсетах составил 10,6° (66 % коррекции). По сравнению с литературными данными, была отмечена значительная разница, показывающая, что применение <i>CAD/CAM</i> приводит к лучшей коррекции в корсетах
17	Участники: 40 человек со сколиозом. Знак Риссера=0–2. Сколиотическая кривая=20–45. В контрольной группе: угол Кобба = 27 (основной грудной) и 26 (поясничный). В контрольной группе: 33 (основной грудной) и 28 (поясничный). Вмешательство: 19 пациентов получили <i>TLSO</i> , изготовленные на основе <i>CAD/CAM</i> -подхода (контрольная группа) и 21 пациент получил <i>TLSO</i> , изготовленные на основе <i>CAD/CAM</i> и <i>FEM</i> . Сравнение: эффективность обоих корсетов определялась с помощью рентгена	Брейс <i>CTRL</i> уменьшил средние грудные ( <i>MT</i> ) и поясничные ( <i>L</i> ) изгибы на 8 (29 %) и 10 (40 %), соответственно. В отличие от этого, новый брейс уменьшил кривые <i>MT</i> и <i>L</i> на 14 (43 %) и 13 (46 %). Похоже, что брейсы, разработанные с помощью <i>CAD/CAM</i> и <i>FEM</i> , более эффективны в коррекции грудных изгибов при первой непосредственной оценке в брейсе. Он легче и требует меньшего покрытия поверхности тела

Результаты оценки качества отобранных исследований

Статья	Отчетность	Внешняя валидность	Внутренняя валидность (предвзятость)	Внутренняя валидность (спутывание)	Заключительная запись
(22)	7	1	4	3	15
(11)	6	1	4	1	12
(15)	7	1	4	2	14
(17)	8	1	4	3	16
(16)	8	1	4	3	16
(37)	4	1	3	1	9
(47)	8	1	4	3	16
(21)	9	1	3	2	15
(35)	7	1	3	2	13

деле использование подхода CAD/CAM может привести к созданию более легких и удобных корсетов. Однако, по-видимому, нет убедительных доказательств того, что он более эффективен, чем традиционный подход. Основным

ограничением имеющихся исследований является то, что в большинстве из них оценивался непосредственный эффект от применения корсетов.

## Список литературы

- Ahn U.M., Ahn N.U., Nallamshetty L., Buchowski J.M., Rose P.S., Miller N.H., Kostuik J.P., Sponseller P.D. The etiology of adolescent idiopathic scoliosis // *Am J Orthop* (Belle Mead NJ). – 2002. – Vol. 31, №7. – P. 387–395.
- Allington N.J., Bowen J.R. Adolescent idiopathic scoliosis: treatment with the Wilmington brace. A comparison of full-time and part-time use // *J Bone Joint Surg Am.* – 1996. – Vol. 78, № 7. – P. 1056-1062.
- Arnold H. Etiology and pathogenesis of spinal abnormalities in the growing period; juvenile kyphosis and scoliosis // *Monatsschr Kinderheilkd.* – 1957. – Vol. 105, № 2. – P. 61–65.
- Aulisa A.G., Guzzanti V., Falciglia F., Giordano M., Marzetti E., Aulisa L. Lyon bracing in adolescent females with thoracic idiopathic scoliosis: a prospective study based on SRS and SOSORT criteria // *BMC Musculoskeletal Disorders.* – 2015. – Vol. 16. – P. 316.
- Aulisa A.G., Guzzanti V., Marzetti E., Giordano M., Falciglia F., Aulisa L. Brace treatment in juvenile idiopathic scoliosis: a prospective study in accordance with the SRS criteria for bracing studies-SOSORT award 2013 winner // *Scoliosis.* – 2014. – Vol. 9.
- Aulisa A.G., Mastantuoni G., Laineri M., Falciglia F., Giordano M., Marzetti E. Brace technology thematic series: the progressive action short brace (PASB). *Scoliosis.* – 2012. – Vol. 7.
- Babae T., Kamyab M., Ganjavian M.S. Milwaukee brace or thoracolumbosacral orthosis? Which one affects the quality of life of adolescents with idiopathic scoliosis more? A cross-sectional study using the SRS-22 questionnaire // *Curr Orthop Pract.* – 2014. – Vol. 25, №5. – P. 478–483.
- Bassett G.S., Bunnell W.P. Influence of the Wilmington brace on spinal decompensation in adolescent idiopathic scoliosis // *Clinical orthopaedics and related research.* – 1987. – Vol. 223. – P. 164–169.
- Boer den W.A., Anderson P.G., Limbeek van J. Treatment of idiopathic scoliosis with side-shift therapy: an initial comparison with a brace treatment historical cohort // *Eur Spine J.* – 1999. – Vol. 8.
- Bohl D.D., Telles C.J., Golinvaux N.S., Basques B.A., DeLuca P.A., Grauer J.N. Effectiveness of Providence nighttime bracing in patients with adolescent idiopathic scoliosis // *Orthopedics.* – 2014. – Vol. 37, № 12. – P. 1085–1090.
- Borysov M., Borysov A., Kleban A., Weiss H. Bracing According to Best Practice Standards – Are the Results Repeatable? *Orthopedic & Muscular System: Current Research*, 2013.
- Bowen J.R., Keeler K.A., Pelegie S. Adolescent idiopathic scoliosis managed by a nighttime bending brace // *Orthopedics.* – 2001. – Vol. 24, № 10. – P. 967–970.
- Canavese F., Kaelin A. Adolescent idiopathic scoliosis: Indications and efficacy of nonoperative treatment // *Indian Journal of Orthopaedics.* – 2011. – Vol. 45, № 1. – P. 7–14.
- Cinnella P., Muratore M., Testa E., Bondente P. The treatment of adolescent idiopathic scoliosis with Cheneau brace: long term outcome // *Scoliosis.* – 2009. – Vol. 4, № 2. – P. 44.
- Cobetto N., Aubin C.E., Clin J, Le May S., Desbiens-Blais F., Labelle H., Parent S. Braces Optimized With Computer-Assisted Design and Simulations Are Lighter, More Comfortable, and More Efficient Than Plaster-Cast Braces for the Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis // *Spine Deform.* – 2014. – Vol. 2, № 4. – P. 276–284.
- Cobetto N., Aubin C-É., Parent S., Barchi S., Turgeon I., Labelle H. 3D correction of AIS in braces designed using CAD/CAM and FEM: a randomized controlled trial // *Scoliosis and Spinal Disorders.* – 2017. – Vol. 12, № 1. – P. 24.
- Cobetto N., Aubin C.E., Parent S., Clin J., Barchi S., Turgeon I., Labelle H. Effectiveness of braces designed using computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM) and finite element simulation compared to CAD/CAM only for the conservative treatment of adolescent idiopathic scoliosis: a prospective randomized controlled trial // *Eur Spine J.* – 2016. – Vol. 25, № 10. – P. 3056–3064.
- Coillard C., Leroux M.A., Zabajek K.F., Rivard C. SpineCor – a non-rigid brace for the treatment of idiopathic scoliosis: post-

- treatment results // *European Spine Journal*. – 2003. – Vol. 12, № 2. – P. 141–148.
19. De Giorgi S., Piazzolla A., Tafuri S., Borracci C., Martucci A., De Giorgi G. Cheneau brace for adolescent idiopathic scoliosis: long-term results. Can it prevent surgery? // *Eur Spine J*. – 2013. – Vol. 22, № 6. – P. 815–822.
  20. De Mauroy J.C., Lecante C., Barral F., Daureu D., Gualerzi S., Gagliano R. The Lyon brace // *Disabil Rehabil Assist Technol*. – 2008. – Vol. 3.
  21. Desbiens-Blais F., Clin J., Parent S., Labelle H., Aubin C.E. CAD/CAM and biomechanical simulations vs. standard technique for the design of braces in adolescent idiopathic scoliosis: first results // *Scoliosis*. – 2013. – Vol. 8, № 1. – P. 41–50.
  22. Desbiens-Blais F., Clin J., Parent S., Labelle H., Aubin C.E. New brace design combining CAD/CAM and biomechanical simulation for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis // *Clin Biomech*. – 2012. – Vol. 27.
  23. Fang M.Q., Wang C., Xiang G.H., Lou C., Tian N.F., Xu H.Z. Long-term effects of the Cheneau brace on coronal and sagittal alignment in adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of neurosurgery Spine*. – 2015. – Vol. 23, № 4. – P. 505–509.
  24. Goldberg C.J., Moore D.P., Fogarty E.E., Dowling F.E. Scoliosis: a review // *Pediatric Surgery International*. – 2008. – Vol. 24, № 2. – P. 129–144.
  25. Grivas TB, Bountis A, Vrasami A, Bardakos NV. Brace technology thematic series: the dynamic derotation brace // *Scoliosis*. – 2010. – Vol. 5.
  26. Grivas T.B., Kaspiris A. European braces widely used for conservative scoliosis treatment // *Stud Health Technol Inform*. – 2010. – Vol. 158. – P. 157–166.
  27. Grivas T.B., Rodopoulos G.I., Bardakos N.V. Night-time braces for treatment of adolescent idiopathic scoliosis // *Disabil Rehabil Assist Technol*. – 2008. – Vol. 3, № 3. – P. 120–129.
  28. Grivas T.B., Vasiliadis E., Chatziargiropoulos T., Polyzois V.D., Gatos K. The effect of a modified Boston brace with anti-rotatory blades on the progression of curves in idiopathic scoliosis: aetiologic implications // *Pediatr Rehabil*. – 2003. – № 6.
  29. Haefeli M., Elfering A., Kilian R., Min K., Boos N. Nonoperative treatment for adolescent idiopathic scoliosis. A 10- to 60-year follow-up with special reference to health-related quality of life // *Spine*. – 2006. – Vol. 31, № 3. – P. 355–366.
  30. Janicki J.A., Alman B. Scoliosis: Review of diagnosis and treatment // *Paediatrics & Child Health*. – 2007. – Vol. 12, № 9. – P. 771–776.
  31. Ma X., Zhao B., Lin Q.K. Investigation on scoliosis incidence among 24,130 school children]. *Zhonghua liu xing bing xue za zhi = Zhonghua liuxingbingxue zazhi*. – 1995. – Vol. 16, № 2. – P. 109–110.
  32. Perie D., Sales De Gauzy J., Hobatho M.C. Biomechanical evaluation of Cheneau-Toulouse-Munster brace in the treatment of scoliosis using optimisation approach and finite element method // *Medical & biological engineering & computing*. – 2002. – Vol. 40, № 3. – P. 296–301.
  33. Pham V.M., Houlliez A., Carpentier A., Herbaux B., Schill A., Thevenon A. Determination of the influence of the Cheneau brace on quality of life for adolescent with idiopathic scoliosis // *Ann Readapt Med Phys*. – 2008. – Vol. 51, № 1. – P. 3–8, 9–15.
  34. Rigo M. The Chêneau brace. Preliminary results // *Résonances Eur Rachis*. 1995. – Vol. 8.
  35. Sankar W.N., Albrektson J., Lerman L., Tolo V.T., Skaggs D.L. Scoliosis in-brace curve correction and patient preference of CAD/CAM versus plaster molded TLSOs // *J Child Orthop*. – 2007. – Vol. 1, – P. 345–349.
  36. Taghi Karimi M., Rabczuk T., Kavyani M. Evaluation of the efficiency of the Cheneau brace on scoliosis deformity : A systematic review of the literature // *Orthopade*. – 2018. – Vol. 47, № 3. – P. 198–204.
  37. Weiss H., Seibel S., Moramarco M., Kleban A. Bracing scoliosis: the evolution to CAD/CAM for improved in-brace corrections // *Hard Tissue*. – 2013. – Vol. 2, № 5.
  38. Weiss H.R., Kleban A. Development of CAD/CAM Based Brace Models for the Treatment of Patients with Scoliosis-Classification Based Approach versus Finite Element Modelling // *Asian spine journal*. – 2015. – Vol. 9, № 5. – P. 661–667.
  39. Weiss H.R., Turnbull D., Bohr S. Brace treatment for patients with Scheuermann's disease - a review of the literature and first experiences with a new brace design // *Scoliosis*. – 2009. – Vol. 4. – P. 4–22.
  40. Weiss H.R., Werkmann M., Stephan C. Correction effects of the ScoliOlogiC "Cheneau light" brace in patients with scoliosis // *Scoliosis*. – 2007. – Vol. 2. – P. 2.
  41. Weiss H.R., Werkmann M. "Brace Technology" Thematic Series - The ScoliOlogiC(R) Cheneau light brace in the treatment of scoliosis // *Scoliosis*. – 2010. – Vol. 5. – P. 5–19.
  42. Weiss H.R. "Brace technology" thematic series - the Gensingen brace™ in the treatment of scoliosis // *Scoliosis*. – 2010. – Vol. 5. – P. 22–25.
  43. Wiemann J.M., Shah S.A., Price C.T. Nighttime Bracing Versus Observation for Early Adolescent Idiopathic Scoliosis // *Journal of Pediatric Orthopedics*. – 2014. – Vol. 34, № 6. – P. 603–606.
  44. Willner S. Effect of the Boston thoracic brace on the frontal and sagittal curves of the spine // *Acta Orthop Scand*. 1984. – Vol. 55.
  45. Wong M.S., Cheng C.Y., Ng B.K., Lam T.P., Sin S.W., Lee-Shum LF, Chow H.K, Tam Y.P. The effect of rigid versus flexible spinal orthosis on the gait pattern of patients with adolescent idiopathic scoliosis // *Gait Posture*. – 2008. – Vol. 27, № 2. – P. 189–195.
  46. Wong M.S., Cheng J.C.Y., Wong M.W., So S.F. A work study of the CAD/CAM method and conventional manual method in the fabrication of spinal orthoses for patients with adolescent idiopathic scoliosis. // *Prosthetics and orthotics international*. – 2005. – Vol. 29, – P. 93–104.
  47. Wong M.S. A comparison of treatment effectiveness between the CAD/CAM method and the manual method for managing adolescent idiopathic scoliosis // *Prosthet Orthot Int*. 2005. – Vol. 29, – P. 105–111.
  48. Yrjönen T., Ylikoski M., Schlenzka D., Kinnunen R., Poussa M. Effectiveness of the Providence nighttime bracing in adolescent idiopathic scoliosis: a comparative study of 36 female patients // *European Spine Journal*. – 2006. – Vol. 15, № 7. – P. 1139–1143.
  49. Zaborowska-Sapeta K., Kowalski I.M., Kotwicki T., Protasiewicz-Faldowska H., Kiebzak W. Effectiveness of Chêneau brace treatment for idiopathic scoliosis: Prospective sturdy in 79 patients followed to skeletal maturity // *Scoliosis*. – 2011. – Vol. 6, – P. 6–11.
  50. Zaborowska-Sapeta K., Kowalski I.M., Kotwicki T., Protasiewicz-Faldowska H, Kiebzak W. Effectiveness of

- Cheneau brace treatment for idiopathic scoliosis: prospective study in 79 patients followed to skeletal maturity // *Scoliosis*. – 2011. – Vol. 6, № 1. – P. 6–11.
51. Zaina F., De Mauroy J.C., Grivas T., Hresko M.T., Kotwizki T., Maruyama T. Bracing for scoliosis in 2014: state of the art // *Eur J Phys Rehabil Med*. – 2014. – Vol. 50.
52. Zeh A., Planert M., Klima S., Hein W., Wohlrab D. The flexible Triac-Brace for conservative treatment of idiopathic scoliosis. An alternative treatment option? // *Acta Orthop Belg*. – 2008. – Vol. 74, № 4. – P. 512–521

**Финансирование.** Работы не имела источников финансирования

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SCOLIOSIS BRACES DESIGNED BASED ON CAD/CAM AND MANUAL CASTING. A REVIEW OF LITERATURE

M.T. Karimi<sup>1</sup>, R. Tahmasebi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rehabilitation Sciences Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz Iran

<sup>2</sup> Musculoskeletal Research Center, Isfahan University of Medical sciences, Isfahan Iran

---

### ARTICLE INFO

Received: 05 October 2022

Approved: 07 March 2023

Accepted for publication: 27 March 2023

*Key words:*

scoliosis, braces, CAD/CAM, effectiveness, Cobb angle

### ABSTRACT

Various methods of conservative treatment have being used to control the progression of scoliosis, including physical therapy and brace. Actually there are two main approaches for fabrication of scoliotic braces. However, the main question posted here is that whether the braces produced based on CAD/CAM approach is more effective (To reduce the scoliosis curve based on Cobb angle) than the braces fabricated by manual casting or not. Therefore, the aim of this review was to compare the effectiveness of braces produced by CAD/CAM and manual method based on the available literature. Moreover, it was aimed to compare the quality of life of scoliotic subjects treated by the braces produced based on two mentioned approaches. A search was done in some data bases such as Google Scholar, PubMed, ISI Web of Knowledge, Ebsco and Scopus. CAD/CAM key word was used in combination with scoliosis. The quality of the studies was determined by use of Black and Down tool. Actually 9 papers were found on combination of CAD/CAM and scoliosis in which, 5 papers were on comparison of the efficiency of the brace designed based on manual method and CAD/CAM. The other papers were on evaluation of the efficiency of the braces designed based on CAD/CAM with and without finite element analysis. The quality of the papers varied between 9 and 16. It can be concluded from the available studies that the braces designed based on CAD/CAM approach are lighter and more comfortable than the braces designed based on traditional method. However, there seems to be no difference between the effectiveness of the braces fabricated by CAD/CAM and manual casting.

© PNRPU