

# Перевод на русский язык

## Vibrationstraining in der Therapie unter besonderer Berücksichtigung der Stochastischen Resonanz

Структура сохранена по страницам исходной презентации. Схемы и рисунки не перерисовывались; их текстовое содержание и подписи переведены в виде описания.

### 1. Вибрационная тренировка в терапии

- с особым учетом стохастического резонанса
- S. Dalichau
- Институт прикладной профилактики и функциональной диагностики
- BG амбулатория несчастных случаев и реабилитационный центр при аэропорте Бремена

### 2. Вибрация

- Общим признаком всех подобных вмешательств является механическая стимуляция извне, при которой колебания проводятся через тело.
- Организм реагирует на эту стимуляцию как на «с механической точки зрения [...] многократно связанное системой масс и пружин осцилляторное устройство» с множеством механизмов адаптации. Условием этих механизмов является функционирование тела как «частотно-селективного фильтра относительно эндогенной передачи колебаний» [Haas и др., 2004].
- При высокой доле нагрузки весом тела, например стоя, сидя или лежа на вибрирующей поверхности, возникают колебания всего тела. При меньшей доле нагрузки, например при удержании вибрирующего предмета, применяется частичная вибрация тела [Haas и др., 2004].
- Как правило, исходят из двуногого стояния; при этом тренировочные и стимулирующие эффекты прежде всего воздействуют на нижние конечности [Huber, 2006].

### 3. Факторы, влияющие на вибрационную тренировку

- Тип вибрации.
- Амплитуда и частота.
- Положение тела на платформе.
- Параметры нагрузки: продолжительность тренировки, плотность нагрузки, объем и частота занятий.
- С дополнительным весом или без него.
- Принцип индивидуальности.
- Диагноз.

### 4. Острые краткосрочные эффекты

- Прирост силы на 5-10% после тренировочного протокола 10 раз по одной минуте при 26 Гц [Bosco и др., 2000; Cochrane и Stannard, 2005; Issurin и Tenenbaum, 1999].
- Повышение секреции тестостерона и гормона роста (до 460%) [Bosco и др., 2000].

### 5. Тонический вибрационный рефлекс (TVR)

- Центральным пусковым механизмом эффектов вибрационной тренировки является TVR [Matthews, 1966; Hagbarth и Eklund, 1966].
- Циклическая вибрационная нагрузка через мышечные веретена и аппараты Гольджи вызывает рефлексы растяжения мышцы, что ведет к повышенному рекрутированию и одновременной активации двигательных единиц, вовлеченных в тренировку.
- Мышечные веретена играют центральную роль в мышечном обеспечении вертикальной позы. Вибрации вызывают мышечную активность и последующие адаптационные реакции.
- Возникает взаимодействие между афферентными волокнами Ia, которые постоянно сообщают об изменении длины соответствующей мускулатуры, и эфферентными гамма-волокнами.
- Цель состоит в том, чтобы демпфировать и компенсировать колебание и тем самым сохранять устойчивость вертикального положения [van Dieën, 2002].

## 6. Тонический вибрационный рефлекс (TVR)

- Можно считать подтвержденным, что вибрационная тренировка через TVR приводит к повышенному развитию силы во время тренировки в зависимости от выбранной частоты и формы тренировки.
- В этой связи доступно большое число публикаций, подтверждающих оптимизацию работоспособности за счет вибрационной тренировки [Cochrane и Stannard, 2005; Delecluse и др., 2003].

## 7. Адаптации нейромышечной системы

- Оптимизация моторного контроля и улучшение рекрутирования ранее неиспользуемых двигательных единиц являются центральными механизмами действия вибрационной тренировки [Issurin и Tenenbaum, 1999] -> TVR.
- Через целенаправленные вибрационные стимулы высвобождаются биохимические вещества - нейротрофические факторы, которые противодействуют дегенерации и утрате функции нервных клеток, а также способствуют формированию новых связей между нейронными сетями [Haas и др., 2006].

## 8. Адаптации нейромышечной системы

- Схема на исходном слайде показывает контур моторного управления: цель действия, программирование, сравнение заданного и фактического состояния, управление/регуляция, хранение в моторной памяти, обработка афферентной информации, движение, внутренние и внешние контуры управления, а также внешние факторы среды.
- Источник схемы: Meinel и Schnabel, 1998, с. 42.

## 9. Адаптации костной ткани

- Качество и количество костной структуры зависят от компрессионных и растягивающих стимулов, создаваемых соответствующей мускулатурой, а также от действующих торсионных сил и гравитации (растяжение и сжатие) [Torvinen, 2003].
- Вибрационные стимулы, по-видимому, особенно подходят для запуска остеогенетического эффекта.
- Базовые экспериментальные исследования на животных показывают, что интенсивная вибрационная тренировка (20 минут 5 раз в неделю) может обеспечить прирост плотности кости в трабекулярных структурах бедренной кости на 32%.
- Вибрационная тренировка при 25 Гц позволила почти полностью остановить потерю костной плотности у 70 женщин в постменопаузе после одного года тренировок, тогда как в контрольной группе плотность кости снизилась более чем на 2% [Rubin и др., 2004].
- Verschuere и др. [2004] сообщали даже о приросте костной плотности после более интенсивной тренировки при 35 Гц.

## 10. Адаптации сосудов и обменных процессов

- Тренирующиеся сообщают об ощущаемом расширении сосудов после вибрационного воздействия.
- Предполагается, что повышение периферического сопротивления приводит к раскрытию капилляров для поддержания энергообеспечения и обменных процессов в вовлеченной мускулатуре [Mester и др., 2006].
- Stewart и др. [2005] смогли подтвердить значительно улучшенный «fluid flow» - артериальный и венозный кровоток, а также лимфоток - после вибрационной тренировки.

## 11. Модель факторов влияния при вибрационной тренировке

- Исходная модель описывает тренировку вибрацией всего тела в двуногой стойке.
- Управляющие параметры: статическое или динамическое выполнение, с дополнительной нагрузкой или без нее, объем тренировки, продолжительность, организация пауз, положение тела, частота и амплитуда.
- Воздействующие системы: нейромоторная система, мускулатура, кости, сосуды, нейроэндокринологическая система.
- Потенциально затрагиваемые области: остеопороз, боль в спине, осанка и баланс, неврологические заболевания, недержание и другие показания.
- Источник модели: Huber, 2006, с. 48.

## 12. Стохастическая резонансная вибрация

- Стохастическая резонансная вибрация следует физическому закону, согласно которому сигналы лучше воспринимаются организмом и клетками, если эти сигналы - стимулы - «зашумлены».
- При этом в тело передается характерный комплекс колебательных стимулов.
- Слабый базовый стимул - несущий сигнал - усиливается так называемым шумом, то есть хаотическим дополнительным сигналом.

## 13. Стохастическая резонансная вибрация

- На исходном слайде сравниваются два типа сигнала: синусоидальный сигнал и стохастический резонансный сигнал.
- Синусоидальный сигнал представлен как регулярная волна, а стохастический резонанс - как нерегулярный, «зашумленный» колебательный сигнал.

## 14. Модель нервной клетки

- Модель нервной клетки стимулируется синусоидальными сигналами (кружки) и SR-сигналами (треугольники).
- В то время как синусоидальные стимулы остаются подпороговыми, стохастические резонансы вызывают потенциалы действия.

## 15. Стохастическая резонансная (SR) вибрация

- Постоянное, но непредсказуемое изменение SR-сигналов приводит к непрерывным небольшим нарушениям равновесия.
- При повторении человек учится формировать мышечные паттерны активации, чтобы максимально успешно компенсировать эти помехи.
- Если бы вибрационные стимулы всегда были одинаковыми, например синусоидальными, ответы рецепторов мышц, сухожилий и суставов также всегда были бы одинаковыми, и информация становилась бы для мозга менее значимой.

- Кроме того, синусоидальные колебания тренируют лишь очень узкий паттерн активации, который едва ли соответствует вариативным требованиям повседневной жизни.

## **16. Стохастическая резонансная (SR) вибрация**

- SR-вибрационные сигналы взаимодействуют с также стохастическими функциональными параметрами нервной системы, в результате чего возникают резонансоподобные реакции.
- Стохастическая составляющая SR-сигналов вступает в кратковременный квазирезонанс со стохастическим поведением нервной клетки.
- Благодаря этому, в отличие от линейного сигнала, пороги возбуждения нервных клеток могут преодолеваться легче.
- Таким способом уже низкая интенсивность раздражения воспринимается пациентом и вызывает нейромышечную активность.
- Liu и др. [2002] и Khadhiar [2003] показали, что способность воспринимать механические SR-стимулы у пожилых людей, пациентов после инсульта и пациентов с нейропатией по сравнению с синусоидальными сигналами выше на 16-34%.

## **17. Модель нервной клетки**

- Повтор исходной схемы: модель нервной клетки стимулируется синусоидальными сигналами и SR-сигналами.
- Синусоидальные стимулы остаются подпороговыми, тогда как стохастические резонансы вызывают потенциалы действия.

## **18. Стохастическая резонансная (SR) вибрация**

- Имеются указания на то, что периферическая стимуляция может приводить к биохимическим реакциям в супраспинальных структурах.
- Через раздражение мышечных веретен, обладающих высокой чувствительностью к SR-стимулам, возможно высвобождение нейротрофических факторов, например дофамина [Fallon и др., 2004].
- Эти вещества выполняют прежде всего нейропротективные и нейровосстановительные функции, что создает потенциал для лучшего контроля и терапии нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Паркинсона, рассеянный склероз или боковой амиотрофический склероз.

## **19. Стохастическая резонансная (SR) вибрация**

- В отношении стимуляции роста кости SR-вибрационные стимулы по сравнению с низкочастотными механическими синусоидальными колебаниями с той же несущей частотой приводят примерно к четырехкратно более выраженным процессам роста.
- Вероятно, это связано со стохастическим принципом работы кальциевых и других ионных каналов, которые играют центральную роль в формировании костных клеток - остеобластов. Это имеет значение при остеопорозе и риске переломов.

## **20. SRT - Zeptoring: выбранные механизмы действия**

- Стохастический резонанс: переменная, непредсказуемая стимуляция; обеспечивает вовлечение разных сенсорных систем; улучшает способность сенсорных систем к восприятию; улучшает нейронный отбор и обработку информации; повышает прочность костной ткани.

## **21. SRT - Zeptoring: выбранные механизмы действия**

- Тета-несущая частота (3,5-7,5 Гц): стимуляция высвобождения нейрональных факторов роста - нейротрофических факторов - и поддержка роста нервных клеток; предотвращение кинестетических иллюзий, то есть нарушений восприятия.

## **22. SRT - Zeptoring: выбранные механизмы действия**

- Альфа-несущая частота (7,5-12,5 Гц): тренировка «в условиях дефицита времени»; способствует быстрому реагированию мускулатуры; оптимизирует быстрое запускание защитных сокращений в критических бытовых ситуациях, например при риске падения.

### **23. SRT - Zeptoring: выбранные механизмы действия**

- Многомерная стимуляция: благодаря множественным степеням свободы стимул подается во всех трех пространственных измерениях, что обеспечивает оптимальный перенос тренировочных эффектов на двигательные требования в повседневной жизни и спорте.

### **24. SRT - Zeptoring: выбранные механизмы действия**

- Bypassing: произвольная, рефлекторная активация мускулатуры; позволяет создавать эффективные тренировочные стимулы даже при ограниченной произвольной активационной способности или при ее отсутствии.

### **25. Примеры показаний и эффектов**

### **26. SRV-эффекты для профилактики падений**

- Улучшение обработки сенсорных сигналов.
- Повышение безопасности движений.
- Улучшение регуляции равновесия и рисунка походки.
- Повышение потенциала произвольной активации.
- SRV: восприятие лучше на 30% по сравнению с синусоидальным колебанием.
- Высокая безопасность движений в повседневной жизни: SRV - оценка 1,3 по шкале 1-6.

### **27. SRV-эффекты при остеопорозе**

- Значительное повышение костного обмена и прочности.
- Изменение костной структуры за счет многомерной механической стимуляции.
- Запуск рефлексов через нейромышечную стимуляцию.
- Повышение безопасности движений и снижение риска падений.
- Улучшение регуляции равновесия.
- Улучшение рисунка походки.
- Снижение риска переломов.
- SRV: рост кости выше на 390% по сравнению с синусоидальным колебанием.

### **28. Предостережения**

- Рентгеновское исследование позвоночника и измерение плотности кости являются обязательными условиями перед SR-терапией, чтобы исключить заболевания, например остеопоротические переломы и злокачественные процессы. В таких случаях SR-терапия противопоказана.
- Во время SR-терапии не должно быть боли.
- Боль через час или через несколько дней как реакция на SR-терапию недопустима.
- Первые изменения костной плотности могут быть выявлены через 6-12 месяцев.

### **29. SRV-эффекты при хронической боли**

- Выраженное уменьшение боли.
- Улучшение восприятия тела.
- Формирование произвольных мышечных активаций.

- Оптимизация бессознательного взаимодействия разных мышечных групп.
- Профилактика последующих повреждений.
- Высокая эффективность в уменьшении хронической боли в спине: SRV - оценка 1,7 по шкале 1-6.

### **30. SRV-эффекты при ортопедических поражениях**

- Улучшение регуляции равновесия.
- Более быстрая мышечная активируемость.
- Улучшенная обработка сенсорных сигналов.
- Повышение потенциала произвольной активации.
- Повышение безопасности движений.
- Улучшение рисунка походки.
- SRV: медиально-латеральное равновесие лучше на 35% по сравнению с консервативной терапией.
- SRV: передне-заднее равновесие лучше на 43% по сравнению с консервативной терапией.

### **31. Переломы**

- Регулярный рентгенологический контроль обязателен.
- Переломы шейки бедра при консервативном лечении: частичная нагрузка является условием для SRT.
- Перелом надколенника: SRT только при полном разгибании или гиперэкстензии колена; начало через 14 дней после травмы или операции.
- Переломы около коленного сустава: специальные положения стоя позволяют разгружать области перелома.
- Переломы голени при оперативном или консервативном лечении: SRT возможно при начале частичной нагрузки.
- Переломы стопы: SRT возможно при начале частичной нагрузки.

### **32. Повреждения капсулы, связок и сухожилий нижних конечностей**

- Повреждения мениска: начало SRT возможно уже через несколько дней после операции при сгибании колена 10-15 градусов.
- Повреждения крестообразных связок: начало SRT через 6 недель после операции при сгибании колена 10-15 градусов; полное разгибание исключается.
- Пластика связок голеностопного сустава: начало SRT через 3 недели после операции.
- Разрыв ахиллова сухожилия после оперативного лечения: начало SRT через 6 недель после операции.

### **33. Эндопротезы тазобедренного и коленного суставов**

- Эндопротез тазобедренного и коленного сустава.
- При цементированных протезах SRT можно начинать через 14 дней после операции.
- При бесцементных протезах SRT можно начинать через 6 недель после операции.
- Во время лечения не должно быть боли.
- Необходим регулярный рентгенологический контроль.

### **34. Болезнь Зудека**

- Синоним: симпатическая рефлекторная дистрофия.

- Локальное нарушение обмена веществ с особым участием нейрональных структур в области верхних или нижних конечностей; может запускаться разными причинами, такими как травма или операция.
- SRT способна положительно влиять на заболевание за счет активации и усиленного высвобождения нейротрофических веществ, а также реактивации нейронных сетей.
- В зависимости от состояния пораженной конечности SRT может проводиться при частичной или полной нагрузке.
- При поражении рук их можно опирать на опорные поверхности.

### **35. SRV-эффекты при нейропатии и диабете**

- Улучшение сенсорного восприятия.
- Улучшение рефлекторного управления.
- Улучшение равновесия.
- Восстановление способности ходить.
- Профилактика падений.
- SRV: восприятие лучше на 34% по сравнению с консервативной терапией.

### **36. SRV-эффекты после инсульта и черепно-мозговой травмы при парезах**

- Повышение потенциала произвольной мышечной активации.
- Улучшение сенсорного восприятия.
- Формирование произвольных мышечных активаций.
- Восстановление и улучшение ходьбы и равновесия.
- Поддержка реорганизации нервных клеточных объединений.
- Нейропротекция.
- SRV: активируемость лучше на 40% по сравнению с консервативной терапией.

### **37. SRV-эффекты при рассеянном склерозе и БАС**

- Улучшение равновесия.
- Улучшение рефлекторного управления.
- Улучшение способности ходить.
- Профилактика падений.
- Нейропротекция - защита нервной системы.
- Улучшенная функциональность нервных клеточных объединений.
- SRV: равновесие лучше на 27% по сравнению с консервативной терапией.

### **38. SRV-эффекты при болезни Паркинсона**

- Снижение ригидности и тремора.
- Выраженное улучшение безопасности движений и повышение качества жизни.
- Улучшение походки и равновесия.
- Снижение брадикинезии/акинезии.
- SRV: ригидность снижена на 24% по сравнению с консервативной терапией.
- SRV: тремор снижен на 25% по сравнению с консервативной терапией.

### **39. Противопоказания: ортопедические аспекты**

- Острые воспаления.
- Свежая грыжа межпозвонкового диска.
- Свежий перелом.
- Недавно установленные эндопротезы.
- Сильно выраженный остеопороз с острым риском перелома.

### **40. Противопоказания: неврологические и психиатрические аспекты**

- Глубокая стимуляция мозга при болезни Паркинсона.
- Шизофрения.
- Эпилепсия.
- Нарушения восприятия.
- Головокружение.

### **41. Противопоказания: кардиологические аспекты**

- Кардиостимулятор.
- Выраженная гипертония или гипотония.
- Аневризма - расширение артериальных сосудов.
- Выраженные нарушения сердечного ритма.

### **42. Противопоказания: другие аспекты**

- Тошнота и плохое самочувствие.
- Опухоли/метастазы.
- Беременность.

### **43. SR-вибрация: внутренние показания учреждения**

- Остеопороз.
- Жалобы со стороны позвоночника при мышечном дисбалансе.
- Переломы при условии полной нагрузки и наличии костной мозоли: надколенник, переломы в области коленного сустава, переломы голени, переломы в области стопы.
- Капсульно-связочные повреждения коленного сустава - 6 недель после операции.
- Капсульно-связочные повреждения голеностопного сустава - 3 недели после операции.
- Повреждения мениска - 3 недели после операции.
- Состояние после разрыва ахиллова сухожилия - 6 недель после операции.
- Артрозы нижних конечностей.
- Болезнь Зудека.
- Неполные повреждения спинного мозга.
- Атаксия, нарушения равновесия, в том числе после черепно-мозговых травм.

### **44. Вибрационная тренировка в терапии**

- с особым учетом стохастического резонанса
- S. Dalichau
- Институт прикладной профилактики и функциональной диагностики

- VG амбулатория несчастных случаев и реабилитационный центр при аэропорте Бремена