

مرور مطالعات انجام شده در برلین در مورد اثر استراحت مطلق بر روی عملکرد سیستم عضلانی - اسکلتی اندام تحتانی و تنه

رحیمه محمودی^۱، دکتر سید جواد موسوی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- استاد یار گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

زمینه و هدف: تاکنون مطالعات بسیار متعددی در مورد اثر استراحت مطلق (BR) بر روی سیستم های مختلف بدن از جمله عضلات، استخوانها، اعصاب، عروق، سیستم ادراکی و شناخت (cognition)، در سراسر دنیا انجام شده است. هدف از این پژوهش، مرور نظام مند مقالات چاپ شده، حاصل از مطالعات انجام شده در برلین در زمینه تأثیر استراحت مطلق بر روی سیستم عضلانی - اسکلتی است.

جامع ترین مطالعه ای که تاکنون در این زمینه انجام شده، مطالعه دوم برلین (Second Berlin Bedrest Study) با همکاری سازمان فضایی اروپا (European Space Agency or ESA) می باشد. در این مطالعه، ۲۴ مرد سالم به مدت ۵۶ روز در وضعیت خوابیده طاقباز قرار گرفتند. در این مدت، اثر استراحت مطلق بر روی قدرت، تحمل، هماهنگی و کنترل عضلات و نیز دانسیته استخوان افراد مورد مطالعه بررسی شد. در این سری مطالعات، اثر تمرین مقاومتی با لود بالا و ویراسیون نیز بررسی شد. چنین تحقیقاتی، فرصتی را برای مطالعه اثرات خاص بی حرکتی بدون مداخله بیماری های دیگر، فراهم می کند.

روش بررسی: جستجوی نظام مند بانک های اطلاعاتی مدلاین Pubmed و سایت ESA، برای شناسایی مقالات چاپ شده مطالعات انجام شده در برلین، بخصوص مطالعات مربوط به مطالعه ی دوم برلین در مورد اثر استراحت مطلق بر روی عضلات تنه و اندام تحتانی و استخوان ران و تیبیا انجام شد. به علاوه مقالات مربوط به اثربخشی مداخلات بصورت تمرین مقاومتی و ویراسیون کل بدن نیز جستجو و شناسایی شد.

یافته ها: تعداد ۴۶ مقاله از مطالعات انجام شده در برلین بین سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱ به چاپ رسیده است که تنها دو مقاله مربوط به سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ و بقیه مقالات مربوط به سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ می باشد. از تعداد کل مقالات، ۱۷ مقاله در رابطه با عضله و اثر مداخله بر آن، ۳ مقاله در مورد استخوان و نیز تأثیر مداخله بر آن و ۴ مقاله در رابطه با عضله و استخوان و نیز اثر مداخله بر هر دو سیستم بصورت توأم، یافت شد. ۲۲ مقاله ی دیگر در مورد سیستم های دیگر همچون قلب، عروق، خواب و شناخت و ادراک بود.

نتیجه گیری: نتایج حاصل از این مطالعات، نشان داد که استراحت مطلق، اثرات منفی گسترده ای بر روی سیستم عضلانی - اسکلتی به جا می گذارد. این اثرات، شامل تغییر فعالیت تونیک به فازیک عضلات، آتروفی عضلانی و پوکی استخوان که از روزهای اولیه پس از استراحت مطلق، شروع می شود و حتی تا ۱۸۰ روز پس از پایان دوره استراحت مطلق باقی می ماند، می باشد. با توجه به اینکه استراحت به عنوان یک روش درمانی در مورد بعضی از بیماری ها از جمله کمردرد به کار می رود، شناخت اثرات منفی استراحت می تواند در کاهش تجویز استراحت مطلق به عنوان یک روش درمانی، موثر باشد.

کلید واژه ها: مطالعه دوم برلین در مورد استراحت مطلق، آتروفی عضلانی، پوکی استخوان، تمرین مقاومتی، ویراسیون

(تاریخ ارسال مقاله ۹۰/۲/۱۸، پذیرش مقاله ۹۰/۸/۵)

نویسنده مسئول: تهران، خیابان انقلاب، پیچ شمیران، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

E-mail: jmousavi@razi.tums.ac.ir

مقدمه

نشده است (۳). یافته ها در مورد اثر استراحت مطلق بر سیستم عضلانی-اسکلتی، حاکی از آن است که کاهش رسوب مواد معدنی در استخوان های تحمل کننده وزن و آتروفی، بیشتر در ساختارهای عضلانی ضد جاذبه پا اتفاق می افتد (۴). مطالعه ی تغییراتی که در عملکرد سیستم عضلانی - اسکلتی بدنال حذف لود ایجاد می شود حاکی از تأثیر پذیری بیشتر اکستانسورهای زانو و مچ پا در طی دوره ی استراحت مطلق است که این تغییرات در عضلات پلانتر فلکسور مچ، بسیار معنی دار و در عضلات دورسی فلکسور، بسیار اندک است (۵). در ضمن در گروه های عضلانی سینرژیک نیز، میزان آتروفی، متفاوت است (۶). مثلاً آتروفی

افراد به دلایل مختلف، همچون شکستگی استخوان، اقامت در بخش مراقبت های ویژه، تعویض مفصل، بارداری (۱)، ضایعات ورزشی و یا کمردرد حاد، مجبور به استراحت مطلق (BR) و بی حرکتی هستند. در بعضی از این موارد، نه تنها بلع ضایعه، بلکه به دلیل اثرات بی حرکتی بر روی عضله، آتروفی، قابل پیش بینی است؛ اما مقالات علمی تا سال ۲۰۰۷، اطلاعات کمی را درباره اثر بی حرکتی بر الگوهای آتروفی عضله در اندام تحتانی، فراهم می کنند. از طرفی، ثابت شده است که استراحت در درمان کمردرد، حداقل فایده را دارد (۲) و منجر به نتایج قابل توجهی در مقایسه با حفظ فعالیت های قابل تحمل،

سازمان‌های فضانوردی از جمله ESA انجام شده است. یکی از جامع‌ترین تحقیقات، مطالعاتی می‌باشد که بصورت بین‌المللی توسط ESA در برلین صورت گرفته است. مطالعه مقدماتی اولیه یا Berlin Bedrest Study در سال ۲۰۰۳-۲۰۰۴ و مطالعه اصلی با عنوان Second Berlin Bedrest Study (2nd BBS) در طی سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۸ انجام شد. با توجه به اینکه نتایج این مطالعات، در افزایش دانش مربوط به اثر بی‌حرکتی بر روی سیستم عضلانی - اسکلتی و بویژه در کمردرد و پوکی استخوان اهمیت بسزایی دارد، نتایج حاصل از این مطالعات، بصورت نظام‌مند در این مقاله بصورت خلاصه ارائه شده است.

از آنجا که مشابه با تغییرات رخ داده در طی استراحت مطلق در بیماری نظیر کمردرد اتفاق می‌افتد، آشنایی با نتایج این مطالعات، بخصوص 2nd BBS برای گروه‌های مختلف پزشکی به ویژه فیزیوتراپیست‌ها مفید می‌باشد.

روش بررسی

در طی جستجوی مقالات چاپ شده در زمینه استراحت مطلق در برلین، از تعداد کل ۴۶ مقاله‌ی یافت شده، ۲۴ مقاله مرتبط با عضله و استخوان و اثر مداخله بر این دو سیستم و ۲۲ مقاله دیگر در رابطه با دیگر سیستم‌ها همچون قلب، عروق، ادراک و شناخت بود. از این ۲۴ مقاله، ۱۷ مقاله در رابطه با عضله و اثر مداخله بر آن، ۳ مقاله در مورد استخوان و نیز تأثیر مداخله بر آن و ۴ مقاله در رابطه با عضله و استخوان و نیز اثر مداخله بر هر دو سیستم بصورت توأم، یافت شد. اما نکته قابل توجه آن است که از این ۲۴ مقاله، ۱۲ مقاله مربوط به مطالعه دوم برلین (۵۲) بود که در طی سال‌های ۲۰۰۸ - ۲۰۰۷ انجام شد. در میان این ۱۲ مقاله، ۸ مقاله در رابطه با تأثیر استراحت مطلق و نیز مداخله بر عضله، ۲ مقاله در رابطه با اثر استراحت مطلق بر استخوان و ۲ مقاله در مورد تأثیر مداخله بصورت تمرین مقاومتی بر عضله و استخوان بصورت توأم بود.

بحث

یافته‌های به دست آمده از این سلسله مطالعات به صورت جدول ارائه شده است. قبل از ارائه این نتایج، توضیح کوتاهی در مورد مطالعه‌ی دوم برلین ارائه می‌شود. فراخوانی افراد از طریق گزارش رادیویی و تلویزیونی ناحیه‌ای، منطقه‌ای و ملی، تبلیغات در روزنامه‌های محلی و منطقه‌ای، تبلیغات در وسایل حمل و نقل عمومی، پوستره‌های نصب شده در بیمارستانها

بیشتر سولنوس در مقایسه با گاستروکنمیوس (۷) و واستوس، بیشتر از رکتوس فموریس (۸). اما متأسفانه در تمام مطالعات انجام شده، آزمونهای مستقیم در مورد مقایسه مقادیر نسبی آتروفی بین عضلات اندام تحتانی، نمایش مقدار و سرعت آتروفی عضلانی و تفاوت آنها، آنچنان که واقعاً وجود دارد، انجام نشده است (۵، ۹، ۱۹-۱۰). در استراحت طولانی مدت (۴ هفته یا بیشتر) افزایش طول ستون فقرات، کاهش لوردوز کمری یا صاف شدن آن، افزایش سایز دیسک و افزایش ارتفاع دیسک، دیده شده است. ممکن است این تغییرات، علاوه بر استرس بر دیگر ساختارهای کمری، سبب افزایش احتمال صدمات بیومکانیکی کمر و در نهایت، تغییر فعالیت سیستم عضلانی در ناحیه‌ی کمر شود (۲۲ - ۲۰). این تغییرات، ممکن است علاوه بر استرس در دیگر ساختارهای کمری (۲۳، ۲۴) سبب افزایش احتمال صدمات بیومکانیکی کمر (۲۵) و در نهایت تغییر فعالیت سیستم عضلانی در ناحیه کمر (۲۶) شود. این تغییرات عضلانی در ناحیه کمری در اکستانسورهای فقرات (۱۷-۱۴) همچون مالتی فیدوس کمری (۳۳-۲۷) بیشتر از فلکسورهای ستون فقرات است (۱۷-۱۴) مطالعات حیوانی و انسانی در مورد حذف لود، نشان از کاهش فعالیت تونیک یا تغییر الگوی فعالیت تونیک به فازیک دارد (۳۸) - (۳۴) این تغییر فعالیت تونیک عضله، بعلاوه تغییرات بافتی شیمیایی در عضلات متأثر است (۳۸). از طرفی، در مطالعات انجام شده در مورد حذف لود، ناحیه‌ی کمری - لگنی که در عملکرد نرمال همچون انتقال نیرو بین قسمت فوقانی و تحتانی بدن نقش دارد، مورد غفلت واقع شده است (۳۹).

در ضمن، این تغییر فعالیت تونیک در ناحیه‌ی کمری مرتبط با کمردرد می‌باشد (۴۰، ۴۱) اثر دیگر بی‌حرکتی، بر روی استخوان می‌باشد که بنظر می‌رسد علت اصلی پوکی استخوان، بی‌حرکتی و نه فقدان لود است (۴۲). در ضمن، در طی دوره استراحت، نشانگرهای بیوشیمیایی جذب استخوان، بیشتر و نشانگرهای بیوشیمیایی تشکیل استخوان، کمتر، متأثر می‌گردند (۴۳ - ۴۹) و بیشترین میزان پوکی در نواحی از اسکلت بدن که در فعالیت‌های پاسچرال نقش دارند (مثلاً ستون فقرات، پلوئیس، ساق پاها) رخ می‌دهد (۵۰، ۵۱).

با توجه به اینکه فضانوردان در زمان طولانی در معرض نیروی جاذبه ناچیز و حذف لود قرار دارند و این موقعیت‌ها، اثر بسیار گسترده‌ای بر روی عملکرد آنها در فضا و پس از بازگشت به زمین به جا می‌گذارد، مطالعات وسیعی برای شناسایی اثر این موقعیت‌ها بر روی سیستم‌های مختلف همچون عضله، استخوان، قلب، عروق، اعصاب، ادراک و شناخت توسط

قرار گرفتند. قبل از مشارکت در تحقیق، تمام افراد اجازه ی موافقت نامه ی کتبی شان را ارائه دادند. نه روز قبل از شروع مطالعه، افراد وارد مرکز بررسی شدند. شیوه ی استراحت در طی ۶۰ روز، بصورت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت بطرف پایین Head - Down Tilt (HDT) بود. افراد تحت نظارت پرستاری ۲۴ ساعته بودند. و یک دوره ی روز _ شب ۱۶ ساعته با بیداری، ساعت ۷ صبح و خواب، ساعت ۱۱ شب را دنبال می کردند. مداخله بصورت تمرین و یا تمرین با ویبراسیون کل بدن، بصورت زیر بود :

- ۱- warm up (تمرین فلکشن دو طرفه زانو از ۹۰- ۱۰ درجه با ۵۰٪ نیروی حداکثر برای مدت ۶۴ ثانیه)
 - ۲- bilateral squat (تمرین فلکشن دو طرفه زانو از ۹۰- ۱۰ درجه با ۷۵٪ نیروی حداکثر در روز اول مطالعه تا مرز خستگی)
 - ۳- single leg heel rais (انجام حرکت از حداکثر پلاننار فلکسیون تا حداکثر دورسی فلکسیون برای هر دو پا با نیرویی معادل ۱/۵ برابر وزن بدن در روز اول)
 - ۴- double leg heel raise (انجام حرکت حداکثر پلاننار فلکسیون تا حداکثر دورسی فلکسیون همزمان دو پا با نیرویی معادل ۱/۸ برابر وزن بدن)
 - ۵- back and toe raise (تمرین اکستانسیون ران ها و ستون فقرات کمری و دورسی فلکسیون مچ ها با زانوی صاف) برای اعمال ویبراسیون و انجام تمرین، از وسیله ای با نام تجاری Space 2000 Galileo استفاده شد.
- آنچه در مطالعه ی دوم برلین و مطالعات تابع آن مشاهده شد در قالب چند محور قابل بررسی است :
- وضعیت استراحت مطلق و نحوه ی اعمال آن، نوع مداخله، نوع تمرینات و شدت تمرین، تأثیر استراحت مطلق بر ساختار عضله و نیز تأثیر آن بر استخوان، پیچیدگی مطالعات استراحت مطلق، نتایج مطالعات و کاستی های موجود در مطالعه. نتایج حاصل از این مطالعه با ارزش و نیز نتایج حاصل از مطالعات دیگر، به اختصار در جدول ۱، گنجانده شده است.

و دانشگاهها و اینترنت، بعلاوه ارسال مستقیم ۳۰۰۰ نامه به مردان ۲۵ تا ۳۵ ساله در برلین بود.

معیارهای ورود به مطالعه دوم برلین، عبارت بودند از :

سلامتی جسمی و روانی، جنسیت مرد، سن ۴۵- ۲۰ سال، قد ۱۹۵- ۱۵۵ سانتی متر، دارای بیمه اجتماعی، در دسترس بودن بیش از یازده هفته و ادامه بررسی ها تا ۲ سال بعد از مطالعه.

معیارهای خروج از مطالعه، عبارت بودند از :

هر گونه اعتیاد (الکل، در اروپا)، درمان پزشکی مرتب یا اقامت طولانی مدت در بیمارستان، سیگار(بیش از ده سیگار در روز) یا آماده برای ترک سیگار در دوره ی تحقیق، دریافت مرتب دارو، بیماریهای مزمن، هر نوع اختلال متابولیک یا هورمونی، نیاز به درمان به دلیل مشکلات دندان، تاریخچه بیماری روانی، تاریخچه ی هر نوع بیماری عروقی یا جراحی، بیماری قلبی- عروقی، اختلال در مکانیسم لخته شدن خون، هر نوع بیماری عضله واستخوان، ایمپلنت فلزی یا ترکیبی استخوان، هر بیماری التهابی حاد یا مزمن باکتریایی یا غیرباکتریایی، اختلالات دهلیزی، میگرن، اهداء خون بیش از ۳۵۰ میلی لیتر در طی سه ماه از شروع شرکت در تحقیق، شرکت همزمان در مطالعه ی دیگر، مشکلات ارتواستاتیک، هر نوع آلرژی، رقابت های ورزشی فعال، کمردرد یا درد مزمن پشت نیازمند به درمان، هر نوع تاریخچه ی جراحی فقرات، اسکولیوز شدید، اختلال خواب (سرخیز یا دیدن کابوس)، نیاز به بیش از ۱۰ ساعت خواب یا کمتر از ۵ ساعت در روز، صرع، هر نوع اختلالات غضروفی مچ، زانو و ران یا هر نوع بیماری مفصلی (حاد و یا مزمن)، جراحی قبلی زانو یا ضایعه لیگامانی، دانپسته کم استخوان و لزوم رژیم غذایی گیاه خواری. برای تکمیل موفقیت آمیز تمام ابعاد این مطالعه، افراد حق امتیاز ۸۰۰۰ یورویی را بطور کامل دریافت کردند. برای تکمیل فقط بخشی از مطالعه، برطبق یک جدول مشخص، دستمزد کم می شد.

براساس داده های حاصل از اولین مطالعه ی برلین در سال ۲۰۰۴- ۲۰۰۳، برای مطالعه دوم برلین ۲۴ مرد، فراخوانی شدند که بصورت تصادفی در سه گروه کنترل Control(ctrl)، گروه تمرین مقاومتی Resistive Exercise (RE) و گروه تمرین مقاومتی با ویبراسیون Resistive Vibration Exercise (RVE)

جدول ۱ - خلاصه مطالعات انجام شده در مورد اثر استراحت مطلق بر عضله و استخوان و مداخله های انجام شده بر این دو ساختار در طی استراحت مطلق

طرح مطالعه	جمعیت هدف، مدت و وضعیت استراحت مطلق (BR)	نوع مداخله	علت مداخله	نتایج
۱. مطالعه ی دوم برلین در مورد BR (۵۲)	۲۴ مرد سالم ۳۵-۲۵ ساله، BR بصورت طاقباز با ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پائین برای مدت ۶۰ روز	تمرینات مقاومتی با لود بالا همراه با ویراسیون کل بدن	بررسی کارایی ویراسیون کل بدن همراه با تمرینات مقاومتی با لود بالا برای پیشگیری از پوکی استخوان	- فرصتی برای ارزیابی طرح های رایج استاندارد سازی مطالعات BR - انجام بیوپسی به روش جراحی باز برای اولین بار، در مطالعات با پشتیبانی ESA بجای تکنیک سوزنی روتین - استفاده از tilt table با یک پروتکل تدریجی منطقی برای راه اندازی ایمن بیمار - دستیابی به یک شیوه ی مناسب موفقیت آمیز برای تعدیل عدم تحمل ایستادن در حالت قائم برای تمام افراد
۲. آتروفی افتراقی ساختارهای عضلانی اندام تحتانی در طی BR طولانی (۶)	۱۰ مرد سالم با میانگین سنی ۳۳.۴ سال، BR در وضعیت افقی برای مدت ۸ هفته	استفاده از Magnetic Resonance Imaging (MRI) برای عضلات اندام تحتانی در طی BR درفواصل دو هفته ای	بررسی سرعت آتروفی در عضلات اندام تحتانی	- حداکثر آتروفی در گاستروکنمیوس داخلی و سولئوس و واستوس و نیز متأثر شدن همسترینگ ها - سرعت متفاوت آتروفی در گروه های سینیژی: مثلاً ادوکتور ماگنوس، بیش از ادوکتور لانگوس؛ گاستروکنمیوس داخلی بیشتر از گاستروکنمیوس خارجی؛ و واستوس بیش از رکتوس فموریس - ایمبالانس عضلانی بعلت سرعت متفاوت آتروفی - توصیه تمرینات مقاومتی زنجیره ی بسته با به چالش کشاندن بیشتر عضلات ضد جاذبه اندام تحتانی
۳. تغییر فعالیت عضلات کمری - لگنی از تونیک به فاز یک در طی ۸ هفته استراحت مطلق و ۶ ماه پیگیری (۵۳)	۱۰ مرد، BR در وضعیت افقی برای مدت ۸ هفته	حرکت یکطرفه مکرر زانو در وضعیت خوابیده به شکم	شبیه سازی تغییر فعالیت تونیک عضلات کمری - لگنی در طی استراحت و بعد از آن	- حداکثر تغییر فعالیت تونیک درارکتوراسپاین کمری و بعدارکتوراسپاین توراسپیک - افزایش فعالیت تونیک در الیف تحتانی گلوئوس ماگزیموس - تغییر فعالیت تونیک به فاز یک درعضله مایل شکمی داخلی، اما بدون تغییر پا تغییر اندک در طی مطالعه در مایل خارجی شکمی - تغییر در دقت حرکت و ویژگیهای سیگنال فاز یک - تونیک EMG - کاهش دقت حرکت با افزایش سرعت (دقت سرعت حرکت در طی مطالعه، بهبود یافت). دقت در ماکزیمم حرکت، بدون تغییر و کاهش دقت در حداقل حرکت در یک زمان خاص و غیر از آن، بدون تغییر
۴. آتروفی عضلانی و تغییرات شکل ستون فقرات؛ آسیب پذیر بودن ستون فقرات بعد از BR طولانی؟ (۵۴)	۴ مرد، BR در وضعیت طاقباز با ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین برای مدت ۶۰ روز	استفاده از MRI بصورت آکزیبال و نیز در صفحه ی ساژیتال	اندازه گیری حجم دیسک، طول بین مهره ای فقرات، زاویه ی لوردوزین مهره ای، ارتفاع دیسک و سطح مقطع عرضی مالتی فیدوس، ارکتور اسپاین، کوادراتوس لومباروم و پسواس ماژور از L ₁ تا L ₅	- افزایش حجم دیسک در طی استراحت و تفاوت حجم دیسک در سطوح مختلف - تغییر ارتفاع دیسک هم در سطوح مختلف و هم از بُد قدامی و خلفی دیسک - تغییر میزان لوردوز در سطوح مختلف فقرات - تغییر نسبت مساحت دیسک به ارتفاع دیسک - تأثیرپذیری متفاوت عضلات در سطوح مختلف

طرح مطالعه	جمعیت هدف، مدت و وضعیت استراحت مطلق (BR)	نوع مداخله	علت مداخله	نتایج
۵. ارزیابی عضلات تنه در طی BR طولانی با استفاده از MRI (۵۵)	۱۰ مرد سالم ۲۰-۴۵ ساله، ۶ هفته BR در وضعیت افقی با ۶ ماه پیگیری مطالعه	استفاده از MRI در نواحی کمری - لگنی برای عضلات مالتی فیدوس، ارکتوراسپاین، کوادراتوس لومباروم پسواس مازور و عضلات قدامی شکمی و عضله ی مستقیم شکمی	بررسی استفاده از MRI برای تعیین اثر BR ناحیه ی کمری - لگنی	- کاهش سطح مقطع عرضی فیژولوژیک (CSA) Cross Sectional Area عضله مالتی فیدوس و عدم وجود شواهد آماری معنی دار در مورد کاهش CSA عضلات ارکتور اسپاین و کوادراتوس لومباروم - افزایش CSA در طی BR در عضلات قدامی طرفی شکمی، مستقیم شکمی و پسواس مازور. برگشت به CSA قبل از مطالعه در طی فاز راه اندازی مجدد، بعد از پایان BR در عضلات مالتی فیدوس، مستقیم شکمی و عضلات قدامی طرفی شکمی - آتروفی انتخابی عضله مالتی فیدوس در طی BR شبیه بودن این تغییرات با تغییرات موجود در افراد مبتلا به کمردرد
۶. پذیرش و تحمل تمرینات مقاومتی با لود بالا همراه با ویراسیون، توسط افراد در یک دوره ی استراحت سخت به مدت ۵۶ روز (۵۶)	۲۴ مرد سالم ۴۳-۲۴ ساله، BR در وضعیت افقی به مدت ۵۶ روز	تمرینات مقاومتی با لود بالا شامل heel squat, raise, toe raise, kick همراه با ویراسیون	بررسی اثر تمرینات مقاومتی همراه با ویراسیون بعنوان یک روش مداخله، آموزش مناسب در مقابل deconditioning سیستم عضلانی - اسکلتی	- پذیرش و تحمل تمرینات RVE و مؤثر بودن آنها در طی استراحت برای افراد جوان سالم، دوبر در روز در طی BR و ۱/۵ روز در طی دوره ریکاوری - پیشرفت تمرین، عمدتاً با افزایش فرکانس ویراسیون - افزایش زمان تمرین و لاکتات خون با پیشرفت تمرین - نادر بودن علائم تمرین بیش از حد و قابل درمان بودن علائم در صورت وجود
۷. بررسی تغییرات در حجم عضلات خاص اندام تحتانی با استفاده از MRI در طی BR (۵۷)	۵۶ روز BR	استفاده از MRI در مورد ۱۷ عضله اندام تحتانی	بررسی اندازه گیری CSA هفده عضله ی مختلف اندام تحتانی برای نشان دادن تغییرات در حجم عضلات، در نتیجه یک مداخله همچون تمرین، بیماری یا ضایعه	- کاهش تعداداندازه گیری CSA لازم برای تعیین تغییرات حجم عضله تا ۶۰ درصد با کاربرداین روش - دست یابی به ابزار کارآمدتر برای تعیین تغییرات حجم عضله در مطالعات مداخله ای
۸. تمرینات مقاومتی تحمل وزن شبیه سازی شده همراه با ویراسیون برای کاهش deconditioning ستون فقرات کمری در طی BR (۵۸)	۲۰ مرد سالم، BR در طی ۸ هفته و ۶ ماه پیگیری	کاربرد MRI همراه با تمرینات مقاومتی	تعیین کارایی تمرین مقاومتی همراه با ویراسیون کل بدن در رابطه با تغییرات عضلات کمری - لگنی و تغییرات شکل ستون فقرات	- کاهش آتروفی مالتی فیدوس در گروه مداخله و عدم ادامه آتروفی آن همانند گروه کنترل - افزایش مساحت دیسک و طول ستون فقرات، کاهش یافت - وجود ارتباطات نسبتاً معنی دار بین شکل ستون فقرات و تغییرات CSA عضلات
۹. مداخله بصورت تمرین مقاومتی با ویراسیون و بدون آن و اثر آن بر deconditioning مهره های کمریدر طی BR طولانی (۵۹)	۲۴ مرد، BR در حالت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین به مدت ۶۰ روز	تمرینات مقاومتی با لود بالا همراه و بدون ویراسیون کل بدن	بررسی اثر کوتاه مدت این نوع مداخله بر اندازه ی عضلات کمری، دیسک بین مهره ای و تغییرات شکل ستون فقرات	- میزان کاهش CSA مالتی فیدوس کم شد، و افزایش CSA در عضلات ارکتوراسپاین و کوادراتوس لومباروم و به میزان بیشتر در پسواس مازور وجود داشت. - عدم وجود شواهد آماری معنی دار در مورد اثر ویراسیون نسبت به تمرین مقاومتی با لود بالا پهنه‌ای - عدم تأثیر تمرین بر تغییر شکل ستون فقرات
۱۰. اثر تمرین مقاومتی با ویراسیون، بر کاهش آتروفی عضلانی اندام تحتانی در طی BR (۶۰)	۲۰ مرد BR در وضعیت افقی به مدت ۵۶ روز	تمرین مقاومتی toe raise, heel raise, squat, explosive kick همراه با ویراسیون	بررسی کارایی مداخله بصورت RVE در طی BR طولانی در پیشگیری از آتروفی عضلات اندام تحتانی	- کاهش میزان آتروفی در عضلات سه سر ساقی و و استوس با این نوع مداخله - آتروفی کمتر پرونتال ها و تیبیالیس خلفی و فلکسورهای انگشت در گروه مداخله - تشابه آتروفی همسترینگ ها در گروه مداخله و کنترل (به دلیل نوع تمرین)

طرح مطالعه	جمعیت هدف، مدت و وضعیت استراحت مطلق (BR)	نوع مداخله	علت مداخله	نتایج
۱۱. اثرات توانبخشی بر عضلات تنه بعد از BR طولانی (۶۱)	۲۴ مرد، در وضعیت طاقباز با ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین به مدت ۶۰ روز	استفاده از دو نوع تمرین: ۱. تمرینات تقویتی کلی و تمرینات فلکسوری تنه Trunk Flexor Strength (TFS) ۲. تمرینات کنترل حرکتی خاص Specific Motor Control (SMC)؛ و کاربرد MRI	بررسی اثرات این دو نوع تمرین بر عضلات و تغییرات شکل ستون فقرات و دیسک	- تأثیر مثبت هر دو نوع تمرین بر اندازه ی عضله مالتی فیدوس در طی BR، اما تداوم افزایش اندازه ی پسواس ماژور در گروه TFS تا ۱۴ روز بعد از BR. تناسب و برتری برنامه ی SMC نسبت به TFS بعد از پایان BR برای حفظ CSA مالتی فیدوس بدلیل عدم ایجاد نیروهای فشارنده ی زیانبار بالقوه بر فقرات - عدم تفاوت در شیوع کمردرد با این دو نوع تمرین بعد از BR - کاهش بیشتر حجم دیسک و ارتفاع قدامی دیسک با تمرینات TFS
۱۲. شکل متفاوت سنتز اکسید نیتریک (NOS1) (3) در عضله ی اسکلتی انسان بدنبال مداخله تمرین بعد از ۱۲ هفته BR (۶۲)	۲۱ مرد سالم، BR بصورت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین HDT به مدت ۹۰ روز	تمرین بارگومتر flywheel و بیوپسی واستوس خارجی و سولئوس قبل از شروع BR و در روز ۸۴ مطالعه	تحقیق در مورد شکل سنتز سه ایزوفرم مهم اکسید نیتریک (NOS1-3) در اجزای سلولی در طی BR طولانی بصورت HDT با مداخله ی تمرین مقاومتی و بدون آن	- آتروفی فیبرهای کند و تند واستوس خارجی و فیبرهای کند سولئوس - افزایش immunostaining در میوفیبرهای نوع II واستوس خارجی و کاهش پروتئین NOS1 در واستوس خارجی گروه مداخله - حفظ اندازه ی میو فیبریل در گروه مداخله بعد از BR طولانی
۱۳. پیشگیری از حالت غیر متعارف SERCA1a سریع در میوفیبریلها ی کند و اس- نیتروسیلیشن متفاوت طی BR طولانی با تمرین (۶۳)	۲۴ زن BR در حالت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین به مدت ۶۰ روز	کاربرد یک نوع رژیم غذایی حاوی یک نوع اسید آمینه و تمرین مقاومتی با ارگومتر flywheel و تمرین هوازی	بررسی و کنترل تغییرات در شکل خاص ایزوفرم SERCA و اس- نیتروسیلیشن در بیوپسی میوفیبرهای سولئوس و واستوس خارجی در اندام تحتانی قبل و بعد از BR طولانی	- تغییر شکل SERCA1 بعنوان نشانه ی هموستاز سیستولی تغییر یافته ی یون ca - اثر تمرین در شکل خاص SERCA1a میوفیبر - روش متفاوت اس- نیتروسیلیشن در عضلات سولئوس و واستوس خارجی بدلیل پاسخ متفاوت آنها به مداخله
۱۴. شکل گیرنده ی رایانودین نوع ۱ (RyR1) و الگوی پرو-تئین اس- نیتروسیلیشن در میوفیبرهای سولئوس انسان بعد از BR و مداخله ی تمرین (۶۴)	۲۰ مرد سالم ۵۶ روز BR در وضعیت افقی	تمرین مقاومتی شامل: اسکات toe heel raise و ویراسیون دو بار در روز و پنج روز در هفته و بیوپسی قبل و بعد از BR	مطالعه شکل و تغییرات عملکردی RyR1 بعد از BR طولانی با تمرین مقاومتی همراه با ویراسیون و بدون آن	- عدم تغییر شکل پروتئین RyR1 - عمل متقابل RyR1 با اکسید نیتریک NO - افزایش نیتروسیلیشن RyR1 در طی BR در گروه کنترل - حفظ شکل نرمال RyR1 و الگوی نیتروسیلیشن لازم برای زوج تحریک- انقباض در کنترل عملکرد انسان با کاهش مداخله
۱۵. اثر تمرین مقاومتی همراه با ویراسیون بر میزان قدرت و ویژگیهای سرعت انقباضی اکستانسور زانو و پلاننار فلکسور بعد از ۶۰ روز BR (۶۵)	۲۳ مرد، BR بصورت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین به مدت ۶۰ روز	تمرین مقاومتی همراه با ویراسیون و بدون آن	بررسی کارایی تمرین مقاومتی و ویراسیون بر حفظ CSA عضلات ران و ساق و سرعت انقباض ایزومتریک و فعالیت عصبی	- عدم افزایش کارایی تمرین مقاومتی برای حفظ عملکرد عصبی - عضلانی ران و پشت ساق calf با ویراسیون - احتمال تأثیر ویراسیون بر اندازه ی عضله - حفظ اندازه ی عضلات ران و قدرت Maximal Voluntary Contraction (MVC) با این رژیم تمرینی، اما کاهش سرعت انقباض - بهبود سرعت انقباض در عضلات calf - عدم حفظ اندازه ی عضلات calf و قدرت MVC بطور کامل با این رژیم تمرینی

طرح مطالعه	جمعیت هدف، مدت و وضعیت استراحت مطلق (BR)	نوع مداخله	علت مداخله	نتایج
۱۶. شواهدی مبتنی بر اثر دیگر ویراسیون کل بدن ویراسیون با تمرین مقاومتی نسبت به تمرین مقاومتی بندهایی در پیشگیری از پوکی استخوان در طی BR طولانی (۶۶)	۲۴ مرد، BR بصورت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین به مدت ۶۰ روز	اعمال ویراسیون کل بدن همراه با تمرین مقاومتی و تمرین مقاومتی به تنهایی	آزمون فرضیه ی افزودن ویراسیون کل بدن به تمرین مقاومتی بالود بالا در تأمین تحریک بهتر، برای کاهش پوکی استخوان در طی BR طولانی نسبت به تمرین مقاومتی با لود بالا به تنهایی با استفاده از (DXA) dual X-ray absorptiometry	- حفظ بهتر توده ی استخوان در گروه ویراسیون همراه با تمرین مقاومتی نسبت به گروه تمرین مقاومتی، در دیافیز تیبیا و پروگزیمال فمور - حفظ اندازه ی عضله در هر دو گروه تمرین مقاومتی و تمرین مقاومتی همراه با ویراسیون - تأثیر تمرین در طی BR بر روی باز یافت استخوان تا ۳ ماه بعد
۱۷. تعدیل آتروفی استخوان و عضله با تمرین مقاومتی و ویراسیون در طی ۵۶ روز (۶۷)	۲۰ مرد سالم، BR به مدت ۸ هفته، همراه با ۱۲ ماه پیگیری	تمرین مقاومتی و ویراسیون و استفاده از نشانگرهای متابولیکی استخوان در سرم با گرفتن نمونه های خون و DXA	بررسی اثر تمرین مقاومتی و ویراسیون بر جلوگیری از پوکی استخوان و محدود ساختن افزایش جذب استخوان	- افزایش جذب استخوان در گروه کنترل - شدت کمتر افزایش جذب استخوان در گروه RVE - افزایش تشکیل استخوان در گروه RVE و کاهش آن در گروه کنترل - پوکی استخوان معنی دار در پایان مطالعه در گروه کنترل و عدم وجود این تغییر در گروه RVE - محدود شدن افزایش جذب استخوان و افزایش تشکیل استخوان و کاهش توده ی استخوان در طی BR با این نوع مداخله
۱۸. آتروفی عضلانی و پوکی استخوان بعد از ۹۰ روز BR و اثرات تمرینات مقاومتی با flywheel و پامیدرونیت (۶۸)	۲۴ مرد سالم، BR بصورت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین به مدت ۹۰ روز	تمرینات مقاومتی با flywheel و کاربرد پامیدرونیت	بررسی و مقایسه کارایی اثر این دو نوع مداخله بر آتروفی عضلانی و پوکی استخوان	- مفید بودن نسبی هر دو نوع مداخله در حفظ ماده ی معدنی استخوان - کارایی نسبی تمرینات مقاومتی flywheel در حفظ سطح مقطع فیزیولوژیک عضلات اندام تحتانی در طی BR
۱۹. آتروفی افتراقی ساختارهای عضلانی خلفی - طرفی ران در طی BR طولانی و اثر مداخله بصورت تمرین (۶۹)	۲۴ مرد سالم، استراحت بصورت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین به مدت ۶۰ روز	تمرینات مقاومتی با لود بالا همراه با ویراسیون و نیز استفاده از MRI، قبل، حین و بعد از BR طولانی	بررسی حجم عضلات خلفی - طرفی هیپ و همسترینگ ها و سرعت آتروفی و اثر مداخله بصورت تمرین مقاومتی و ویراسیون بر این عضلات	- آتروفی متمایز در عضلات خلفی - طرفی هیپ بعد از BR طولانی - اثر تمرینات مقاومتی کوتاه مدت با سود بالا در کاهش آتروفی عضلانی اکستنسورهای هیپ - عدم تأثیر اضافی ویراسیون بعلاوه ی تمرینات مقاومتی در حفظ حجم عضله.
۲۰. حفظ ساختار و عملکرد عضلات اسکلتی انسان با ویراسیون و تمرین عضلانی بدنبال ۵۵ روز BR (۷۰)	۲۰ مرد سالم داوطلب، BR در وضعیت افقی به مدت ۵۶ روز	ویراسیون و تمرین عضله در طی BR (با نیروی حداکثر ایزومتر یک پلانتر فلکشن) در حالت طاقباز با Galileo space	بررسی اثرات ویراسیون و تمرین عضلانی بر روی عضلات اسکلتی اندام تحتانی	- اثرات کارآمدترین مقاومتی و ویراسیون در جلوگیری از deconditioning ساختار و عملکرد عضله در طی BR - انجام تمرینات کوتاه مدت RVE بعنوان یک مداخله مؤثر در جلوگیری از آتروفی، ترجیحاً در عضلات پاسچرال پشت ساق (calf) در طی BR یا بی حرکتی
۲۱. اثر BR طولانی بر کنترل حرکتی شاخصه های زمانی و طیف EMG ساختارهای عضلانی سطحی کمری - لگنی (۷۱)	۳ مرد، BR در طی ۵۶ روز	حرکت تکراری زانو	بررسی فرکانس متوسط و زمان بندی فعالیت در ثبت های الکترومیوگرافی پنج عضله ی سطحی کمری و توده ی چربی تنه و دقت حرکت	- افزایش فرکانس متوسط آرکتور اسپاین کمری، در اواخر BR و ادامه ی آن تا یک سال بعد از پایان دوره ی BR - کاهش فرکانس متوسط در عضلات شکمی و گلوئتال بدلیل افزایش توده ی چربی تنه - عدم تغییر در زمان بندی فعالیت عضلات کمری - لگنی - اثر BR بر عضلات کوتاه آرکتور اسپاین کمری و قدرت مند بودن نسبی زمان بندی فعالیت عضلات سطحی کمری - لگنی

نتایج	علت مداخله	نوع مداخله	جمعیت هدف، مدت و وضعیت استراحت مطلق (BR)	طرح مطالعه
<p>- تأثیر مداخله بصورت تمرین، هم بر مخابره ی علائم Nos/NO و هم بر تجزیه ی پروتئین در عضلات اسکلتی زنان</p> <p>- اعمال تمرین به عنوان قدم موثر و ضروری برای حفظ مکانیسم های مخابره ی سیگنال No و برگرداندن روند تغییرات پروتئین به حالت طبیعی</p>	<p>بررسی تغییرات مورفولوژیکی و بیو شیمیایی عضلات و استوس خارجی و سولتوس در اندام تحتانی بعد از ۶۰ روز BR</p>	<p>مداخله بصورت تمرین و استفاده از نشانگرهای زیستی مولکولی و بیوپسی</p>	<p>۱۶ زن، BR بصورت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین (HDT) به مدت ۶۰ روز</p>	<p>۲۲. نشانگرهای زیستی مولکولی برای کنترل فیبرهای عضلات اسکلتی و سیستم مویرگی بدنبال BR با و بدون مداخله (۷۲)</p>
<p>- کاهش مواد معدنی استخوان در گروه پامیدرونیت قابل مقایسه با گروه flywheel</p> <p>- تأثیر نسبتا مشابه این دو نوع مداخله بر پیشگیری نسبی کاهش CSA عضلات پشت ساق پا</p> <p>- مشخص شدن شروع زمان پوکی استخوان بعد از ۴ هفته بیحرکتی</p> <p>- مشخص شدن یک راهنمای منظم قدرتمند در مورد الگوهای پوکی استخوان</p>	<p>برای آزمون اثر تمرین مقاومتی flywheel و پامیدرونیت بر پوکی استخوان و آتروفی عضلانی و عملکرد</p>	<p>مداخله بصورت تمرین مقاومتی fly-wheel و تزریق داخل وریدی ۶۰ میلیگرم پامیدرونیت (۱۵ روز قبل از BR)</p>	<p>۲۵ مرد سالم ۴۱-۲۳ ساله BR بصورت ۶ درجه تیلت قسمت فوقانی تخت به پایین به مدت ۹۰ روز</p>	<p>۲۳. الگوهای پوکی استخوان در افراد سالم با استفاده از مطالعه تولوز (۷۳)</p>
<p>- فعالیت عضلانی بیشتر و انقباض همزمان کمتر در طی BR و ادامه ی تغییرات تا یکسال بعد از BR</p> <p>- اختلال عملکرد سیستم عصبی مرکزی در کنترل ثبات کمری- لگنی و ثبات این تغییرات در کنترل حرکتی دلیل ادامه ی روند تغییرات حتی تا یکسال بعد از BR</p>	<p>بررسی فعالیت پنج عضله ی سطحی کمری- لگنی و انقباض همزمان فلکسور شکمی- اکستانسور کمری برای ثبات کمری- لگنی و فهم اثرات عدم فعالیت بر ثبات کمری- لگنی</p>	<p>حرکت تکراری زانو با چهار سرعت حرکت در حالت عدم تحمل وزن</p>	<p>۱۰ مرد، BR در طی ۸ هفته و یکسال پیگیری</p>	<p>۲۴. فعالیت بیش از حد و انقباض همزمان عضلات سطحی کمری- لگنی بعد از ۸ هفته BR (۷۴)</p>

*BR= Bed Rest

نتیجه گیری

و پوکی استخوان به علت بی حرکتی و نه فقدان لود، احتمال عدم توازن قدرت عضلانی (Imbalance)، و بنابراین تغییر بیومکانیک مفصل و افزایش روند سایش و فرسایش مفصل، درد، صدمه مفصلی بعد از برگشت به حالت تحمل وزن بعد از یک دوره استراحت وجود دارد. این امر مخصوصاً در عضلات اندام تحتانی که مسوول پلانتر فلکشن و اکستنشن زانو و هیپ هستند، شایع است. بنابراین باید تمرینات خاصی برای عضلات پلانتر فلکسور و سپس عضلات اکستانسور زانو و ران طراحی و بکار برده شود. نکته آخر اینکه :

برای پیشگیری و یا کاهش اثرات سوء استراحت طولانی مدت بر عضلات و استخوان، گنجاندن تمرینات مقاومتی با لود بالا و نه تمرینات هوازی یا تحملی، برای فرد ضروری است ؛ اگرچه هنوز نوع تمرین و فرکانس تمرین، مورد چالش است اما بنظر می رسد که تمرینات مقاومتی با لود بالا بین ۷۵ تا ۸۵ درصد یک تکرار حداکثر فرد و تکرار ۳-۲ روز در هفته، مؤثرترین تمرینات باشند.

به دلیل پیچیدگی و هزینه های بسیار زیاد مطالعات استراحت مطلق و نیز غیرقابل پیش بینی بودن مؤلفه انسانی، بنظر می رسد که تمام مطالعات استراحت مطلق با چالش مواجه هستند. اما این مطالعات به دلیل ارائه دانش عمیق تری درباره ی بدن انسان، با ارزش هستند. نتایج یافته ها، حاکی از آن است که تغییرات در ناحیه کمری، مخصوصاً آتروفی مالتی فیدوس و افزایش ارتفاع خلفی دیسک در مهره های تحتانی کمری، ابتلاء به کمردرد را بعد از استراحت طولانی مدت، افزایش می دهد. و شاید در پرتو همین مسأله، بتوان به علت شروع کمردرد در هنگام برخاستن از تخت در صبح، پی برد. از طرفی، به دلیل تغییر فعالیت تونیک به فازیک عضلات کمری - لگنی که در حفظ ثبات این ناحیه، اهمیت بسیار دارند و این امر سبب تغییر بیومکانیک این ناحیه می شود. باید تمریناتی بخصوص برای عضلات کوتاه عمقی ناحیه کمری، در نظر گرفته شود.

بر اساس نتایج این مطالعات، به دلیل آتروفی متمایز (Differential) گروه‌های عضلانی خاص و نیز گروه‌های سینرژی

REFERENCES

- Gupton A, Heaman M, Ashcroft T. Bed rest from the perspective of the high-risk pregnant woman. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 1997, 26:423-4302.
- Hagen KB, Hilde G, Jamtvedt G, Winnem M. Bed rest for acute low-back pain and sciatica. *Cochrane Database Syst Rev* 2004, 1
- Malmivaara A, Hakkinen U, Aro T, Heinrichs ML The treatment of acute low back pain: bed rest, exercises, or ordinary activity? *N Engl J Med* 1995, 332: 351-5
- Berry P, Berry I, Manelfe C. Magnetic- resonance- imaging evaluation of lower-limb muscles during bed rest: a microgravity simulation-model. *Aviat Space Environ Med* 1993, 64: 212-8
- Akima H, Kubo K, Imai M, Kanehisa H. Inactivity and muscle: effect of resistance training during bed rest on muscle size in the lower limb. *Acta Physiol Scand* 2001, 172:269-278
- Belavy DL, Miokovic T, Armbrrecht G, Richardson CA. Differential atrophy of the lower-limb musculature during prolonged bed-rest. *Eur J Appl Physiol* 2009, 107: 489-499
- Akima H, Kubo K, Kanehisa H, Suzuki Y. Leg-press resistance training during 20 days of 6 degrees head-down-tilt bed rest prevents muscle deconditioning. *Eur J Appl Physiol* 2000, 82:30-38
- Alkner BA, Tesch PA. Efficacy of a gravity-independent atrophy during 29-day bed rest. *Acta Physiol Scand* 2004a, 181:345-357
- Akima H, Kubo K, Kanehisa H, Suzuki Y. Leg-press resistance training during 20 days of 6 degrees head-down-tilt bed rest prevents muscle deconditioning. *Eur J Appl Physiol* 2000, 82:30-38
- Akima H, Ushiyama J, Kubo J, Fukuoka H. Effect of unloading on muscle volume with and without resistance training. *Acta Astronaut.* 2007; 60 :728-736
- Alkner BA, Tesch PA. Efficacy of a gravity-independent resistance exercise device as a countermeasure to muscle atrophy during 29-day bed rest . *Acta Physiol Scand* 2004a, 181:345-357
- Alkner BA, Tesch PA . Knee extensor and plantar flexor muscle size and function following 90 days of bed rest with or without resistance exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 93: 294-305
- Berry P, Berry I, Manelfe C. Magnetic-resonance-imaging evaluation of lower-limb muscles during bed resta microgravity simulation-model. *Aviat Space Environ Med* 1993, 64:212-218
- Cao P, Kimura S, Macias BR, Ueno T, Watenpaugh DE, Hargens AR . Exercise within lower body negative pressure partially counteracts lumbar spine deconditioning associated with 28-day bed rest. *J Appl Physiol* 2005, 99:39- 44

15. Kouzaki M, Masani K, Akima H, Shirasawa H. Effects of 20-day bed rest with and without strength training on postural sway during quiet standing. *Acta Physiol (Oxf)*. 2007, 189:279–292
16. Le Blanc A, Gogia P, Schneider V, Krebs J, Schonfeld E, Evans H. Calf muscle area and strength changes after five weeks of horizontal bed rest. *Am J Sports Med* 1988, 16:624–629
17. Le Blanc AD, Schneider VS, Evans HJ, Pientok C, Rowe R, Spector E. Regional changes in muscle mass following 17 weeks of bed rest. *J Appl Physiol* 1992, 73:2172–2178
18. Shackelford LC, LeBlanc AD, Driscoll TB, Evans HJ. Resistance exercise as a countermeasure to disuse-induced bone loss. *J Appl Physiol* 2004, 97:119–129
19. Zange J, Mester J, Heer M, Kluge G, Liphardt AM. 20-Hz whole body vibration training fails to counteract the decrease in leg muscle volume caused by 14 days of 6 degrees head down tilt bed rest. *Eur J Appl Physiol* 2009Jan,105(2):271-7
20. Boos N, Wallin Å, Gbedegbegnon T, Aebi M, Boesch C. Quantitative MR imaging of lumbar intervertebral disks and vertebral bodies: influence of diurnal water content variations. *Radiology* 1993,188:351–4.
21. Le Blanc AD, Evans HJ, Schneider VS, Wendt RE, Hedrick TD. Changes in intervertebral disc cross-sectional area with bed rest and space flight. *Spine* 1994,19:812–7.
22. Pavy-Le Traon A, Heer M, Narici MV, Rittewer J, Vernicos J. From space to Earth: advances in human physiology from 20 years of bed rest studies (1986–2006). *Eur J Appl Physiol* 2007,101:143–94.
23. Natarajan RN, Andersson GB. The influence of lumbar disc height and cross-sectional area on the mechanical response of the disc to physiologic loading. *Spine* 1999,24:1873–81.
24. Adams MA, Dolan P, Hutton WC, Porter RW. Diurnal changes in spinal mechanics and their clinical significance. *J Bone Joint Surg Br* 1990,72:266–70.
25. Lu YM, Hutton WC, Gharpuray VM. Do bending, twisting, and diurnal fluid changes in the disc affect the propensity to prolapse? A viscoelastic finite element model. *Spine* 1996,21:2570–9.
26. McGill SM. Kinetic potential of the lumbar trunk musculature about three orthogonal orthopaedic axes in extreme postures. *Spine* 1991,16: 809–15.
27. Panjabi M, Abumi K, Duranceau J, et al. Spinal stability and Intersegmental muscle forces. A biomechanical model. *Spine* 1989,14:194–200.
28. Lucas DB, Bresler B. Stability of the Ligamentous Spine, Technical Report No. 40. San Fransisco, CA: Biomechanics Laboratory, University of California;1961
29. Kiefer A, Shirazi-Adl A, Parnianpour M. Synergy of the human spine in neutral postures. *Eur Spine J* 1998,7:471–9.
30. Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, Aran M, Wiesend A. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. a biomechanical in-vitro study. *Spine* 1995,20: 192–8.
31. Macintosh JE, Bogduk N. The biomechanics of the lumbar multifidus. *Clin Biomech* 1986,1:205–31.
32. Claus AP, Hides JA, Moseley GL, Hodges PW. Different ways to balance the spine: subtle changes in sagittal spinal curves affect regional muscle activity. *Spine* 2009,34(6)
33. Kiefer A, Shirazi-Adl A, Parnianpour M. Stability of the human spine in neutral postures. *J Eur Spine* 1997,6:45–53.
34. Alaimo MA, Smith JL, Roy RR, Edgerton VR. EMG activity of slow and fast ankle extensors following spinal cord transection. *J Appl Physiol* 1984, 56: 1608–1613,
35. Blewett C, Elder GC. Quantitative EMG analysis in soleus and plantaris during hindlimb suspension and recovery. *J Appl Physiol* 1993, 74: 2057–2066
36. Clément G, Gurfinkel VS, Lestienne F, Lipshits MI, Popov KE. Adaptation of postural control to weightlessness. *Exp Brain Res* 1984,57: 61–72
37. Clément G, Gurfinkel VS, Lestienne F, Lipshits MI, Popov KE. Changes of posture during transient perturbations in microgravity. *Aviat Space Environ Med* 1985 ,56: 666–671
38. Riley DA, Slocum GR, Bain JL, Sedlak FR, Sowa TE, Mellender JW. Rat hindlimb unloading: soleus histochemistry, ultrastructure, and electromyography. *J Appl Physiol* 1990, 69: 58–66,
39. Lovejoy CO. The natural history of human gait and posture. Part 1. Spine and pelvis. *Gait & Posture* 2005, 21: 95–112
40. Saunders SW, Coppieters MW, Magarey M, Hodges PW. Reduced tonic activity of the transversus abdominis muscle during locomotion in people with low back pain. 5th World Congress on Low Back & Pelvic Pain, Melbourne, Australia, 2004
41. Saunders SW, Rath D, Hodges PW. Postural and respiratory activation of the trunk muscles changes with mode and speed of locomotion. *Gait & Posture* 2005,20: 280–290
42. Rittewer J and Felsenberg D. Patterns of bone loss in bed-ridden healthy young male subjects: Results from the Long Term Bed Rest Study in Toulouse. *J Musculoskel Neuron Interact* 2003, 3(4): 290-291
43. Le Blanc A, Schneider V, Spector E, Evans H, Rowe R, Lane H. Calcium absorption, endogenous secretion and endocrine changes during and after long-term bed rest. *Bone* 1995, 16:301S–304S
44. Le Blanc AD, Driscoll TB, Shackelford LC, Evans HJ, Rianon NJ, Smith SM. Alendronate as an effective countermeasure to disuse induced bone loss. *J Musculoskel Neuron Interact* 2002, 2:335–343
45. Miyamoto A, Shigematsu T, Fukunaga T, Kawakami K, Mukai C, Sekiguchi C. Medical baseline data collection on bone and muscle change with space flight. *Bone* 1998, 22:79S–82S

46. Smith SM, Davis-Street JE, Feserman JV, Calkins DS, Bawa Maneesh, Macias Brandon R. Evaluation of treadmill exercise in a lower body negative pressure chamber as a countermeasure for weightlessness-induced bone loss: a bed rest study with identical twins. *J Bone Miner Res* 2003, 18:2223–2230
47. Smith SM, Wastney ME, O'Brien KO, Morukov BV, Larina LM, Abrams SD. Bone markers, calcium metabolism, and calcium kinetics during extended duration space flight on the Mir space station. *J Bone Miner Res* 2005, 20:208–218
48. Van der Wiel HE, Lips P, Nauta J, Kwakkel G, Hazenberg G, Netelenbos JC. Intranasal calcitonin suppresses increased bone resorption during short-term immobilization: a double-blind study of the effects of intranasal calcitonin on biochemical parameters of bone turnover. *J Bone Miner Res* 1993, 8:1459–1465
49. Zerwekh JE, Ruml LA, Gottschalk F, Pak Charles YC. The effects of twelve weeks of bed rest on bone histology, biochemical markers of bone turnover, and calcium homeostasis in eleven normal subjects. *J Bone Miner Res* (1998) 13:1594–1601
50. Le Blanc A, Schneider V, Shackelford L, West S, Oganov V, Bakulin A, Voronin L. Bone mineral and lean tissue loss after long duration space flight. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2000, 1:157–160
51. Lang T, LeBlanc A, Evans H, Lu Y, Genant H, Yu A. Cortical and trabecular bone mineral loss from the spine and hip in long-duration spaceflight. *J Bone Miner Res* 2004, 19:1006–1012
52. Belavý DL, Bock O, Börst H, Armbrecht G, Gast U. The 2nd berlin bedrest study: protocol and implementation. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2010, 10(3):207-219
53. Belavy Daniel L, Richardson Carolyn A, Wilson Stephen J, Felsenberg Dieter. Tonic-to-phasic shift of lumbo-pelvic muscle activity during 8 weeks of bed rest and 6-months follow up. *J Appl Physiol* 2007, 103:48–5
54. Belavy Daniel L, Armbrecht Gabriele, Richardson Carolyn A, Felsenberg Dieter. Muscle atrophy and changes in spinal morphology: is the lumbar spine vulnerable after prolonged bed-rest? *Spine (Phila Pa 1976)* 2011, Jan 15, 36(2):137-45.
55. Hides Julie A, Belavy Daniel L, Stanton Warren, Wilson Stephen J, Rittweger Jo'rn. Magnetic resonance imaging assessment of trunk muscles during prolonged bed rest. *SPINE* 2007, 32(15):1687–1692
56. Rittweger J, Belavy D, Hunek, Boerst U. Highly demanding resistive vibration exercise program is tolerated during 56 days of strict bed-rest. *Int J Sports Med* 2006, Jul 27(7):553-9
57. Belavy DL, Miokovic T, Rittweger J. Estimation of changes in volume of individual lower-limb muscles using magnetic resonance imaging (during bed-rest). *Physiol Meas* 2011, Jan 32(1):35-50.
58. Belavý, Daniel L, Hides, Julie A. Resistive simulated weightbearing exercise with whole body vibration reduces lumbar spine deconditioning in bed-rest. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008, Mar 33(5):E121-131
59. Belavy DL, Armbrecht G, Gast U, Richardson CA, Hides JA, Felesenberg D. Countermeasures against lumbar spine deconditioning in prolonged bed rest: resistive exercise with and without whole body vibration. *J Appl Physiol* 2010, Dec 109(6):1801-11.
60. Belavý DL, Miokovic T, Armbrecht G, Rittweger J. Resistive vibration exercise reduces lower limb muscle atrophy during 56-day bed-rest. *J Musculoskelet Neuronal Interact* (2009); 9(4):225-235
61. Hides Julie A, Lambrecht Gunda, Richardson Carolyn A, Stanton Warren R. The effects of rehabilitation on the muscles of the trunk following prolonged bed rest. *Eur Spine J* 2011, May 20(5):808-18
62. Rudnick J, Püttmann B, Tesch PA, Alkner B. Differential expression of nitric oxide synthases (NOS 1-3) in human skeletal muscle following exercise countermeasure during 12 weeks of bed rest. *FASEB J* 2004, Aug 18(11):1228-30
63. Michele S, Gudrun S and Dieter B. Atypical fast SERCA1a protein expression in slow myofibers and differential S-nitrosylation prevented by exercise during long term bed rest. *Histochem Cell Biol* 2009, Oct 132(4) 383-94.
64. Michele S, Gudrun S, Jorn R, Dieter F. Ryanodine receptor type-1 (RyR1) expression and protein S-nitrosylation pattern in human soleus myofibres following bed rest and exercise countermeasure. *Histochem Cell Biol* 2008, Jul 130(1):105-18
65. Muller ER, Horstman AM, Stegeman DF, deHaan A, Belavy DL, Miokovic T, Armbrecht G, Felesenberg, Gerrits KH. Influence of vibration resistance training on knee extensor and plantar flexor size, strength, and contractile speed characteristics after 60 days of bed rest. *J Appl Physiol* 2009, Dec 107(6):1789-98.
66. Belavý DL, Beller G, Armbrecht G, Perschel FH. Evidence for an additional effect of whole-body vibration above resistive exercise alone in preventing bone loss during prolonged bed rest. *Osteoporos Int* 2011 May 22(5):1581-91
67. Armbrecht G, Belavý DL, Gast U, Bongrazio M. Resistive vibration exercise attenuates bone and muscle atrophy in 56 days of bed rest: biochemical markers of bone metabolism. *Osteoporos Int* 2010, 21:597–607
68. Rittweger J, Frost HM, Schiessl H, Ohshima H, Alkner B, Tesch P, Felesenberg D. Muscle atrophy and bone loss after 90 days' bed rest and the effects of flywheel resistive exercise and pamidronate: results from the LTBR study. *Bone* 2005, Jun;36(6):1019-29
69. Miokovic T, Armbrecht G, Felesenberg D, Belavy DL. Differential atrophy of the postero-lateral hip musculature during prolonged bed-rest and the influence of exercise countermeasures. *J Appl Physiol* 2011, April 10 (4):926-934
70. Blottner D, Salanova M, Püttmann B, Schiffl G, Felesenberg D, Buehring B, Rittweger J. Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest. *EUR J Appl Physiol* 2006, Jun;97(3):261-71

71. Belavy DL, Ng JK, Wilson SJ, Armbrecht G, Stegeman DF, Rittweger J, Felesenberg D, Richardson CA . Influence of prolonged bed-rest on spectral and temporal electromyographic motor control characteristics of the superficial lumbo-pelvic musculature . *J Electromyogr Kinesiol* 2010,20(1): 170-9.
72. Salanova M, Schiffel G, Püttmann B, Schoser B G and Blottner D. Molecular biomarkers monitoring human skeletal muscle fibres and microvasculature following long-term bed rest with and without countermeasures . *J. Anat* 2008,212: 306-318
73. Rittweger J and Felsenberg D . Patterns of bone loss in bed-ridden healthy young male subjects: Results from the Long Term Bed Rest Study in Toulouse . *J Musculoskel Neuron Interact* 2003, (4): 290-291
74. Belavý DL, Richardson CA, Wilson SJ, Rittweger J, Felsenberg D. Superficial lumbopelvic muscle overactivity and decreased cocontraction after 8 weeks of bed Rest. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007, Jan 32 (1): E 23-9.

Systematic review article of Berlin Bedrest studies about prolonged bedrest effects on lower limb musculoskeletal system

Mahmoodi R¹, Mousavi SJ^{2*}

1.MSc Student of Physiotherapy

2. Assistant Professor, Faculty of Rehabilitation Sciences, Tehran University of Medical Sciences

Abstract

Background and Aim: Many studies have been carried out about bedrest and its effects on different systems including musculoskeletal,neuromuscular,cognition and vascular systems throughout the world.The purpose of this paper is to review systematically all Berlin Bedrest Studies on musculoskeletal system.The focus of this review is mainly Second Berlin Bedrest Study (2nd BBRs) supported by European Space Agency(ESA).Such studies provide a chance to study the specific effects of immobilization without interference of other diseases.

Materials and Methods: A literature search was carried out using MEDLINE and ESA database to assess existing literature about the effect of bedrest on musculoskeletal system published by Berlin Bedrest Studies.It has been searched for efficacy of interventions as high load resistive exercise and whole body vibration,as well.

Results: Fourty six articles have been found from 2000 to 2011year: 2 articles in 2000 and 2003,the other ones between 2005 to 2011. Seventeen articles were related to muscle and intervention on it,three ones about bone and related intervention on it,four ones related to both bone and muscle and twenty two ones about the other systems such as heart,vessels,sleep and cognition.

Conclusion: According to study results,bedrest has widespread effects on musculoskeletal system specially in early bedrest . These effects remain up to 180 days after bedrest course.Thus,high load resistive exercise and vibration should be prescribed in early stage of bedrest to reduce the detrimental effects of prolonged bedrest.

Key words: Berlin Bedrest, Muscle Atrophy, Bone Loss, Resistive Exercise,Vibration

* **Corresponding author:** Mousavi SJ; Faculty of Rehabilitation Science, Tehran University of Medical Sciences.

E-mail: jmousavi@razi.tums.ac.ir

This research was supported by Tehran University of Medical Sciences (TUMS)