مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره هشتم شماره سوم. ص ۳۰۳-۲۹۲، ۱۴۰۰

استفاده از سیستم خبره در توان‌بخشی بیماران پس از جراحی آرتروسکوپیک لیگامان صلیبی قدامی: یک کارآزمایی بالینی تصادفی

آرزو عباسی[۱]، انوشیروان کاظم نژاد[۲]*، آذر معزی[۳]، عباس آسوشه[۴]

• دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۴/۲۳ • پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۸/۱۲

مقدمه: لیگامان صلیبی قدامی (ACL(Anterior Cruciate Ligament نقش مهمی در پایدارسازی زانو دارد، ضایعات ACL سبب بروز ناپایداری مفصلی و اختلالات شدیدی در عملکرد فیزیکی و تعادل فرد می‌گردد. پس از جراحی بازسازی ACL، توانایی بیماران برای انجام فعالیت‌های روزمره به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و انجام برنامه‌های توان‌بخشی ضروری است. هدف از مطالعه حاضر، استفاده از سیستم خبره جهت کاربرد واقعیت مجازی با سیستم Wii Fit برای اجرای برنامه توان‌بخشی در بیماران پس از بازسازی ACL است.

روش: این پژوهش پایلوت به صورت کارآزمایی بالینی تصادفی روی ۲۰ بیمار واجدشرایط در دو گروه درمانی طی چهار هفته انجام گردید؛ یک گروه با برنامه مبتنی بر سیستم خبره با Wii Fit(گروه WF) و گروه دیگر با برنامه متداول توانبخشی (گروه CT). در فاز نخست تحقیق جهت تدوین سیستم خبره با کمک متخصصین انجام شد، سپس در فاز بالینی کلیه بیماران مورد ارزیابی و بازتوانی قرار گرفتند. در آنالیز آماری از آزمون t زوجی و آزمون t مستقل استفاده گردید.

نتایج: یافته‌های حاصل از آنالیزهای آماری بیانگر تفاوت‌های معناداری قبل و بعد از بازتوانی بین دو گروه WF و CT در میزان درد (P<۰/۰۰۱)، تورم مفصلی (P<۰/۰۰۱)، محیط ران (P<۰/۰۰۱)، دامنه حرکتی زانو (P= ۰/۰۰۲) و وضعیت عملکردی بیماران با تست پرش طول یک پا (P<۰/۰۰۱) و تست پرش یک‌پا در زمان (P=۰/۰۱۴) نشان داد. نتایج حاکی از بهبودی چشمگیر بیماران در گروه WF نسبت به گروه CT بود.

نتیجه‌گیری: رویکرد توان‌بخشی با استفاده از سیستم خبره برای تمرینات Wii Fit اثرات قابل‌ملاحظه‌ای را در مقایسه با روش معمول توانبخشی بر درد، تورم، دامنه حرکتی و عملکرد بیماران داشته است.

کلیدواژه‌ها: سیستم خبره، لیگامان صلیبی قدامی، عملکرد، واقعیت مجازی

•ارجاع: عباسی آرزو، کاظم نژاد انوشیروان، معزی آذر، آسوشه عباس. استفاده از سیستم خبره در توان‌بخشی بیماران پس از جراحی آرتروسکوپیک لیگامان صلیبی قدامی: یک کارآزمایی بالینی تصادفی. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۴۰۰؛ ۸(۳): ۳۰۳-۲۹۲.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد انفورماتیک پزشکی، گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران
۲. دکترای تخصصی آمار زیستی، استاد، گروه آمار زیستی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳. دکترای تخصصی فیزیوتراپی، دانشیار، گروه پزشکی ورزشی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۴. دکترای مهندسی برق و الکترونیک، استادیار، گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*** نویسنده مسئول:** انوشیروان کاظم‌نژاد
آدرس: تهران، بزرگراه جلال آل احمد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، گروه آمار زیستی
•شماره تماس: ۰۲۱-۸۲۸۸۳۸۷۵ • **Email:** kazem_an@modares.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

مقدمه

لیگامان صلیبی قدامی (Anterior Cruciate Ligament) ACL یکی از ساختارهای مهم زانو می‌باشد که نقش اساسی در عملکرد طبیعی اندام تحتانی، پایداری مفصلی و حفظ ثبات وضعیتی بدن دارد [۱]. این لیگامان گیرنده‌های متعدد عصبی داشته که قادرند اطلاعات لازم برای واکنش‌های حفاظتی زانو، حفظ تعادل و عملکرد فیزیکی بدن را تأمین نمایند. آسیب ACL علاوه بر بروز ناپایداری مفصلی، اختلالات زیادی را در الگوهای حرکتی ایجاد نموده، باعث ضعف عضلات ران، کاهش کارایی سیستم عصبی-عضلانی و اختلال در عملکرد فرد می‌شود [۲، ۱]. امروزه بازتوانی بیماران پس از بازسازی ACL یکی از چالش‌های مهم توان‌بخشی بوده که به‌اندازه تکنیک‌های جراحی حائز اهمیت است [۳].

شیوه‌های متداول توان‌بخشی با تأکید بر حضور مداوم درمانگر و نظارت بر انجام تمرینات ورزشی بوده که غالباً قادر به هدایت بیماران به‌سوی رفع الگوهای نادرست حرکتی پس از جراحی نیست [۴]. از طرف دیگر به دلیل عدم نظارت کافی متخصصین در حین انجام مداخلات توان‌بخشی و عدم ارائه فیدبک‌های به موقع و سریع، روند بازتوانی بیماران و بازگشت آنان به زندگی عادی با تأخیر روبه‌رو می‌گردد [۵]. در راستای بازتوانی هر چه مؤثرتر و سریع‌تر بیماران پس از بازسازی ACL، متخصصین همواره سعی در ارائه تکنیک‌های جدید توان‌بخشی دارند. استفاده از تکنولوژی واقعیت مجازی یکی از شیوه‌های نوینی است که طی سال‌های اخیر معرفی گردیده و ابزاری مناسب برای توان‌بخشی به نظر می‌رسد. یکی از کاربردهای واقعیت مجازی شبیه‌سازی انواع ورزش‌های درمانی برای بازتوانی بیماران است [۹-۶]. همچنین، با کمک واقعیت مجازی می‌توان بازخوردهای بصری و شنیداری فوری را در حین بازتوانی به بیمار داد و در صورت لزوم تعدیلاتی را در روند بازتوانی ایجاد کرد. شایان ذکر است که ورزش در محیط واقعیت مجازی با ورزش در محیط واقعی کاملاً مشابه است [۱۰]؛ ضمن این که استفاده از واقعیت مجازی در پروسه توان‌بخشی باعث تمرکز بیشتر بیماران در حین درمان شده، خستگی آنان را به حداقل می‌رساند و به دلیل ارائه بازخوردهای سریع انگیزه بیماران را افزایش می‌دهد [۷]. مزیت دیگر واقعیت مجازی، ارائه اطلاعاتی از موقعیت واقعی اندام‌ها در زمان واقعی است که امکان تنظیم دقیق‌تر برنامه‌های بازتوانی را فراهم می‌آورد [۱۲، ۱۱].

در سال‌های اخیر کمپانی نینتندو (Nintendo co.,Kyoto, Japan) سیستم جدیدی موسوم به Wii Fit را ارائه کرده که توجه متخصصان بالینی بسیاری را به خود جلب نموده است. Wii Fit نوعی کنسول دارای کنترل حرکت بوده که حرکات مختلف ورزشی را به صورت سه بعدی تقلید می‌کند. همچنین یک کنترلر حساس به تشخیص حرکت سه بعدی داشته که امکان تنظیم حرکات را از راه دور امکان‌پذیر می‌سازد [۱۳]. بخشی دیگر سیستم Wii Fit، تخته تعادلی (Wii Balance Board) است که برای تعیین مرکز فشار مورد استفاده قرار می‌گیرد و شواهدی در دست است که نشان می‌دهد این سیستم ابزاری قابل‌اعتماد برای ارزیابی تعادل فرد می‌باشد [۱۴]. یکی از ویژگی‌های بارز این سیستم حساس بودن آن به تغییرات موقعیت فرد بوده و به بیمار فوراً بازخوردهای بصری و شنیداری ارائه می‌دهد تا بیمار بتواند با دقت بیشتری الگوهای نادرست حرکتی خود را اصلاح نماید. وجود فیدبک‌های فوری همچنین مانع از حواس‌پرتی بیمار شده و تمرکز وی را در انجام حرکات صحیح افزایش می‌دهد [۱۵].

علاوه بر واقعیت مجازی، یکی دیگر از سیستم‌هایی که امروزه در توان‌بخشی بیماران مورد توجه قرار گرفته، سیستم خبره است. سیستم خبره به سیستم‌هایی اطلاق می‌گردد که در حوزه خاصی خبرگی داشته و از آن می‌توان برای تصمیم‌گیری استفاده نمود. سیستم‌های خبره برای حل مسائلی به کار می‌روند که دانش صریح برای حل آن‌ها وجود داشته؛ اما الگوریتم خاصی برای حل آن مسائل تدوین نگردیده است [۱۶]. سیستم‌های خبره رفتار متخصص را در زمینه‌ای تخصصی تقلید می‌کند و مشتمل بر چهار بخش اصلی پایگاه دانش، موتور استنتاج، امکانات توضیح و رابط کاربر می‌باشد [۱۷].

Baltaci و همکاران طی تحقیقی تأثیر دو برنامه معمول توان‌بخشی و توان‌بخشی با سیستم Wii Fit را در بیماران پس از بازسازی ACL با استفاده از پیوند تاندون همسترینگ مقایسه کردند که نتایج آن اختلاف معنادار بین گروه‌های مورد مطالعه نشان نداد [۱۴]. همچنین، Karakoc و همکاران در مطالعه دیگری اثربخشی توان‌بخشی مجازی بر بهبود علائم بیماران پس از بازسازی ACL در دو گروه توان‌بخشی معمولی و مجازی ارزیابی کردند که آنان نیز از نظر متغیرهای درد، عملکرد اندام تحتانی و تعادل تفاوت معناداری را مشاهده نکردند [۸]. Ahmed Moustafa و همکاران طی مطالعه‌ای تأثیر هشت هفته ورزش درمانی با سیستم Wii Fit روی گیرنده‌های حس عمقی زانو پس از بازسازی ACL بررسی

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

نموده و اظهار داشتند که ورزش با سیستم مزبور موجب بهبود عملکرد گیرنده‌های حس عمقی شده است [۱۸].

بر اساس بررسی مطالعات موجود در منابع الکترونیک تا به حال هیچ سیستم خبره‌ایی مبتنی بر سیستم Wii Fit برای بازتوانی بیماران پس از بازسازی ACL طراحی نگردیده، به علاوه، در ایران نیز تاکنون برنامه توان‌بخشی مبتنی بر سیستم Wii Fit انجام نشده است. بدین جهت محققین این پژوهش مصمم گردیدند که سیستم خبره‌ای را برای توان‌بخشی بیماران پس از جراحی با سیستم Wii Fit طراحی نمایند؛ لذا با توجه به شیوع آسیب ACL به ویژه در میان جوانان ورزشکار و ضرورت فراوان برای انجام مداخلات توان‌بخشی پس از جراحی برای بازگشت به فعالیت‌های ورزشی و روزمره زندگی، هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی تأثیر پروتکل بازتوانی ACL با استفاده از سیستم خبره و سیستم Wii Fit در مقایسه با شیوه معمول توان‌بخشی بر درد، تورم مفصلی، محیط ران، دامنه حرکتی زانو و نیز عملکرد فیزیکی بیماران است.

روش

مطالعه حاضر یک کارآزمایی بالینی تصادفی یک سویه کور می‌باشد که نمونه‌های مورد مطالعه با روش نمونه‌گیری تصادفی بلوکی چهارتایی از میان بیماران واجد شرایطی که تحت جراحی بازسازی ACL با روش Bone-Patellar Tendon-Bone قرار گرفته بودند، انتخاب شدند. کلیه مراحل این تحقیق با رعایت اصول اخلاقی و با تأیید کمیته اخلاقی معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس با شماره IR.MODARES.REC.1398.124 انجام و از کلیه شرکت‌کنندگان در این پژوهش رضایت‌نامه کتبی اخذ شد. این مطالعه در مرکز بین‌المللی ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران با کد IRCT20191013045090N1 مورد تأیید و ثبت قرار گرفته است. در این تحقیق بیماران در دو گروه مورد بازتوانی قرار گرفتند: گروه اول با پروتکل جدید ماشین‌محور مبتنی بر سیستم Wii Fit موسوم به گروه WF و گروه دوم) گروه شاهد یا کنترل (با پروتکل متداول توان‌بخشی موسوم به گروه Conventional Training یا CT. در روندنمای پژوهش) تصویر ۱(مراحل انجام این تحقیق به صورت کلی مشاهده می‌شود.

جامعه مورد بررسی در این پژوهش بیماران واجدشرایطی بودند که سه ماه از جراحی بازسازی ACL با شیوه Bone-Patellar-Tendon-Bone گذشته بود و توسط یک متخصص ارتوپدی به کلینیک فیزیوتراپی ارجاع داده می‌شدند. شرایط ورود به پژوهش شامل وجود آسیب یک‌طرفه ACL، جنس مذکر، رضایت کامل برای شرکت در پژوهش، عدم وجود آسیب در سایر لیگامان‌ها و ساختارهای مفصل زانو، عدم‌وجود سابقه جراحی یا ضایعه در زانوی مفاصل اندام‌های تحتانی، عدم مصرف داروهای مسکن و ضد التهاب، دامنه سنی ۳۰-۲۰ سال، سلامت کامل قلبی -عروقی، عدم ابتلاء به بیماری‌های مزمن و وضعیت روحی متعادل بود. شرایط خروج از تحقیق هم شامل ناتمام ماندن برنامه‌های بازتوانی و ارزیابی، بروز هر گونه اختلال ناگهانی سیستمیک در حین بازتوانی، تمایل بیمار برای خروج از پژوهش و دریافت هرگونه درمانی غیر از برنامه‌های درمانی تجویز شده در این تحقیق بود.

بر اساس مطالعه Moezy و همکاران [۲] در مطالعه پایلوت حاضر جهت تعیین حجم نمونه‌های لازم در هر گروه طبق فرمول زیر با در نظر گرفتن خطای نوع یک (α) ۰/۰۵ و خطای نوع دو (ß) ۰/۲۰ و توان آزمون ۸۰ درصد جهت کاهش متغیر درد به میزان دو عدد در هر گروه ۱۰ بیمار محاسبه گردید.

$$\frac{\left(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} + Z_{1-\beta}\right)^2 (S_1^2 + S_2^2)}{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}$$

برنامه بازتوانی بیماران در ۱۲ جلسه تحت‌نظر یک فیزیوتراپیست انجام گردید. متغیر مورد مطالعه در این تحقیق قبل و بعد از مداخله توسط فیزیوتراپیستی که از حضور بیماران در گروه‌ها آگاه نبود، ارزیابی شد. از پیامدهای مزبور جهت برنامه‌ریزی هفتگی توسط سیستم خبره نیز استفاده گردید.

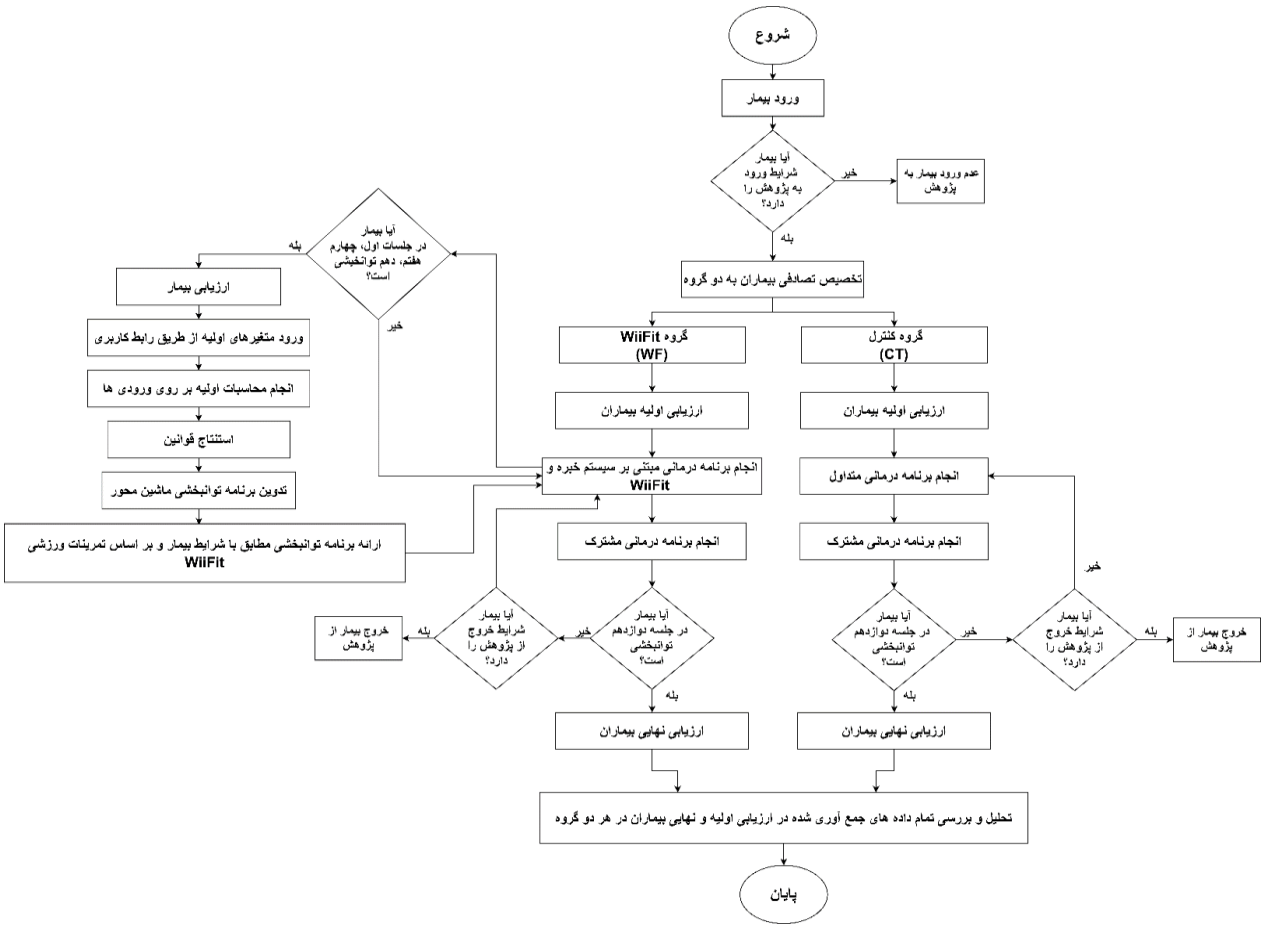
در ابتدای مطالعه چک لیست محقق ساخته که شامل متغیرهای دموگرافیک و سابقه پزشکی بیمار بود توسط پژوهشگر تکمیل شد. هشت متغیر مهم بالینی که توسط متخصصین گروه پزشکی ورزشی دانشگاه علوم پزشکی ایران جهت ارزیابی بیماران در این مطالعه انتخاب گردیده بودند، عبارت‌اند از: شدت درد زانو که با معیاری عددی بین صفر تا ۱۰ ارزیابی می‌شد، عدد صفر برای عدم وجود درد و عدد ۱۰ بیان کننده حداکثر میزان درد بیمار بود؛ میزان تورم زانو که در آن دور مفصل زانو در قاعده کشکک با نوار سانتی‌متر اندازه‌گیری شد؛ محیط ران که محیط ران در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از قاعده پاتلا اندازه‌گیری شد تا میزان آتروفی و تحلیل عضلات ران را نشان دهد؛ دامنه حرکت خم شدن زانو که میزان حرکت

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

مفصل را نشان می‌دهد از حالتی که زانو کاملاً صاف بوده تا حداکثر دامنه‌ای که بیمار قادر است زانویش را خم نماید؛ همچنین برای ارزیابی عملکرد فیزیکی بیماران از شاخص‌های قرینگی دو آزمون عملکردی پرش طول با یک پا و پرش یک پا درکوتاه‌ترین زمان استفاده شد [۱۹].

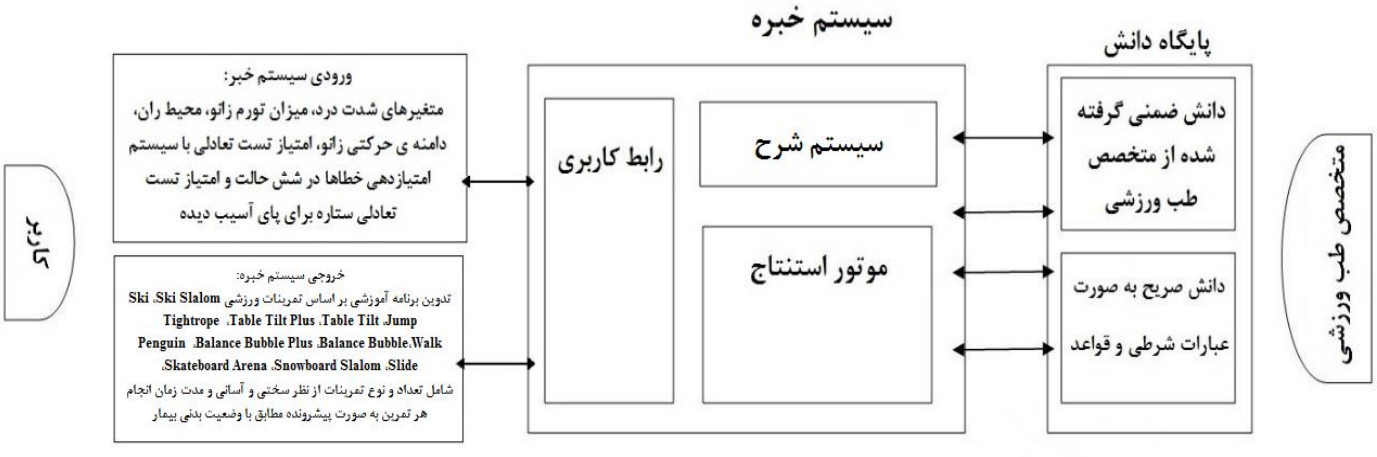
جهت دستیابی به دانش موردنیاز برای تشخیص و تجویز ورزش مناسب درمانی با توجه به شرایط بالینی هر بیمار از مشاوره سه تن از اساتید گروه پزشکی ورزشی دانشگاه علوم پزشکی ایران استفاده گردید و دانش مورد نیاز پس از بررسی منابع، از طریق مصاحبه، تحلیل و بررسی پیامدهای مورد ارزیابی و تمرینات ورزشی Wii Fit کسب گردید. بر این اساس، ده ورزش مناسب در سیستم Wii Fit برای بهبود وضعیت بالینی و عملکرد بیماران انتخاب و تمرینات از نظر سطح دشواری نیز مورد تأیید اساتید قرار گرفتند. در نهایت تمرین‌های دەگانه Ski Slalom، Ski Jump، Table Tilt، Table Tilt Plus، Tightrope Walk، Balance Bubble، Balance Bubble Plus Penguin Slide، Snowboard Slalom و Skateboard Arena در سه سطح دشواری؛ مبتدی، پیشرفته و خبره برای توان‌بخشی بیماران برگزیده شد.

در این مطالعه برای طراحی سیستم خبره، متغیرهای شدت درد، میزان تورم، محیط ران، دامنه حرکتی زانو، تست‌های عملکردی به عنوان ورودی سیستم انتخاب شد و دانش ضمنی متخصصین پس از تبدیل به قوانین در پایگاه دانش قرار گرفت و نهایتاً بخش‌های سیستم شرح، موتور استنتاج و رابط کاربریست، پیاده‌سازی گردید (تصویر ۲). از دانش کسب شده برای تدوین قوانین قابل‌فهم برای کامپیوتر یا قوانین ساخت (به صورت if-then) استفاده گردید. شایان ذکر است که برای پایگاه دانش مزبور ۴۷ قانون استخراج شد که توسط متخصصان پزشکی ورزشی مورد تأیید قرار گرفت.



تصویر ۱: روند نمای پژوهش

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

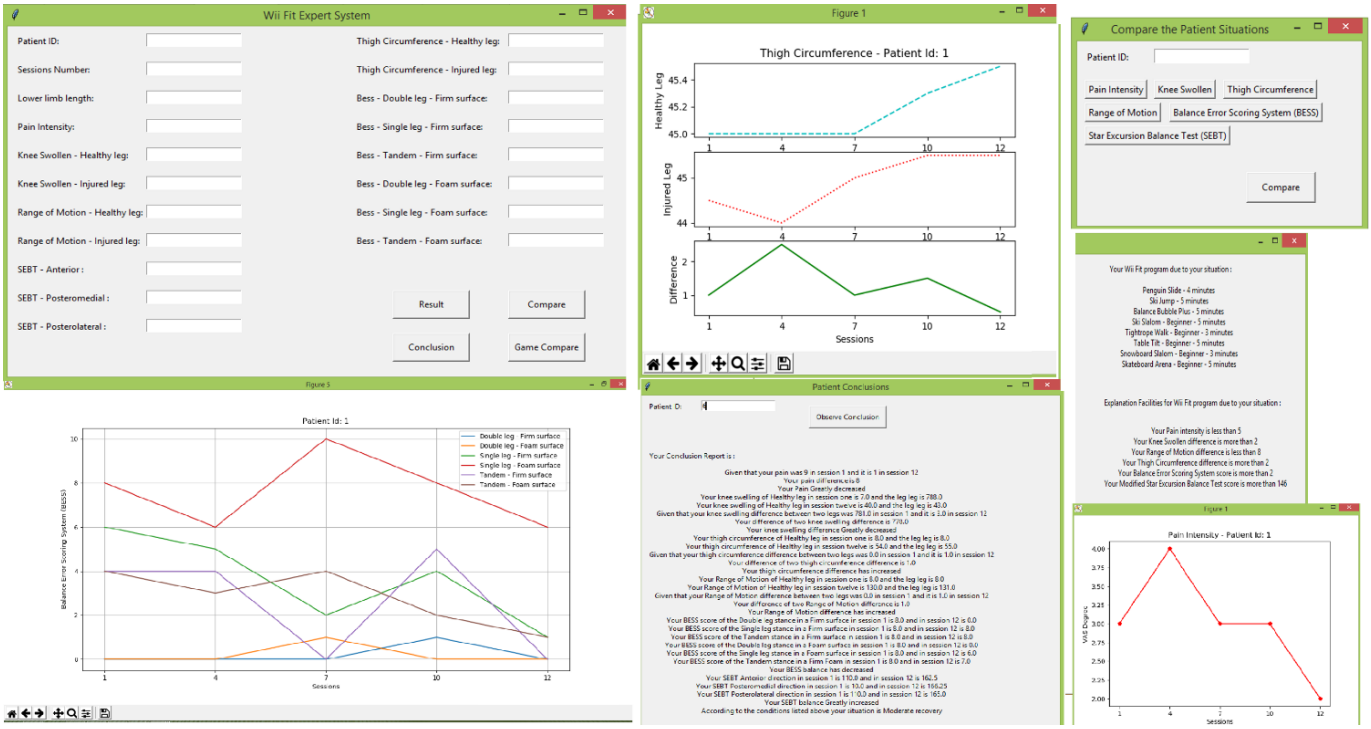


تصویر ۲: شمای کلی سیستم خبره برای سیستم Wii Fit

با توجه به تعداد نسبتاً زیاد پارامترهای ورودی و پیچیدگی قوانین پایگاه دانش؛ بر اساس نظر اساتید برای کاهش پیچیدگی، محاسباتی روی پارامترها اعمال و پارامترهای جدید تعریف شدند. محاسبات اولیه برای متغیرهای تورم زانو، محیط ران و دامنه حرکتی زانو انجام گردید.

موتور استنتاج در این پژوهش با استراتژی حرکت رو به جلو طراحی شد، بدین ترتیب که موتور استنتاج با مجموعه‌ای از داده‌های اخذ شده آغاز و با استفاده از قوانینی که با داده‌های ورودی مزبور تطبیق داده شد، ادامه یافت تا زمانی که موتور دیگر نتواند از قانون در روند استنتاج استفاده کند [۲۰]. نتیجه استنتاج، برنامه توان‌بخشی بر اساس تمرینات Wii Fit است. همچنین برای رفع تداخل قوانین، از درجه اهمیت استفاده گردید. درجه اهمیت با نسبت دادن عددی به قانون و موجب وزن‌دار شدن گشته و در نهایت قانونی اجرا می‌گردد که وزن بیشتری داشته باشد [۲۱]. در سیستم خبره، پس از ورود متغیرهای اولیه (تورم زانو، محیط ران و دامنه حرکتی زانو) و انجام محاسبات، خروجی به صورت ده تمرین ورزشی بود؛ به علاوه سطح دشواری، تعداد انجام حرکات و مدت زمان انجام هر تمرین مطابق با وضعیت بدنی بیمار برای هر کاربر تعیین شد، اطلاعات بیمار و متغیرهای مورد ارزیابی در جلسات اول، چهارم، هفتم، دهم و دوازدهم ذخیره گردید. پیاده‌سازی سیستم خبره با زبان برنامه‌نویسی پایتون نسخه ۳,۷ در محیط یکپارچه توسعه نرم‌افزار Pycharm انجام گردید و رابط کاربر گرافیکی با استفاده از جعبه‌ابزار Tkinter نوشته شد (تصویر ۳). قسمت امکانات شرح مراحل نتیجه‌گیری سیستم خبره جهت تدوین برنامه توان‌بخشی مبتنی بر Wii Fit بر اساس شرایط بیمار، نشان داد که موجب افزایش میزان اطمینان بیمار به برنامه تدوین شده بود.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]



تصویر ۳: بخش‌های گوناگون رابط کاربری سیستم خبره

نحوه انجام مداخلات توان‌بخشی

در این مطالعه، توان‌بخشی بیماران به مدت چهار هفته (۳ جلسه در هفته) در مجموع شامل ۱۲ جلسه تحت نظارت فیزیوتراپیست انجام گرفت. در گروه WF قبل از شروع برنامه‌های توان‌بخشی ابتدا از هر نفر از بیماران خواسته شد که دستورالعمل‌های نحوه کار و توصیه‌های ایمنی مرتبط با آن را که توسط محقق از روی دستورالعمل که توسط کمپانی سازنده سیستم Nintendo ترجمه شده با دقت مطالعه کنند. برنامه بازتوانی برای بیماران گروه WF شامل Ski Slalom, Ski Jump, Table Tilt, Balance Bubble, Perfect 10, Penguin Slide, Skateboard Adena با سیستم Wii بود که به منظور هدفمندی روند درمان، این برنامه با استفاده از سیستم خبره ارائه گردید.

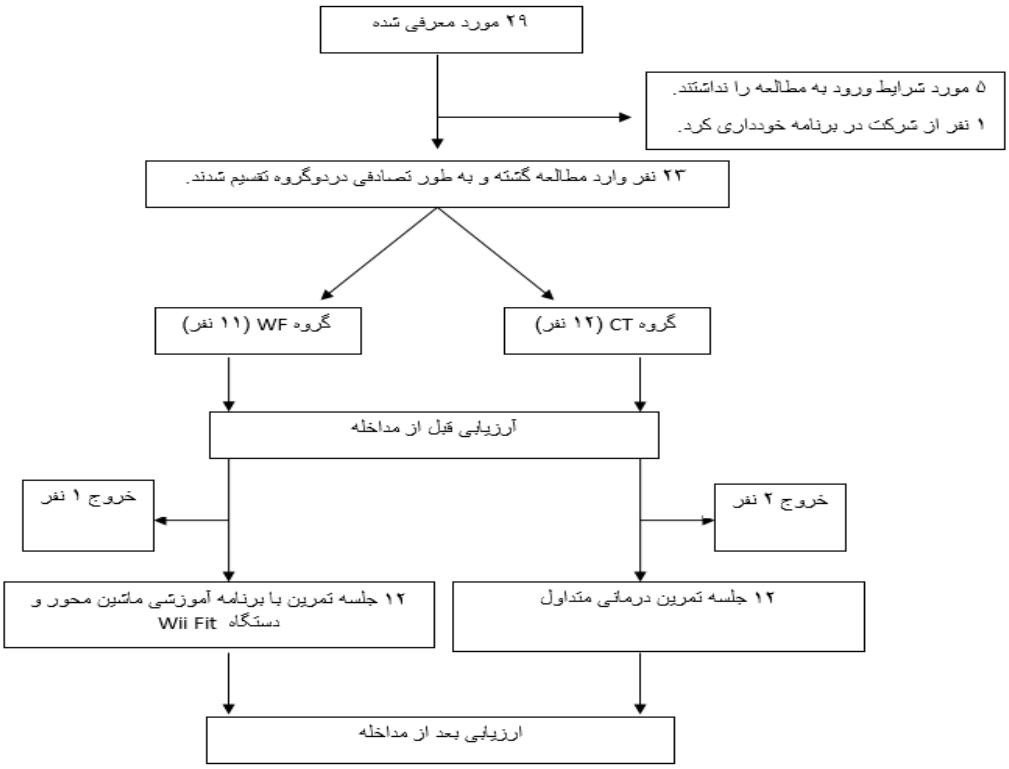
در گروه CT بیماران از برنامه‌های معمول ورزشی که شامل تمرینات استاتیک برای عضلات اندام تحتانی، تمرینات زنجیره بسته حرکتی، تمرینات پروپریوسپتیو، دوچرخه ثابت، تمرینات کششی و تقویتی عضلات اندام تحتانی بود، در مرکز فیزیوتراپی استفاده می‌کردند.

یافته‌های حاصل از تحقیق با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ مورد آنالیز قرار گرفت. در بخش آمار توصیفی، در مورد متغیرهای کیفی فراوانی و درصد فراوانی و در مورد متغیرهای کمی میانگین و انحراف معیار تعیین شد. در بخش آمار تحلیلی ابتدا، نتایج تست Kolmogorov- Smirnov روی داده‌ها توزیع نرمال کلیه متغیرها را نشان داد، لذا برای مقایسه درون‌گروهی میانگین کلیه پارامترها از آزمون t زوجی و برای مقایسه بین دو گروه WF و CT از آزمون T مستقل استفاده شد. سطح معناداری در این پژوهش P<۰/۰۵ نیز تعیین گردید.

نتایج

از ۲۹ بیمار ارجاع شده به محقق، یک بیمار از شرکت در مطالعه اجتناب نمود و ۵ بیمار نیز شرایط ورود به مطالعه را نداشتند؛ لذا این بررسی با حضور ۲۳ بیمار که تحت جراحی بازسازی ACL قرار گرفته بودند، انجام گردید. بیماران شرکت کننده به صورت تصادفی در دو گروه WF (۱۱ نفر) و CT (۱۲ نفر) مورد ارزیابی و ۱۲ جلسه توان‌بخشی قرار گرفتند (تصویر ۴). در حین مطالعه نیز دو نفر از گروه CT و یک نفر از گروه WF خارج شدند. در نهایت بعد از مداخله، ارزیابی‌های لازم بر روی بیماران هر دو گروه انجام گرفت.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]



تصویر ٤: پروفایل افراد مورد مطالعه

مشخصات دموگرافیک بیماران مورد بررسی در دو گروه مورد مطالعه در جدول ۱ آمده، همان‌گونه در جدول مشخص است آزمون پارامتریک t مستقل هیچ‌گونه اختلاف معناداری را در ابتدای مطالعه و پیش از آغاز مداخلات توان‌بخشی بین دو گروه WF و CT نشان نداد که این امر حاکی از یکسان بودن نمونه‌های هر دو گروه قبل از آغاز مداخلات و نمونه‌برداری کاملاً تصادفی بیماران می‌باشد.

جدول ۱: مقایسه میانگین و انحراف معیار متغیرهای دموگرافیک، بالینی و عملکردی در گروه‌های WF و CT قبل از انجام مداخلات توان‌بخشی

متغیر	گروه CT (n = ۱۰)	گروه WF (n = ۱۰)	P-value
	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار	
سن (سال)	۲۴/۴± ۳/۱۶	۲۴/۷± ۴/۲۴	۰/۸۶
وزن (کیلوگرم)	۷۹/۴± ۱۲/۸۵	۸۵/۴۵± ۱۳/۶	۰/۳۲۴
قد (متر)	۱۷۷/۶± ۶/۱۹	۱۸۱/۲± ۴/۸۴	۰/۱۷۱
نمایه توده بدنی (Kg/m^2)	۲۵/۱±۳/۳۱	۲۵/۹± ۳/۵۵	۰/۵۸۳
فاصله بین زمان جراحی تا زمان شروع توان‌بخشی (ماه)	۳/۸± ۰/۶۳	۳/۸± ۰/۷۱	۱
شدت درد (معیار عددی Visual Analogue Scale)	۲/۹۰± ۰/۹۹	۳/۶۰± ۰/۹۶	۰/۱۲۸
تورم زانو (سانتی‌متر)	۴۱/۲۵± ۳/۶۶	۴۴/۲۰± ۳/۲۵	۰/۰۷۳
محیط ران (سانتی‌متر)	۴۵/۹۰± ۵/۴۴	۴۸/۷۰± ۶/۱۶	۰/۲۹۶
دامنه حرکتی زانو (درجه)	۱۱۷/۰۰± ۸/۵۸	۱۱۵/۰۰± ۹/۸۲	۰/۶۳۴
عملکرد فیزیکی با استفاده شاخص قرینگی برای تست پرش طول یک پا (درصد)	۸۶/۴۷± ۸/۹۱	۸۴/۷۸± ۸/۱۲	۰/۱۵۳
عملکرد فیزیکی با استفاده شاخص قرینگی برای تست پرش یک پا در زمان (درصد)	۱۳۷/۱۰± ۲۹/۲۰	۱۴۰/۶۷± ۲۶/۲۱	۰/۷۷۷

از نقطه نظر فعالیت ورزشی،۹۰ درصد شرکت‌کنندگان در این تحقیق، به طور میانگین ۳ بار در هفته ورزش می‌کردند و ۱۰ درصد باقی‌مانده، هیچ فعالیت ورزشی انجام نمی‌دادند. از بین شرکت‌کنندگان دارای فعالیت ورزشی، ۶۱/۱٪ به فوتبال،

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

۱۱/۱٪ بـه جـودو، ۱۱/۱٪ بـه بسـکتبال و ۱۶/۶۷٪ سـایر فعالیت‌هـای ورزشـی می‌پرداختنـد. در جـدول ۲ میـانگین و انحراف معیار متغیرهای بالینی و عملکردی در گروه‌هـای WF و CT بعد از انجـام مـداخلات توان‌بخشـی مقایسـه گردیـده است.

جدول ۲: مقایسه میانگین و انحراف معیار متغیرهای بالینی و عملکردی در گروه‌های WF و CT بعد از انجام مداخلات توان‌بخشی

متغیر	گروه CT (n = ۱۰)	گروه WF (n = ۱۰)	P-value
	میانگین ±انحراف معیار	میانگین ±انحراف معیار	
شدت درد (معیار عددی VAS)	۲/۰۰± ۰/۵۶	۱/۲۰± ۰/۸۴	*>۰/۰۰۱
تورم زانو (سانتی‌متر)	۳۹/۲۵± ۰/۲۵	۴۲/۰۵± ۰/۸۱	*>۰/۰۰۱
محیط عضلات ران (سانتی‌متر)	۴۶/۱۱± ۰/۴۳	۵۱/۰۵± ۰/۵۷	*>۰/۰۰۱
دامنه حرکتی زانو (درجه)	۱۲۲/۱± ۳/۱۰۷	۱۲۷/۰۰± ۵/۲۰۶	*>۰/۰۰۲
عملکرد فیزیکی با استفاده شاخص قرینگی برای تست پرش طول یک پا (درصد)	۸۸/۱۲± ۰/۵۶	۹۲/۱۴± ۲/۵۸	*>۰/۰۰۱
عملکرد فیزیکی با استفاده شاخص قرینگی برای تست پرش یک پا در زمان (درصد)	۱۳۴/۶۸± ۰/۵۸	۱۲۷/۰۶± ۸/۵۰۳	*>۰/۰۰۱

* تفاوت معنادار

در گروه WF طبق یافته‌ها در آزمـون t زوجـی جهـت بررسـی تفاوت بین کلیه مقادیر متغیرهای مورد بررسی بین قبل و بعد از بازتوانی اختلافات معناداری (P≥۰/۰۰۱) دیده شد که حـاکی از تأثیر مثبت ورزش درمانی با سیستم Wii Fit می‌باشد. درحـالی کـه در گـروه CT در متغیرهـای بـالینی درد، محـیط ران و عملکردی بین مراحل قبل و بعـد از بـازتوانی تفـاوت معنـاداری مشاهده نشد.

به منظور مقایسه مطلوب‌تر یافته‌های حاصل از تحقیق بین دو گروه توسط آزمون T مستقل، به بررسی پارامتر میزان تغییـرات در متغیرهای بالینی پرداخته شد. منظور از میـزان تغییـرات قـدر مطلق میزان افزایش یا کاهش هر یک از متغیرها از مرحله قبل از مداخله تا مرحله بعد از مداخله مـی‌باشـد. همان‌گونـه کـه در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد، بین دو گروه اخـتلاف معنـاداری در همه متغیرها مشاهده شد که نشان دهنده اثرات درمانی بهتر در گروه WF نسبت به گروه CT است.

جدول ۳: مقایسه میانگین و انحراف معیار میزان تغییرات متغیرهای مورد بررسی در پای آسیب دیده در گروه‌های مورد مطالعه

متغیر	گروه CT (n = ۱۰)	گروه WF (n = ۱۰)	P-value
	میانگین ±انحراف معیار	میانگین ±انحراف معیار	
میزان کاهش درد (معیار عددی VAS)	۰/۹± ۰/۵۶	۲/۴۰± ۰/۸۴	*>۰/۰۰۱
میزان کاهش تورم زانو (سانتی‌متر)	۰/۸± ۰/۲۵	۲/۱۵± ۰/۸۱	*>۰/۰۰۱
میزان افزایش محیط ران (سانتی‌متر)	۱/۰۵± ۰/۴۳	۲/۳۵± ۰/۵۷	*>۰/۰۰۱
میزان افزایش دامنه حرکتی زانو (درجه)	۵/۱± ۳/۱۰۷	۱۲/۰۰± ۵/۲۰۶	*>۰/۰۰۲
میزان بهبود شاخص قرینگی برای تست پرش طول یک پا (درصد)	۲/۶۵± ۰/۵۶	۷/۳۶± ۲/۵۸	*>۰/۰۰۱
میزان بهبود شاخص قرینگی برای تست پرش یک پا در زمان (درصد)	۲/۴۲± ۰/۵۸	۱۳/۶۱± ۸/۵۰۳	*>۰/۰۱۴

* تفاوت معنادار

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، سیستم خبـره‌ای طراحـی گردیـد کـه در آن از دانش متخصصین ارتوپدی، پزشکی ورزشی و فیزیوتراپی به‌طور هم‌زمان استفاده شد تـا شـیوه ورزش‌درمـانی مطلـوبی را بـرای بازتوانی بیماران پـس از جراحـی بازسـازی ACL ارائـه دهـد. بـدیهی اسـت کـه ایـن دانـش متخصصـین در سیسـتم‌های کامپیوتری به طور پایدار باقی مانده و در اوقاتی که متخصصین حضور ندارند دانش آنان در سیستم‌های خبره در اختیار بیمـاران قرار می‌گیرد که این امر برای کاربران منافع زیاد درمانی را هـم به همراه خواهد داشت بدین معنا کـه سیسـتم خبـره از طریـق افزایش قابلیت دسترسی، کاهش هزینه‌های درمانی و گـردآوری تخصـص‌های چندگانـه، اسـتفاده از تجـارب و دانـش بهتـرین

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

متخصصین به بیماران کمک بسزایی نموده و به علاوه موجب پیوند دانش پزشکی و علوم کامپیوتری می‌شود.

در پژوهش حاضر، از سیستم خبره برای بازتوانی بیماران پس از جراحی آرتروسکوپیک ACL با استفاده از Wii Fit در دو گروه WF و CT استفاده شد و سیستم خبره‌ای طراحی شد که رابط کاربری آن امکان ورود داده، اطلاعات و استنتاجات سیستم خبره را در اختیار کاربر قرار می‌داد که این امر، امکان مقایسه وضعیت بیمار طی هفته‌های مختلف بازتوانی با استفاده از نمودارهای گرافیکی را فراهم می‌آورد. علاوه بر این، سیستم مجزای گزارش‌دهی وضعیت بیمار در ابتدا و انتهای دوره درمانی در قسمت رابط کاربری قرار گرفته بود و بیمار با مشاهده گزارش مزبور، می‌توانست روند بهبودی خود را ملاحظه نماید. از دیگر قسمت‌های رابط کاربری، بررسی میزان پیشرفت روند توان‌بخشی بیمار بود. بر اساس نظر متخصصین پزشکی ورزشی، سیستم نمره‌دهی برای میزان پیشرفت بیماران منظور گردید تا بر اساس میزان پیشرفت طی جلسات بازتوانی نمره ویژه‌ای در خصوص وضعیت توان‌بخشی داده شود و وضعیت بیمار در یکی از پنج حالت بدتر شدن، بدون هیچ‌گونه تغییری، بهبودی اندک، بهبودی متوسط و بهبودی عالی طبقه‌بندی شد.

بر اساس یافته‌های آماری، افراد شرکت کننده در این بررسی همگی از نظر متغیرهای دموگرافیک مانند سن، وزن، قد، BMI (Body Mass Index) و نیز متغیرهای بالینی نظیر درد، تورم و ... کاملاً مشابه بوده و یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که هر دو شیوه درمانی نسبت به قبل از مداخلات موجب بهبود وضعیت بالینی بیماران شده‌اند، لیکن میانگین بهبود پارامترهای مورد مطالعه در گروه WF در مقایسه با گروه CT به مراتب بهتر و بیشتر بود. نتایج مطالعه پس از خاتمه مداخلات حاکی از وجود تفاوت معنادار بین دو گروه از نظر شدت درد، تورم مفصلی، دامنه حرکتی، عملکرد فیزیکی بوده و به نظر می‌رسد که Wii Fitدر بهبود بیماران مؤثرتر از شیوه متداول توان‌بخشی عمل کرده است. در مجموع علل برتری بازتوانی با سیستم Wii Fit را می‌توان به انتخاب بهینه تمرینات ورزشی توسط سیستم خبره براساس شرایط بیماران، ایجاد سطح مناسبی از چالش برای بیمار، ازدیاد تمرکز بیماران در حین انجام ورزش‌ها، اشتیاق بیشتر بیماران برای ادامه برنامه‌های ورزشی، زیاد شدن انگیزه بیماران و دریافت بازخورد مناسب و سریع در حین توان‌بخشی نسبت داد.

بر اساس دانش فعلی ما تا به حال در ایران و جهان از سیستم خبره به‌همراه Wii Fit برای توان‌بخشی بیماران پس از بازسازی ACL استفاده نگردیده؛ لذا امکان مقایسه نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات قبلی وجود ندارد، تنها مطالعاتی که در این زمینه در جهان انجام گرفته یکی توسط Baltaci و همکاران است که بدون استفاده از سیستم خبره بیماران را پس از بازسازی ACL با استفاده از پیوند تاندون همسترینگ در دو گروه روش‌های معمول بازتوانی و توان‌بخشی با Wii Fit مورد مقایسه قرار دادند [۱۴]. برخلاف مطالعه Baltaci و همکاران، نتایج پژوهش حاضر، اختلاف معناداری را بین گروه‌های مورد مطالعه نشان نداد. مطالعه دیگر را Karakoc و همکاران انجام دادند که اثربخشی توان‌بخشی مجازی بر بهبود علائم بیماران پس از بازسازی ACL در دو گروه توان‌بخشی معمولی و مجازی ارزیابی کرده بودند و در خاتمه مداخلات در پیامدهای درد و عملکرد فیزیکی اختلاف معناداری را ملاحظه نکردند [۸]. علت تفاوت در یافته‌های این دو مطالعه با نتایج پژوهش حاضر را شاید بتوان به طراحی سیستم خبره در مطالعه حاضر و انتخاب بهینه ورزش‌ها توسط سیستم مزبور بر اساس شرایط بیمار در طول دوره بازتوانی استناد داد. علاوه بر این، Moustafa Ahmed و همکاران طی مطالعه‌ای اثر ورزش درمانی با Virtual reality games روی گیرنده‌های حس عمقی زانو پس از بازسازی ACL بررسی و اعلام داشت ورزش با Virtual reality game موجب بهبود عملکرد گیرنده‌های حس عمقی می‌شود [۱۸]. در مطالعه Moustafa Ahmed و همکاران متغیرهای بالینی نظیر درد، تورم، دامنه حرکتی زانو بررسی نشده است و صرفاً وضعیت گیرنده حس عمقی ارزیابی گردیده که بدین‌جهت امکان مقایسه نتایج وجود ندارد؛ اما باید خاطر نشان کرد که در هیچ‌یک از سه مطالعه فوق از سیستم خبره برای انتخاب ورزش‌های مناسب درمانی استفاده نشده است؛ لذا امکان مقایسه نتایج این مطالعات وجود ندارد.

در انتها لازم به ذکر است که نظرات بیماران شرکت کننده در گروه WF بسیار مثبت و حاکی از خوشایند و در عین حال سرگرم کننده بودن پروتکل Wii Fit بوده که اشتیاق آنان را برای ادامه بازتوانی در مدت طولانی‌تر بسیار بیشتر کرده بود و با علاقه وافری به انجام تمرینات ورزشی می‌پرداختند، حضور منظم و به موقع بیماران گروه WF نیز مدعی این امر است. علاوه بر این در طول مطالعه هیچ‌گونه نارضایتی و یا عارضه جانبی نیز از سوی شرکت‌کنندگان گزارش نگردید. از مهم‌ترین محدودیت‌هایی این طرح تحقیقی با توجه به پایلوت بودن این

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

پژوهش می‌توان به پایین بودن حجم نمونه، عدم حضور زنان آسیب‌دیدگی ACL در تحقیق و عدم پیگیری بیماران پس از دوره بازتوانی اشاره کرد که علت آن بروز پاندمی کرونا مقارن با انجام تحقیق بوده است. علاوه بر این در دسترس نبودن کارآزمایی‌های بالینی مشابه و مقالات در زمینه این تحقیق از دیگر محدودیت‌های طرح حاضر به شمار می‌آید. بدین‌جهت تکمیل مطالعه حاضر پیشنهاد می‌گردد که مطالعات کنترل شده‌ای با حجم نمونه بیشتر و با حضور زنان با آسیب‌دیدگی مشابه و پیگیری طولانی‌مدت انجام گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که از پروتکل‌های دیگر ورزشی و نیز شیوه‌های دیگر ارزیابی برای بیماران استفاده گردد.

آنچه که از مطالعه حاضر استنتاج می‌گردد، مؤثر بودن برنامه توان‌بخشی ماشین‌محور توسط سیستم خبره با استفاده از Wii Fit در بهبود علائم بالینی و ارتقاء عملکرد بیماران در مقایسه با روش معمول بازتوانی می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد که استفاده از سیستم خبره برای ورزش‌درمانی با سیستم Wii Fit شیوه‌ای مناسب برای توان‌بخشی بیماران پس از بازسازی ACL باشد و می‌توان کاربرد آن را به متخصصین پزشکی ورزشی، طب فیزیک، توان‌بخشی و فیزیوتراپیست‌ها توصیه کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از بخشی از نتایج پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در دانشگاه تربیت مدرس به شماره IR.MODARES.REC.1398.124 است. نویسندگان این مطالعه از زحمات اساتید گروه پزشکی ورزشی دانشگاه علوم پزشکی ایران و نیز کلیه بیماران محترمی که در این مطالعه شرکت نموده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله هیچ تعارض منافع در ارتباط با این تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله ندارند.

References

1. Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. The Journal of bone and joint surgery. J Bone Joint Surg Am 2012;94(19):1737-48. doi: 10.2106/JBJS.K.01246.

2. Moezy A, Olyaei G, Hadian M, Razi M, Faghihzadeh S. A comparative study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. Br J Sports Med 2008;42(5):373-8. doi: 10.1136/bjsm.2007.038554.

2. Van Grinsven S, Van Cingel RE, Holla CJ, Van Loon CJ. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2010;18(8):1128-44. doi: 10.1007/s00167-009-1027-2.

4. Simoneau GG, Wilk KE. The challenge of return to sports for patients post-ACL reconstruction. J Orthop Sports Phys Ther 2012;42(4):300-1. doi: 10.2519/jospt.2012.0106.

5. Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE, Paterno MV, Ford KR, Otten E, Myer GD. Feedback techniques to target functional deficits following anterior cruciate ligament reconstruction: implications for motor control and reduction of second injury risk. Sports Med 2013;43(11):1065-74. doi: 10.1007/s40279-013-0095-0.

6. Costa MT, Vieira LP, de Oliveira Barbosa E, Oliveira LM, Maillot P, Vaghetti CA, Carta MG, Machado S, Gatica-Rojas V, Monteiro-Junior RS. Virtual reality-based exercise with exergames as medicine in different contexts: A short review. Clin Pract Epidemiol Ment Health. 2019; 15: 15–20. doi: 10.2174/1745017901915010015

7. Dias P, Silva R, Amorim P, Lains J, Roque E, Serôdio I, Pereira F, Santos BS. Using virtual reality to increase motivation in poststroke rehabilitation. IEEE Comput Graph Appl 2019;39(1):64-70. doi: 10.1109/MCG.2018.2875630.

8. Karakoc ZB, Colak TK, Zubeyir SA, Polat MG. The Effect of Virtual Rehabilitation Added to an Accelerated Rehabilitation Program After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. Clinical and Experimental Health Sciences 2019;9(2):124-9. doi: 10.33808/clinexphealthsci.564273

9. Laver K, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation: an abridged version of a Cochrane review. Eur J Phys Rehabil Med 2015;51(4):497-506.

10. Adamovich SV, Fluet GG, Tunik E, Merians AS. Sensorimotor training in virtual reality: a review. NeuroRehabilitation 2009;25(1):29-44. doi: 10.3233/NRE-2009-0497.

11. Pan YT, Lamb Z, Macievich J, Strausser KA. A Vibrotactile Feedback Device for Balance Rehabilitation in the EksoGT™ Robotic Exoskeleton. 7th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (Biorob); 2018. Aug 26; Enschede, Netherlands: IEEE; 2018. p. 569-76. doi: 10.1109/BIOROB.2018.8487677

12. Pachoulakis I, Xilourgos N, Papadopoulos N, Analyti A. A Kinect-based physiotherapy and

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

assessment platform for Parkinson's disease patients. Journal of Medical Engineering 2016;2016. https://doi.org/10.1155/2016/9413642

13. Tanaka K, Parker JR, Baradoy G, Sheehan D, Holash JR, Katz L. A comparison of exergaming interfaces for use in rehabilitation programs and research. Loading: The Journal of the Canadian Game Studies Association 2012;6(9): 69-81.

14. Baltaci G, Harput G, Haksever B, Ulusoy B, Ozer H. Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2013;21(4):880-7. doi: 10.1007/s00167-012-2034-2.

15. Fung V, So K, Park E, Ho A, Shaffer J, Chan E, Gomez M. The utility of a video game system in rehabilitation of burn and nonburn patients: a survey among occupational therapy and physiotherapy practitioners. J Burn Care Res 2010;31(5):768-75. doi: 10.1097/BCR.0b013e3181eed23c.

16. Tripathi KP. A review on knowledge-based expert system: concept and architecture. IJCA Special Issue on Artificial Intelligence Techniques-Novel Approaches & Practical Applications 2011;4:19-23.

17. Buchanan BG, Smith RG. Fundamentals of expert systems. Ann Rev Comput Sci 1988;3(1):23-58.

18. Moustafa Ahmed M, Amin W, Amin A, Zaino M, Tohary S, al. Influence of virtual reality games on Knee Proprioception after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (ACLR). Jokull 2020; 69(11):15-35.

19. Bennell K, Dobson F, Hinman R. Measures of physical performance assessments: Self-Paced walk test (SPWT), stair climb test (SCT), Six-Minute walk test (6MWT), chair stand test (CST), timed up & go (TUG), sock test, lift and carry test (LCT), and car task. Arthritis Care Res (Hoboken) 2011;63 Suppl 11:S350-70. doi: 10.1002/acr.20538.

20. Nurdiyanto H, Kuncoro PH. Expert System for Measuring the Sugar-Content in Sugarcane Using Forward Chaining Method. 4th Asian Academic Society International Conference (AASIC); 2016 May 12. p. 522-33.

21. Bacchus F, Ady M. Planning with resources and concurrency: A forward chaining approach. Proceedings of the Seventeenth International Joint Conference on Artificial Intelligence; 2001 Aug 4-10; Seattle, Washington, USA: DBLP; 2001.p. 417-24.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2021; 8(3): 292-303

The Use of Expert System in the Rehabilitation of Patients after Anterior Cruciate Ligament Arthroscopic Surgery: A Randomized Clinical Trial

Abasi Arezoo[1], Kazemnejad Anoshirvan[2]*, Moezy Azar[3], Asosheh Abbas[4]

• **Received:** 14 Jul 2021 • **Accepted:** 03 Nov 2021

Introduction: The Anterior Cruciate Ligament (ACL) plays a vital role in stabilizing the knee. ACL lesions cause joint instability and severe disturbances in physical function and balance. After ACL reconstruction surgery, patients' ability to perform daily activities is significantly reduced and rehabilitation programs are necessary. The objective of the present study was to use an expert system for virtual reality application with the Wii Fit system to run a rehabilitation program in patients after ACL reconstruction.

Method: This pilot study was performed as a randomized clinical trial on 20 eligible patients in two treatment groups over four weeks; one group with an expert system-based program with Wii Fit (WF group) and the other group with a standard rehabilitation program (CT group). In the first phase of the study, an expert system was developed with the help of specialists, then in the clinical phase, all patients were evaluated and rehabilitated. In statistical analysis, paired t-test and independent t-test were used.

Results: Findings from statistical analysis showed significant differences before and after rehabilitation between the two groups in pain ($P<0.001$), joint swelling ($P<0.001$), thigh girth ($P<0.001$), Knee range of motion ($P=0.002$), and functional status of patients with Single-leg hop for distance ($P<0.001$), and Single-leg hop for time ($P=0.014$). The results revealed a significant improvement in patients in the WF group compared to the CT group.

Conclusion: The rehabilitation approach using the expert system for Wii Fit exercises has had significant effects on pain, swelling, range of motion, and patient performance compared to the usual rehabilitation method.

Keywords: Expert System, Anterior Cruciate Ligament, Function, Virtual Reality

• **Citation:** Abasi A, Kazemnejad A, Moezy A, Asosheh A. The Use of Expert System in the Rehabilitation of Patients after Anterior Cruciate Ligament Arthroscopic Surgery: A Randomized Clinical Trial. Journal of Health and Biomedical Informatics 2021; 8(3): 292-303. [In Persian]

1. M.Sc. Student in Medical Informatics, Department of Medical Informatics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Ph.D. in Biostatistics, Professor, Department of Biostatistics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Ph.D. in Physical Therapy, Associate Professor, Department of Sports Medicine, Faculty of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. Ph.D. in Electrical and Electronics Engineering, Assistant Professor, Department of Medical Informatics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
***Corresponding Author:** Anoshirvan Kazemnejad
Address: Department of Biostatistics, Faculty of Medical Sciences, Jalal Ale-Ahmad Highway, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
• **Tel:** 02182883875 • **Email:** kazem_an@modares.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-10]