نشریه پژوهش در توانبخشی ورزشی
دوره ۱، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۲
۵۹-۵۳
WWW.RSR.BASU.AC.IR

طراحی، ساخت، روایی و پایایی دستگاه ایرانی سنجش پرش با سنسورهای اولتراسونیک

هومن مینونژاد[۱*]، رضا رجبی[۲]، امین رضاسلطانی[۳]، علی میرعابدی[٤]

۱. استادیار دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران
۲. استاد دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران
۳. کارشناس مهندسی مکانیک گرایش مکاترونیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۴. دانشجوی دکترای حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی پردیس البرز دانشگاه تهران

دریافت ۵ خرداد ۱۳۹۲؛ پذیرش ۳۰ شهریور ۱۳۹۲

واژگان کلیدی

دستگاه پرش اولتراسونیک

پرش عمودی

پایایی

چکیده

زمینه و هدف: آزمون پرش عمودی معیاری مهم جهت بررسی توان و قدرت انفجاری، بررسی مکانیزم آسیب‌های اندام تحتانی و تخمین زمان بازگشت به ورزش پس از آسیب در ورزشکاران می‌باشد. هدف از مطالعه‌ی حاضر معرفی وسیله جدید طراحی و ساخته شده برای ثبت و آنالیز پرش عمودی به همراه تعیین روایی و پایایی آن می‌باشد.

روش بررسی: دستگاه جدید ساخته شده شامل سنسور مولّد امواج اولتراسوند می‌باشد و دستگاه پس از برخورد امواج اولتراسوند با سر میزان پرش را محاسبه می‌کند. از دستگاه پرش سارجنت یاگامی برای تعیین روایی وسیله‌ی جدید استفاده شد. بدین منظور ۱۵ ورزشکار ملی‌پوش از رشته‌های والیبال، بسکتبال، هندبال به‌صورت در دسترس انتخاب شدند. تمامی نمونه‌ها پنج بار پروتکل پرش عمودی را با دستگاه پرش سارجنت یاگامی و دستگاه پرش اولتراسونیک انجام دادند. برای تعیین روایی دستگاه جدید (بررسی رابطه میان دو دستگاه اندازه‌گیری) از ضریب همبستگی پیرسون و برای بررسی پایایی دستگاه پرش اولتراسونیک از ضریب همسانی درونی (ICC)استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند بین اندازه‌های پرش عمودی حاصل از دستگاه‌های پرش اولتراسونیک و سارجنت یاگامی روایی بالایی وجود دارد (r = ۰/۹۱). همچنین ضریب همسانی درونی بین پنج پرش عمودی بسیار بالا (عالی) به‌دست آمد (ICC=۰/۹۶).

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان دادند که دستگاه پرش اولتراسونیک ساخته شده در سنجش میزان پرش عمودی وسیله‌ای پایا بوده و همچنین دارای روایی بسیار بالا نیز می‌باشد؛ لذا استفاده از این وسیله برای اندازه‌گیری دقیق و سریع میزان پرش عمودی توصیه می‌شود.

* اطلاعات‌نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۲۳۴۸۷۴۲۵

✉ پست الکترونیکی: H.minoonejad@ut.ac.ir

مقدمه

پرش یک حرکت ترکیبی و پیچیده است که نیازمند هماهنگی حرکتی[1]بین بخش‌های فوقانی و تحتانی بدن می‌باشد. پرش عمودی[2]یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین مهارت-هایی است که در بسیاری از ورزش‌ها مثل والیبال، بسکتبال، هندبال و فوتبال انجام می‌گیرد. مقالات متعددی در مورد روش‌های تمرینی متفاوت جهت بهبود توانایی ورزشکاران در پرش عمودی منتشرشده است [۱-۳]. عملکرد اندام تحتانی در حین پرش عمودی به عنوان معیاری مهم جهت بررسی توان و قدرت انفجاری[3] در ورزشکاران به شمار می‌آید و از آن در اندازه‌گیری قدرت و توان انفجاری ورزشکاران استفاده می‌کنند [۴-۵]. از طرف دیگر تست پرش عمودی آزمونی رایج جهت بررسی مکانیزم آسیب‌های اندام تحتانی در تحقیقات است [۶] و همچنین معیاری جهت تشخیص آمادگی بازیکنان برای بازگشت به ورزش پس از توانبخشی آسیب‌های ورزشی می‌باشد [۷].

هدف از آزمون پرش عمودی هر چه باشد مهم‌ترین و ابتدایی‌ترین مطلب اندازه‌گیری صحیح و دقیق میزان پرش می‌باشد. اما با این حال امروزه در بسیاری از موارد تحقیقاتی یا میدانی تنها اندازه‌گیری میزان پرش کافی نبوده و بررسی الگوی پرش، محاسبه‌ی زمان رسیدن به اوج، پریدن به میزان دلخواه بر حسب درصدی از پرش حداکثر و مواردی از این دست، جزء اهداف بسیاری از محققان و متخصصان حیطه‌ی ورزش می‌باشد.

وجود نیازهای فوق نویسندگان مقاله‌ی حاضر را بر آن داشت تا با ابداع و ساخت دستگاهی الکترونیکی بتوانند هم پرش عمودی را با دقت اندازه‌گیری کنند و هم بتوانند پاسخگوی بسیاری از نیازهای محققان و متخصصان در زمینه بررسی و آنالیز نتایج آزمون پرش عمودی باشند.

دستگاه ساخته شده از طریق سنسورهای اولتراسونیک[4] قابلیت آنالیز پرش ورزشکار را داشته و با ارتباط با کامپیوتر به‌صورت آنلاین و آفلاین داده‌های حاصل از آنالیز پرش را در اختیار محقق قرار می‌دهد. از ویژگی‌های منحصر به فرد دستگاه جدید می‌توان به‌دقت بالا (در حد ۵ میلی‌متر)، سادگی استفاده[5]، اندازه‌گیری قد و ارتفاع پرش خودکار، نمایش میزان پرش بر روی چراغ‌های LED نصب شده روی پایه‌ی دستگاه، عدم ایجاد محدودیت برای فرد پرش کننده، قابلیت رسم نمودار پرش به صورت آنلاین و ذخیره آن، قابلیت تبدیل داده‌های حاصل از پرش به سایر فرمت‌های کامپیوتری مانند[6]ASCII جهت آنالیزهای تکمیلی اشاره کرد. لازم به ذکر است این دستگاه برای اولین بار در جهان توسط محققان ساخته شده و مشابه خارجی ندارد.

به‌عنوان یک اصل آکادمیک پس از ساخت و معرفی هر وسیله‌ی جدید اندازه‌گیری ارائه‌ی اطلاعاتی در زمینه‌ی روایی[7] و پایایی[8] آن ضروری می‌باشد. به صورت سنتی متداول‌ترین روش برای اندازه‌گیری پرش عمودی، آزمون پرش سارجنت می‌باشد [۸]. آراگون[9] (۲۰۰۰) به نقل از جانسون و نلسون[10] (۱۹۷۴) روایی آزمون پرش سارجنت را ۰/۹۳ و پایایی آن را نیز ۰/۹۳ گزارش کردند [۹].

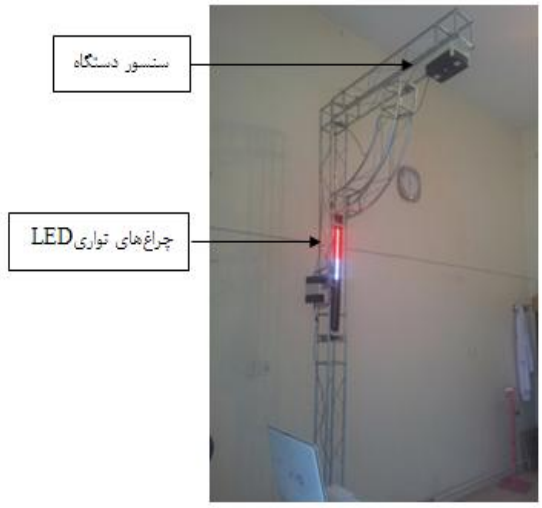
لذا هدف از مطالعه‌ی حاضر معرفی وسیله‌ی جدید طراحی و ساخته شده برای ثبت و آنالیز پرش عمودی به همراه مقادیر عددی روایی (در مقایسه با دستگاه پرش سارجنت به‌عنوان معیاری روا و پایا در اندازه‌گیری پرش عمودی) و پایایی آن می‌باشد.

روش تحقیق

مشخصات دستگاه ساخته شده: دستگاه جدید ساخته شده به نام دستگاه پرش اولتراسونیک شامل سنسوری تولید کننده‌ی امواج اولتراسوند می‌باشد که بر روی پایه‌ای فلزی و سبک که قابلیت جابه‌جایی را دارد، نصب می‌شود. این سنسور اولتراسوند دارای بُردهای کنترلی با میکروکنترلر AVR[11] می‌باشد که قابلیت ارسال امواج به-صورت ۳۰ فریم در ثانیه را داراست. برای برنامه‌ریزی میکروکنترلرها از نرم‌افزارهای کُد ویژن[12] و لَب ویوو[13] استفاده شده است. هنگامی که ورزشکار در زیر دستگاه

1. Motor coordination
2. Vertical jump
3. Explosive power and strength
4. Ultrasound
5. User friendly
6. American Standard Code for Information Interchange
7. Validity
8. Reliability
9. Aragón
10. Johnson and Nelson
11. Advanced Virtual RISC
12. Codevision
13. LabVIEW

تست پرش را انجام می‌دهد این سنسور لحظه به لحظه امواج زیادی را می‌فرستد و این امواج پس از برخورد با سر و بازگشت به سنسور، فاصله‌ی موجود بین سنسور و سر فرد در هر لحظه را محاسبه کرده و دستگاه گراف پرش را به‌صورت آنلاین بر روی کامپیوتر رسم می‌کند. به محض اتمام پرش دستگاه حداکثر میزان پرش عمودی را مشخص می‌کند. بر روی پایه فلزی که سنسور دستگاه روی آن قرار دارد.



شکل ۱: دستگاه پرش اولتراسونیک

چراغ‌های نواری LED به صورت عمودی نصب شده‌اند و هنگامی که ورزشکار می‌پرد این چراغ‌ها با روشن شدن میزان پرش فرد را مشخص می‌کنند (شکل ۱).

نرم‌افزار دستگاه پرش اولتراسونیک توسط محققان نوشته شده و قابلیت نمایش همزمان گراف پرش را دارا می‌باشد. ثبت میزان حداکثر پرش، قابلیت ثبت چندین پرش متوالی، مشخص کردن حداکثر و حداقل پرش در چندین پرش متوالی، کنترل LEDهای دستگاه برای مشخص‌کردن میزان دلخواه پرش توسط ورزشکار، کالیبره کردن سنسورها، ثبت، ذخیره و چاپ گراف پرش‌ها و انتقال داده‌های پرش به دیگر فرمت‌های رایج کامپیوتری جهت آنالیز تخصصی‌تر از خصوصیات نرم‌افزار طراحی شده است (شکل ۲).

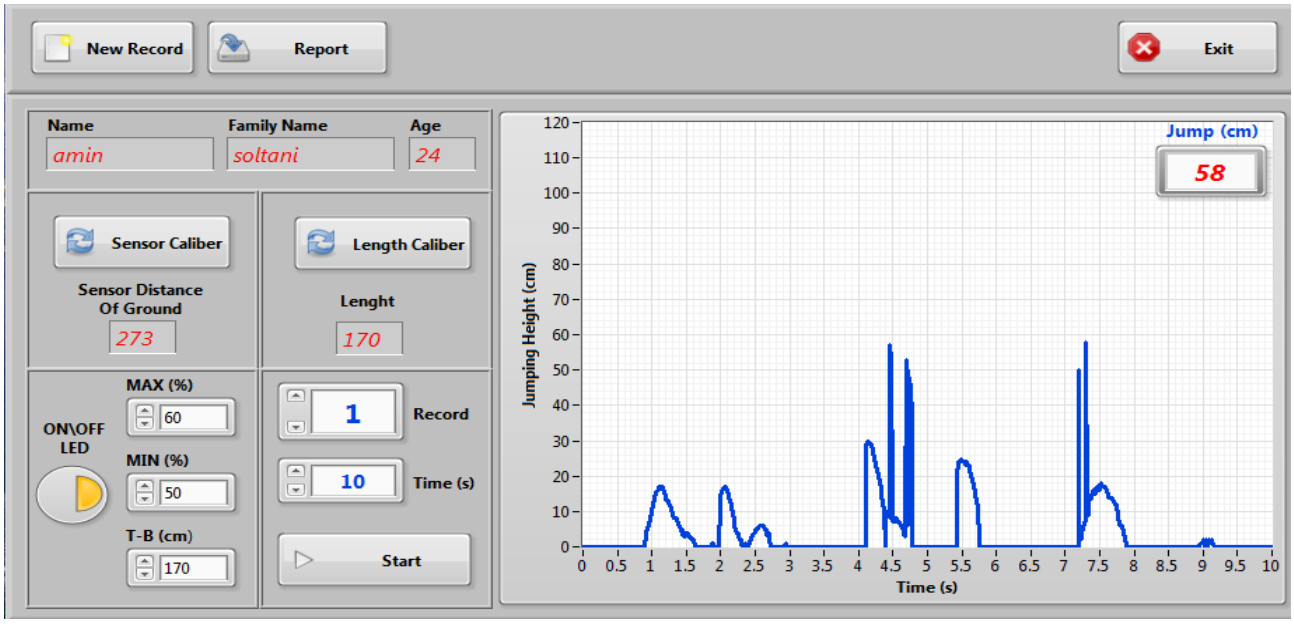
روند اندازه‌گیری: جهت انجام تحقیق حاضر ۱۵ ورزشکار ملی‌پوش از ورزش‌هایی که دارای حرکت پرش هستند (والیبال، بسکتبال و هندبال) به صورت در دسترس انتخاب شدند (قد ۷/۷۶±۱۸۹/۵۳ سانتیمتر، وزن ۱۲/۰۴±۸۲/۲۶ کیلوگرم، سن ۳/۰۱±۲۳/۵۰ سال) و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه وارد تحقیق شدند. معیارهای خروج از تحقیق عبارت بودند از: الف) سابقه‌ی جراحی یا آرتریت در زانو، ب) سابقه‌ای از دررفتگی یا نیمه‌دررفتگی کشکک، ج) درد راجعه از نخاع یا ریشه‌ی اعصاب نخاعی، د) پارگی‌های لیگامانی، آسیب منیسک و کپسول مفصلی و ه) وجود پارگی‌های عضلانی و تاندونی در اندام‌های تحتانی.

برای انجام آزمون دستگاه پرش اولتراسونیک درست بالای دستگاه اندازه‌گیری پرش سارجنت یاگامی[1] مدل YT-150PNS ساخت ژاپن (که برای تعیین روایی وسیله‌ی جدید استفاده می‌شد) نصب گردید. این عمل باعث شد تا اندازه‌ی یک پرش واحد با هر دو دستگاه پرش سارجنت یاگامی و دستگاه پرش اولتراسونیک ثبت شود. در جلسه‌ی اندازه‌گیری نمونه‌ها با شورت ورزشی و بدون کفش حاضر شده و قد و وزن آنها سنجیده می‌شد. پس از اینکه نمونه‌ها از روند تحقیق توسط محققین مطلع می‌شدند به مدت ۱۰ دقیقه با تمرینات کششی و نرم دویدن بدن خود را گرم می‌کردند [۱۰].

برای اندازه‌گیری پرش عمودی بر اساس پروتکل هارمن و همکاران[2] (۱۹۹۱) نمونه‌ها در کنار دیوار به گونه‌ای می‌ایستادند که کنار راست بدن آنها موازی با دیوار بوده و بازو و ساعد خود را به‌صورت کاملاً کشیده در بالای سر خود نگه می‌داشتند [۱۱]. سپس با انگشت میانی و بدون بلندکردن پاها به یونیت دستگاه پرش سارجنت یاگامی ضربه‌ای می‌زدند تا میزان دسترسی اولیه‌ی آنها مشخص شود. سپس از آنها خواسته می‌شد تا با حداکثر توان به‌صورت عمودی بپرند و مجدداً با انگشت میانی ضربه‌ای به یونیت بزنند و بدین‌وسیله دسترسی ثانویه آنها مشخص می‌شد. دستگاه پرش سارجنت یاگامی با کم کردن میزان دسترسی اولیه از ثانویه حداکثر میزان پرش عمودی را مشخص می‌کرد. در حین انجام پرش عمودی توسط نمونه‌ها و همزمان با دستگاه پرش سارجنت یاگامی، دستگاه پرش اولتراسونیک هم پرش را ثبت کرده و اطلاعات مربوط به آن را به‌صورت آنلاین به کامپیوتر انتقال می‌داد. تمامی نمونه‌ها پنج بار و با فواصل استراحت یک دقیقه‌ای پروتکل

1. Yagami
2. Harman et al

پرش عمودی یاد شده را انجام می‌دادند (شکل ۳)[۹]. هر پنج تلاش پرش عمودی برای سنجش پایایی دستگاه پرش اولتراسونیک استفاده می‌شد. همچنین بیشترین میزان پرش عمودی ثبت شده توسط دستگاه‌های پرش سارجنت یاگامی و اولتراسونیک در بین پنج تلاش جهت محاسبه‌ی روایی مورد استفاده قرار گرفت. این امر مطابق با رویکردی است که در تمام ورزش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و بیشترین میزان پرش یک ورزشکار در بین چندین پرش به‌عنوان حداکثر پرش عمودی مورد محاسبه قرار می‌گیرد [۹-۱۰].



شکل ۲: نرم‌افزار دستگاه پرش اولتراسونیک

روش مطالعه‌ی آماری

با توجه به ماهیت داده‌ها و نیز نرمال بودن داده‌های به‌دست آمده توسط آزمون K-S، برای تعیین روایی دستگاه جدید(بررسی رابطه میان دو دستگاه اندازه‌گیری) از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. همچنین برای بررسی پایایی دستگاه پرش اولتراسونیک از ضریب همسانی درونی[1] (ICC) استفاده گردید[۱۲]. کلیه‌ی تجزیه و تحلیل‌های آماری به‌وسیله‌ی نرم‌افزار SPSS (version18)و در سطح معنی‌داری α=۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها

جدول ۱ روایی بین حداکثر پرش‌های عمودی ثبت شده توسط دو دستگاه پرش سارجنت یاگامی و دستگاه پرش اولتراسونیک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود رابطه‌ی معنی‌دار و بالایی بین اندازه‌های پرش عمودی بین دو دستگاه وجود دارد (r=۰/۹۱). همچنین در این جدول خطاهای استاندارد اندازه‌گیری توسط دو دستگاه نیز نشان داده شده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود خطای استاندارد اندازه‌گیری در دستگاه پرش اولتراسونیک (۱/۳۱) پایین‌تر از دستگاه پرش سارجنت یاگامی (۱/۷۱) می‌باشد.

1. Interclass Correlation Coefficient

شکل ۳: نحوه‌ی انجام پرش عمودی

جدول ۱: نتایج آزمون همبستگی پیرسون برای محاسبه‌ی روایی بین دو دستگاه پرش

نوع دستگاه	میانگین± انحراف استاندارد (سانتیمتر)	ضریب تغییرات (٪) (CV)	خطای استاندارد اندازه‌گیری (سانتیمتر)	r	P
دستگاه یاگامی	۶۰/۰۶±۶/۳۴	۱۰/۵۵	۱/۷۱	۰/۹۱	۰/۰۰۱
دستگاه اولتراسونیک	۵۶/۲۶±۶/۵۰	۱۱/۵۵	۱/۳۱		

جدول ۲ میانگین میزان پرش‌ها در پنج بار تلاش به‌همراه ضریب پایایی بین این پنج تلاش در دستگاه پرش اولتراسونیک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ضریب همسانی درونی بین پنج تلاش بسیار بالا (عالی) می‌باشد (ICC=۰/۹۶).

همچنین مشخص شد بین اندازه‌های پرش عمودی ثبت شده توسط دستگاه پرش اولتراسونیک در این پنج تلاش رابطه‌های معنی‌دار به همراه ضرایب همبستگی بالایی وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۲: نتایج آزمون پایایی دستگاه پرش اولتراسونیک در پنج تلاش پرش

	میانگین±انحراف استاندارد (سانتیمتر)	دامنه (سانتیمتر)	ICC (95% CI)
مجموع پنج پرش	۵۲/۵۸±۶/۱۴	۲۶/۰۰	۰/۹۶ (۰/۹۳ -۰/۹۸)
پرش ۱	۵۳/۷۳±۵/۹۲	۲۰/۰۰	
پرش ۲	۵۱/۷۱±۶/۱۱	۲۱/۰۰	
پرش ۳	۵۰/۸۶±۵/۹۹	۲۰/۰۰	
پرش ۴	۵۲/۶۰±۶/۵۰	۲۳/۰۰	
پرش ۵	۵۴/۰۰±۶/۴۴	۲۴/۰۰	

جدول ۳: ماتریکس ضرایب همبستگی (r) میان پنج بار اندازه‌گیری پرش عمودی با دستگاه پرش اولتراسونیک*

	پرش ۱	پرش ۲	پرش ۳	پرش ۴
پرش ۲	۰/۹۱			
پرش ۳	۰/۸۹	۰/۸۴		
پرش ۴	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۳	
پرش ۵	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۸۴

* تمامی ضرایب همبستگی در سطح $p<۰/۰۵$ معنی‌دار هستند.

بحث

نتایج آزمون همبستگی پیرسون (جهت بررسی روایی دستگاه پرش اولتراسونیک در مقایسه با دستگاه پرش سارجنت یاگامی) نشان داد ارتباط معنی‌داری بین نتایج ثبت شده توسط دستگاه پرش اولتراسونیک و دستگاه پرش سارجنت یاگامی در اندازه‌گیری پرش عمودی وجود دارد ($p<۰/۰۵$). همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود ضریب همبستگی (r) بین نتایج دستگاه پرش اولتراسونیک ساخت محققین و دستگاه پرش سارجنت یاگامی ۰/۹۱ به دست آمده است که با توجه به منابع این میزان ضریب همبستگی نشان‌دهنده‌ی ارتباط بسیار قوی دو وسیله با یکدیگر در اندازه‌گیری میزان پرش عمودی می‌باشد [۱۳-۱۴]. با توجه به نتیجه این آزمون می‌توان گفت دستگاه پرش اولتراسونیک می‌تواند میزان پرش عمودی را با دقتی برابر با دستگاه پرش سارجنت یاگامی اندازه‌گیری کند.

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است میانگین اندازه‌های پرش عمودی حاصل از دستگاه پرش اولتراسونیک حدود ۳/۸ سانتیمتر کمتر از دستگاه پرش سارجنت یاگامی می‌باشد. دلیل وجود اختلاف بین اندازه-های حاصل از دستگاه پرش اولتراسونیک و دستگاه پرش سارجنت یاگامی را باید مربوط به تفاوت نحوه‌ی اندازه‌گیری پرش توسط این دو دستگاه دانست. همان‌طور که در بخش روش تحقیق بیان شد دستگاه پرش اولتراسونیک ساخته محققین بوسیله‌ی امواج ارسالی و بازگشت آنها از سر فرد میزان و الگوی پرش را ثبت می‌کند. دستگاه پرش سارجنت یاگامی با استفاده از ضربه‌ی انگشتان دست فرد پرش‌کننده میزان پرش را مشخص می‌کند. در هنگام ثبت پرش از روی ضربه دست وضعیت تمامی مفاصل اندام فوقانی (شانه، آرنج، مچ و انگشتان) بر روی میزان پرش اثرگذار است [۱۵]. این امر را می‌توان با مقایسه خطای استاندارد اندازه‌گیری دو دستگاه توجیه کرد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود خطای استاندارد اندازه‌گیری دستگاه پرش سارجنت یاگامی ۱/۷۱ می‌باشد در حالی‌که خطای استاندارد اندازه‌گیری دستگاه پرش اولتراسونیک ۱/۳۱ بوده که نشان‌دهنده‌ی خطای کمتر دستگاه پرش اولتراسونیک ساخته محققین نسبت به دستگاه پرش سارجنت می‌باشد. با توجه به مطالب گفته شده می‌توان تفاوت بین اندازه‌های پرش ثبت شده حاصل از دو دستگاه را ناشی از روش‌های متفاوت ثبت پرش دو دستگاه دانست.

علاوه بر داشتن روایی وسیله که یک امر ضروری به‌شمار می‌رود، داشتن پایایی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. داشتن پایایی از جمله ویژگی‌های مهم و ضروری یک وسیله است تا ثبات و تکرارپذیری اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده توسط آن وسیله را مورد اطمینان قرار دهد و با افزایش پایایی، خطای اندازه‌گیری وسیله‌ی اندازه‌گیری کاهش می‌یابد. نتایج آزمون سنجش پایایی نشان داد که ICC دستگاه پرش اولتراسونیک ساخت محققین برابر با ۰/۹۶ می‌باشد (جدول ۲)، پایایی بالای ۰/۹۰ نشان‌دهنده‌ی پایایی خوب (بالا) می‌باشد [۱۳-۱۴]. با توجه به این پایایی بالا می‌توان گفت در زمانی که ورزشکاران با الگوهای یکسان و صحیح بپرند، اندازه‌های حاصل از دستگاه پرش اولتراسونیک در اندازه‌گیری‌های متفاوت دارای نتایج یکسانی خواهد بود. بالا بودن پایایی دستگاه پرش اولتراسونیک باعث می‌شود تا در اندازه‌گیری‌های تحقیقاتی یا میدانی مکرر و با حجم نمونه‌های زیاد که میزان پرش ورزشکاران در زمان‌های مختلف و به دفعات متعدد اندازه

گرفته می‌شود، با اطمینان و تکرارپذیری بالا بتوان از این وسیله استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

روایی بالای (۰/۹۱) دستگاه پرش اولتراسونیک و همچنین خطای استاندارد اندازه‌گیری پایین‌تر این دستگاه نسبت به دستگاه پرش سارجنت نشان‌دهنده دقت و صحت نتایج این دستگاه در اندازه‌گیری میزان پرش عمودی می‌باشد. پایایی بالای (۰/۹۶) دستگاه پرش اولتراسونیک نیز نشان‌دهنده‌ی تکرارپذیری خوب نتایج حاصل از این دستگاه در اندازه‌گیری‌های مکرر می‌باشد که این امری مهم در آزمون‌های ورزشی می‌باشد.

در انتها محققان پیشنهاد می‌کنند با توجه به روایی و پایایی بالای دستگاه پرش اولتراسونیک و همچنین مزایای ویژه‌ی دستگاه در اندازه‌گیری و آنالیز پرش محققان و متخصصان حیطه‌ی ورزش از این وسیله در تحقیقات و ارزیابی‌های ورزشکاران استفاده کنند.

References

[1] Bobbert M.F. and Van Soest A.J., Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. Med Sci Sports Exerc, 1994. 26(8): p. 1012-20.

[2] de Villarreal E.S., Kellis E., Kraemer W.J., and Izquierdo M., Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. J Strength Cond Res, 2009. 23(2): p. 495-506.

[3] Dixon P.G., Kraemer W.J., Volek J.S., Howard R.L., Gomez A.L., Comstock B.A., et al., The impact of cold-water immersion on power production in the vertical jump and the benefits of a dynamic exercise warm-up. J Strength Cond Res, 2010. 24(12): p. 3313-7.

[4] Bosco C. and Komi P.V., Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. ActaPhysiol Scand, 1979. 106(4): p. 467-72.

[5] Bosco C. and Viitasalo J.T., Potentiation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. Electromyogr Clin Neurophysiol, 1982. 22(7): p. 549-62.

[6] Chappell J.D., Creighton R.A., Giuliani C., Yu B ,. and Garrett W.E., Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: risks for noncontact anterior cruciate ligament injury. Am J Sports Med, 2007. 35(2): p. 235-41.

[7] Prentice W.E., Rehabilitation techniques for sport medicine and athletic training. Fifth ed. 2011, New York: McGraw Hill.

[8] Johnson B.L. and Nelson J.K., Practical Measurements for Evaluation in Physical Education. 1969.

[9] Aragón L.F., Evaluation of four vertical jump tests: Methodology, reliability, validity ,and accuracy. Measurement in physical education and exercise science, 2000. 4(4): p. 215-228.

[10] de Salles P.G., Vasconcellos F.V., de Salles G.F., Fonseca R.T., and Dantas E.H., Validity and reproducibility of the sargent jump test in the assessment of explosive strength in soccer players. J Hum Kinet, 2012. 33: p. 115-21.

[11] Harman E.A., Rosenstein M.T., Frykman P.N., Rosenstein R.M., and Kraemer W.J., Estimation of human power output from vertical jump. The Journal of Strength & Conditioning Research, 1991. 5(3): p. 116-120.

[12] Hopkins W.G., Measures of reliability in sports medicine and science. Sports Med, 2000. 30(1): p. 1-15.

[13] Muijs D., Doing quantitative research in education with SPSS. 2010: Sage.

[14] Pallant J., SPSS survival manual: version 12. 2004: Open University Press.

[15] Adams T., Worley D., and Throgmartin D., An investigation of selected plyometric training exercises on muscular leg strength and power. Track Field Q Rev, 1984. 84: p. 36-9.