پژوهش در علوم ورزشی شماره ۲۳، تابستان ۱۳۸۸، صص ۵۸- ۴۱

رابطهٔ برخی از پارامترهای ایزوکینتیک در مفاصل مچ پا و زانو با حداکثر ارتفاع پرش عمودی

دکتر حیدر صادقی[۱]، محمد بخشی پور[۲]، مهدی خالقی[۳]، علی عباسی[۴]

۱. دانشیار دانشگاه تربیت معلم تهران
۲، ۳ ، ۴. کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی

تاریخ دریافت: ۸۷/۵/۴ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۲

چکیده

هدف از انجام مطالعهٔ حاضر، بررسی ارتباط بین برخی مفاصل و پارامترهای ایزوکینتیک اندام تحتانی با حداکثر ارتفاع پرش عمودی به صورت جفت پا و تک پا بوده است، در این تحقیق تعداد ۲۸ نفر از دانشجویان مرد ورزشکار به طور داوطلبانه شرکت کردند. پارامترهای ایزوکینتیک اندام تحتانی اوج گشتاور، زمان رسیدن به اوج گشتاور، زاویهٔ دستیابی به اوج گشتاور، زمان شتاب‌گیری، توان متوسط و میزان توسعهٔ اوج گشتاور در مفاصل زانو و مچ پای برتر آزمودنی ها توسط دستگاه ایزوکینتیک در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و۱۸۰ درجه بر ثانیه و حداکثر پرش عمودی آزمودنی‌ها به صورت جفت پا و تک پا با استفاده از دستگاه سارجنت اندازه گیری شد. به منظور تحلیل داده‌ها، از آزمون‌های ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون چند متغیره در سطح معنی‌داری $\alpha \leq ۰/۰۵$ استفاده شد. رابطه معنی‌داری بین اکثر پارامترهای مفاصل زانو و مچ پا در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه به غیر از زاویهٔ دستیابی به اوج گشتاور با ارتفاع پرش عمودی جفت پا و تک پا، در سطح $\alpha \leq ۰/۰۵$ مشاهده شد. برای پرش عمودی جفت پا در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه، میزان واریانس تبیین شده توسط مجموع پارامترهای مفصل زانو (R^2 =۰/۶۵ و P =۰/۰۰۰۱) و برای مجموع پارامترهای مفصل مچ پا (R^2 =۰/۵۱ و P =۰/۰۰۱) به‌دست آمد. برای پرش عمودی تک پا در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه، میزان واریانس تبیین شده توسط مجموع پارامترهای مفصل زانو (R^2 =۰/۴۵ و P =۰/۰۱۵) و برای مجموع پارامترهای مفصل مچ پا (R^2 =۰/۵۳ و P =۰/۰۳۶) به‌دست آمد. نتایج این تحقیق اهمیت و نقش بیشتر مفصل زانو در اجرای پرش عمودی جفت پا و مفصل مچ پا را در اجرای پرش عمودی تک پا برجسته کرده است.

کلیدواژه‌های فارسی: پارامترهای ایزوکینتیک، اندام تحتانی، پرش عمودی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

در ۵۰ سال گذشته، افزایش قدرت عضلانی برای اجرای بهتر مهارت‌های ورزشی موضوع مورد توجهی بوده که در خصوص آن تحقیقات بسیاری به عمل آمده است، اما در زمینهٔ توسعهٔ توان انفجاری و تأثیر آن در عملکرد ورزشی اطلاعات کمتری در دست است. با توجه به اهمیت دستیابی به حداکثر ارتفاع در مهارت پرش عمودی به عنوان تست توان انفجاری و مکانیزم تداوم در دستیابی و نگهداری حداکثر ارتفاع در طول فعالیت‌های ورزشی چون والیبال، بسکتبال و هندبال، توجه محققان از جنبه‌های متفاوتی به شناسایی و مطالعهٔ متغیرهای تأثیرگذار بر ارتفاع پرش عمودی متفاوتی معطوف شده است. از آنجایی که ارتفاع پرش عمودی، تحت تأثیر متغیرهای آناتومی عملکردی(عضلات، مفاصل، استخوان‌ها و سیستم عصبی)، مکانیک (قوانین فیزیکی حاکم بر آناتومی عملکردی) و فیزیولوژیکی(تار عضله) قرار دارد، شناسایی این ویژگیها نقش تعیین کننده‌ای را در افزایش ارتفاع پرش عمودی به عنوان تست توان انفجاری پا ایفا می‌کنند (۵،۳،۲).

از جمله دلایلی که موجب شده است تا ورزشکاران نتوانند در رشته‌های ورزشی خاص به حداکثر قابلیت خود در پرش عمودی برسند، می توان به عدم توجه به عوامل تأثیرگذار بر پرش عمودی یا توجه بیش از حد بر جنبه‌های خاصی از مهارت اشاره کرد(۴،۳). عدم آگاهی از تکنیک‌های صحیح در حرکت پرش و همچنین عدم به‌کارگیری حرکت‌های مناسب تمرینی برای تقویت عضلات درگیر در پرش و یا استفاده از روش‌های تمرینی معمولی، تکراری و بسیار خسته کننده بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فاکتورهای بیومکانیکی تأثیرگذار در آن رشته ورزشی خاص، از جمله مواردی است که موجب تمرین زدگی، پایین آمدن سن قهرمانی، آسیب‌دیدگی‌های مکرر و همچنین عدم موفقیت ورزشکار در سطوح مختلف رقابتی شده است (۴،۱).

از آنجایی که ارتفاع پرش عمودی به فرآیندهای فیزیولوژیکی سیستم‌های عصبی– عضلانی و پارامترهای کینتیکی و کینماتیکی وابسته می باشد (۱۴،۱۳،۱۱،۷)، بررسی عوامل تأثیرگذار در اجرای بهینه پرش عمودی که به عنوان حرکت عمودی مرکز ثقل در فضا به واسطهٔ اعمال نیرو در زمان تماس با زمین تعریف می‌گردد (۲۱،۱۶،۱۴) و در اجرای مهارت‌هایی چون والیبال و بسکتبال که دستیابی به ارتفاع بیشتر بر میزان موفقیت تأثیرگذار می‌باشد، مورد توجه محققان قرار گرفته است. برخی از پارامترهای ایزوکینتیک تأثیرگذار بر اجرای حرکات ورزشی که در مورد آن در زمینه‌های گوناگون تحقیقات بسیاری به عمل آمده است، شامل: اوج

(PT)[۱]، زمان رسیدن به اوج گشتاور(TTPT)[۲]، درجهٔ رسیدن به اوج گشتاور(ATPT)[۳]، توان متوسط[۴](AP) ، زمان شتاب‌گیری(AT)[۵] و میزان توسعهٔ اوج گشتاور(ROPTD)[۶] می‌باشند. به عنوان مثال، اجرای بهینهٔ پرش عمودی به عنوان یک حرکت توانی، تحت تأثیر پارامترهای ایزوکینتیک اندام تحتانی مانند اوج گشتاور و زمان رسیدن به اوج گشتاور قرار دارد (۱۵،۱۰)؛ از همین رو اجرای ضعیف و ناموفق پرش عمودی را می‌توان در نتیجهٔ اختلال، ضعف و عدم هماهنگی بین پارامترهای ایزوکینتیکی ذکر شده جست و جو کرد (۱۱،۱۰).

با توجه به نقش مفاصل و پارامترهای ایزوکینتیکی مختلف در اجرای بهینهٔ انواع پرش‌ها، تحقیقات بیومکانیکی به منظور شناسایی پارامترهای مؤثر مانند PT از جنبه‌های مختلف صورت گرفته است. به عنوان مثال، دویلینگ و واموس[۷] (۱۹۹۳) در تحقیقی که با استفاده از صفحهٔ نیرو انجام شد، پارامتر PT در مفاصل اندام تحتانی را به عنوان یک پیش‌بینی‌کننده عالی برای ارتفاع پرش عمودی گزارش کردند. در تحقیقی دیگر ویکلندر و لایشولم[۸] (۱۹۸۷) با استفاده از دستگاه ایزوکینتیک، رابطهٔ معنی‌داری بین PT عضلات بازکنندهٔ مفصل زانو در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه و ارتفاع پرش عمودی گزارش نمودند؛ اما در هیچ کدام از تحقیقات انجام شده نقش مفاصل مختلف اندام تحتانی مورد بررسی و مقایسه قرار نگرفته‌اند؛ ضمن اینکه نتایج گزارش شده در برخی از مطالعات قبلی نیز متناقض می‌باشد. به عنوان مثال، ویکلندر و لایشولم (۱۹۸۷) رابطهٔ معنی‌داری بین PT عضلات بازکنندهٔ مفصل زانو در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه و ارتفاع پرش عمودی گزارش کردند، اما در تحقیق دستاسو و همکاران[۹] (۱۹۹۷)، پارامتر PT عضلات بازکنندهٔ مفصل زانو، پیش‌بینی‌کنندهٔ ضعیفی برای ارتفاع پرش عمودی اعلام شد. با مروری بر مطالعات، مشاهده می‌شود که بیشتر مطالعات به بررسی نقش پارامترهای ایزوکینتیکی مفصل زانو در ارتفاع پرش عمودی پرداخته اند و نقش مجموع مفاصل و عوامل تأثیرگذار به صورت جامع مورد بررسی قرار نگرفته است. مطالعهٔ رابطهٔ مفاصل و عوامل ایزوکینتیکی دیگری چون AP, ROPTD, AT,

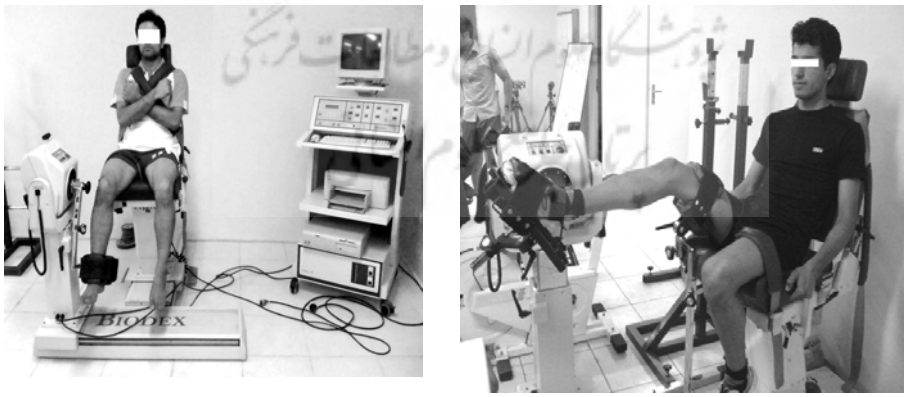
1. Peak Torque(PT)
2. Time To Peak Torque (TTPT)
3. Angle To Peak Torque (ATPT)
4. Average Power (AP)
5. Acceleration Time(AT)
6. Rate Of Peak Torque Development(ROPTD)
7. Dowling & Vamos
8. Wiklander & Lysholm
9. Destaso et al

ATPT. ضمن دستیابی به شناخت جامع‌تر از مکانیزم اجرای مهارت می‌تواند در بازسازی و اصلاح شیوه‌های تمرینی گذشته و یا طراحی شیوه‌های تمرینی جدید مؤثر واقع شود. به همین منظور این مطالعه با هدف بررسی رابطهٔ بین برخی مفاصل و پارامترهای ایزوکینتیک اندام تحتانی با حداکثر ارتفاع پرش عمودی انجام شده است.

روش‌شناسی

در این تحقیق، تعداد ۲۸ دانشجوی رشتهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی با میانگین و انحراف استاندارد سن ۳ ± ۲۴ سال، قد ۷ ± ۱۷۳ سانتی‌متر، وزن ۵± ۷۲ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی ۱/۲ ± ۲۴/۳۱، به طور داوطلبانه شرکت کردند. به منظور دستیابی به حداکثر ارتفاع در پرش عمودی اجرای این مهارت به صورت هرچه بهینه تر توسط آزمودنی انجام می‌گرفت. در این تحقیق، هدف از انجام این تست ثبت حداکثر ارتفاع پرش عمودی آزمودنی بود و نیازی به کنترل سرعت زاویه ای پرش‌ها در انجام این تست وجود نداشت. از این رو کینماتیک حرکت پرش عمودی مورد بررسی قرار نگرفته است.

برای جمع آوری اطلاعات مربوط به پارامترهای ایزوکینتیک اندام تحتانی، آزمودنی روی صندلی مخصوص دستگاه بایودکس قرار می گرفت (شکل ۱) و اندام از بالای مفصل مورد مطالعه توسط نوارهای مخصوص ثابت می شد، به‌طوری‌که در هنگام اجرای حرکت از عضلات عمل کننده در مفاصل دیگر مانند بازکننده‌های مفاصل ران و تنه استفاده نشود. جهت اعمال حداکثر تلاش از سوی آزمودنی، از تشویق کلامی نیز استفاده می‌شد.

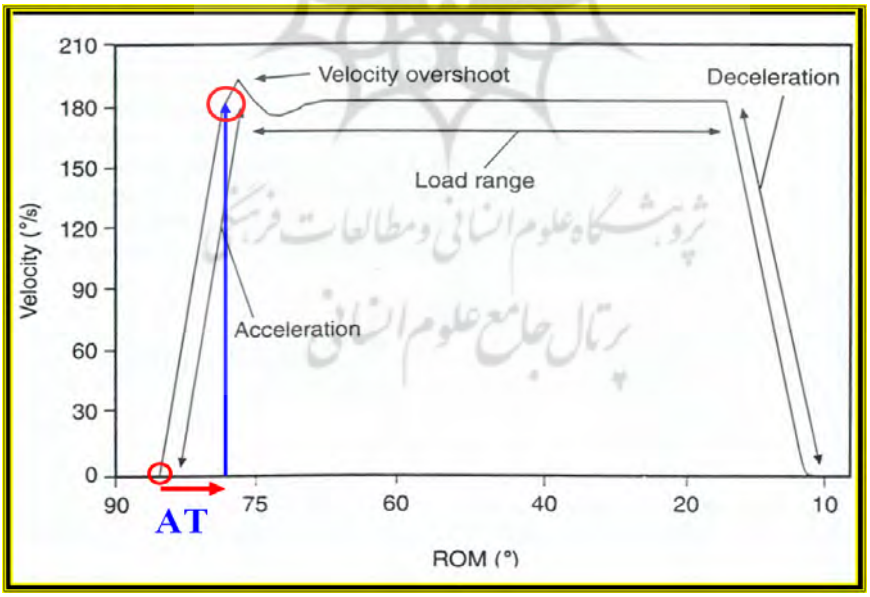


شکل ۱. وضعیت آزمودنی روی دستگاه ایزوکینتیک برای اندازه گیری پارامترهای ایزوکینتیک بازکننده‌های مفاصل زانو و مچ پا.

پارامترهای ایزوکینتیک اندام تحتانی(اوج گشتاور، زمان رسیدن به اوج گشتاور، زاویهٔ دستیابی به اوج گشتاور، زمان شتاب‌گیری، توان متوسط و میزان توسعهٔ اوج گشتاور) در مفاصل زانو و مچ پای برتر - پایی که آزمودنی با آن به توپ ضربه می زند - (۱۰))، توسط دستگاه ایزوکینتیک در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه اندازه گیری شد. کلیهٔ پارامترهای ذکر شده توسط دستگاه ثبت و گزارش نهایی می‌شود. به جز پارامتر میزان توسعهٔ اوج گشتاور که در متن، نحوه محاسبه آن از روی پارامترهایی که دستگاه در اختیار ما قرار می‌دهد، آورده شده است. به عبارت دیگر، این سیستم وضعیت آزمودنی را در مورد پارامترهای ذکر شده، پس از نشستن روی دستگاه و اعمال نیرو بر الصاقهٔ دستگاه، گزارش می‌نماید.

از پارامتر اوج گشتاور به عنوان حداکثر گشتاور عضلانی تولیدی توسط گروهی از عضلات یاد می‌شود. اوج گشتاور به عنوان حداکثر توانایی تولید قدرت نیز محسوب می‌شود و برابر با یک تکرار بیشینه در حالت انقباض ایزوتونیک می‌باشد(تصویر۲). زمان رسیدن به اوج گشتاور، برابر مدت زمانی است که گشتاور تولیدی توسط انقباض عضلانی از صفر به حداکثر میزان تولیدی خود می‌رسد. این پارامتر توانایی عملکردی عضلات به منظور تولید هرچه سریع‌تر گشتاور را نشان می‌دهد (شکل ۲). درجهٔ رسیدن به اوج گشتاور، تحت عنوان نقطه ای از دامنهٔ حرکتی که حداکثر گشتاور در آن نقطه ثبت شده است، تعریف می‌شود. این نقطه بیشتر در حدفاصل میانی از دامنهٔ حرکتی قرار می‌گیرد؛ به عبارت دیگر، این نقطه باید در قسمتی از دامنهٔ حرکتی قرار بگیرد که رابطهٔ طول- تنش در آن نقطه حداکثر باشد. توان متوسط، از تقسیم میزان کل کار انجام شده بر مدت زمان انجام کل کار به‌دست می‌آید. از این پارامتر برای اندازه‌گیری شدت درست میزان کار استفاده می‌شود. همچنین این پارامتر نشان می‌دهد که با چه سرعتی گروه‌های عضلانی قادر به انجام کار در یک دوره زمانی مشخص می‌باشند. زمان شتاب گیری، طول مدت زمانی است که اندام مورد آزمایش، از سرعت زاویه ای صفر به سرعت از پیش تعیین شده توسط دستگاه دست یابد. این پارامتر، همچنین نشان‌دهندهٔ توانایی عصبی- عضلانی گروهی از عضلات برای حرکت یک عضو از وضعیت استراحت به سرعت ایزوکینتیک از پیش تعیین شده است (شکل ۳). میزان توسعهٔ اوج گشتاور، از تقسیم حداکثر گشتاور عضلانی تولیدی بر مدت زمان رسیدن به اوج گشتاور به‌دست می‌آید. این پارامتر، نشان‌دهندهٔ نرخ رشد گشتاور عضلانی از صفر به حداکثر است و از آنجایی که تنها اوج گشتاور عضلانی در آن دخیل نیست، لذا میزان آن با توجه به زمان رسیدن به اوج گشتاور تغییر خواهد کرد. به عبارت دیگر، هرچه مدت زمان رسیدن به اوج گشتاور کمتر باشد، میزان توسعهٔ اوج گشتاور بیشتر و در نتیجه توانایی فرد برای تولید نیرو در مدت زمان کوتاه بیشتر خواهد بود (شکل ۲).

شکل ۲. نمودار گشتاور عضلانی به زمان در یک انقباض ایزوکینتیک، پارامترهای اوج گشتاور و زمان رسیدن به اوج گشتاور



شکل ۳. نمودار سرعت زاویه ای به دامنهٔ حرکتی در یک انقباض ایزوکنتیک و پارامتر زمان شتاب‌گیری

به منظور ثبت حداکثر ارتفاع پرش عمودی، از هر آزمودنی خواسته شد که پرش عمودی را سه بار به صورت جفت پا و سه بار به صورت تک پا، با پای برتر انجام دهد، بیشترین نمره به عنوان حداکثر پرش عمودی آزمودنی ثبت می‌شد. برای تعیین رابطهٔ بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش بین و تعیین سهم نسبی متغیرهای پیش بین (اوج گشتاور مفصل زانو KPT،[۱] زمان رسیدن به اوج گشتاور مفصل زانو KTTPT،[۲] میزان توسعهٔ اوج گشتاور مفصل زانو KROPTD،[۳] توان متوسط مفصل زانو KAP،[۴] زمان شتاب گیری مفصل زانو KAT،[۵] اوج گشتاور مفصل مچ پا APT،[۶] زمان رسیدن به اوج گشتاور مفصل مچ پا ATTPT،[۷] میزان توسعهٔ اوج گشتاور مفصل مچ پا AROPTD،[۸] توان متوسط مفصل مچ پا AAP،[۹] زمان شتاب گیری مفصل مچ پا AAT)[۱۰] از آزمون‌های ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون چند متغیره، روش هم زمان[۱۱] در سطح معنی داری ۰/۰۵ ≥ α استفاده شد.

محدودیت‌های محقق خواسته این تحقیق، شامل جنس آزمودنی‌ها(مردان سالم) و کنترل فعالیت‌های آزمودنی‌ها در فاصله(۷۲ساعت) قبل از اجرای تست بوده است. اما محدودیت‌های غیر قابل کنترل دربرگیرنده وجود تفاوت‌های وراثتی و آناتومیکی، یکسان نبودن نحوهٔ استراحت و نیز سطح آمادگی افراد شرکت کننده، تأثیر فعالیت بدنی گزارش نشده آزمودنی‌ها قبل از اجرای آزمون، عدم ثبت میزان اضطراب و انگیزهٔ آزمودنی‌ها، تاثیر بیماری‌های گزارش نشده از سوی آزمودنی‌ها و تأثیر داروهای مصرفی احتمالی که از سوی آزمودنی‌ها گزارش نشده باشد، بوده است.

نتایج

اطلاعات مربوط به بازکننده‌های مفصل زانو و مچ پا در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه در جدول شمارهٔ (۱) نشان داده شده است. با افزایش سرعت حرکت زاویه‌ای،

---

1. Knee Peak Torque(KPT)
2. Knee Time To Peak Torque(KTTPT)
3. Knee Rate Of Peak Torque Development(KROPTD)
4. Knee Average Power (KAT)
5. Knee Acceleration Time (KAT)
6. Ankle Peak Torque (APT)
7. Ankle Time to Peak Torque (ATTPT)
8. Ankle Rate of Peak Torque Development (AROPTD)
9. Ankle Average Power (AAP)
10. Ankle Acceleration Time (AAT)
11. Simultaneous

t استفاده شده است.

جدول ۱. میانگین و (انحراف استاندارد) پارامترهای مفاصل زانو و مچ پا در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه.

پارامتر	سرعت زاویه‌ای مفصل زانو		سرعت زاویه‌ای مفصل مچ پا	
	۶۰ درجه	۱۸۰ درجه	۶۰ درجه	۱۸۰ درجه
اوج گشتاور (N-m)	۱۸۸* (۳۲)	۱۲۶* (۲۱)	۹۴* (۲۲)	۵۸* (۱۰)
زمان رسیدن به اوج گشتاور(ms)	۴۶۲* (۷۱)	۱۹۳* (۲۸)	۳۳۴* (۶۷)	۱۵۶* (۳۳)
زاویه دستیابی به اوج گشتاور(deg)	۱۱۱ (۶)	۱۱۱ (۹)	۲۹* (۳)	۳۲* (۵)
زمان شتاب‌گیری (ms)	۵۰ (۱۹)	۵۶ (۱۶)	۴۶* (۱۳)	۸۳* (۲۲)
توان متوسط (watt)	۱۱۶* (۲۳)	۲۰۴* (۳۸)	۵۷* (۱۳)	۷۸* (۱۵)
میزان توسعه اوج گشتاور ($N-m.ms^{-1}$)	۴۰۱* (۸۶)	۶۳۷* (۱۴۹)	۲۶۷* (۴۸)	۳۷۵* (۷۱)

*معنی داری در سطح ۰/۰۵

میانگین و انحراف استاندارد حداکثر ارتفاع پرش عمودی آزمودنی‌ها، با انجام تست سارجنت به صورت جفت پا برابر(۵±)۵۲ سانتی متر و به صورت تک پا برابر(۴±)۳۵ سانتی متر بوده است. ضریب همبستگی بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش بین در مفاصل زانو و مچ پا در

همبستگی مثبت بین اوج گشتاور، توان متوسط و میزان توسعهٔ اوج گشتاور مفصل زانو و مچ پا در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه، با پرش عمودی جفت پا و تک پا نشان‌دهنده این است که با افزایش این پارامترها حداکثر ارتفاع پرش عمودی جفت پا و تک پا افزایش می یابد. همبستگی منفی بین زمان رسیدن به اوج گشتاور و زمان شتاب گیری مفصل زانو و مچ پا در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه، با پرش عمودی جفت پا و تک پا نشان‌دهندهٔ این است که با کاهش این پارامترها حداکثر ارتفاع پرش عمودی جفت پا و تک پا افزایش می یابد. همان طور که مشاهده می‌شود، میزان ضرایب همبستگی متغیرهای پیش بین با متغیر ملاک با افزایش سرعت حرکت از ۶۰ به ۱۸۰ درجه بر ثانیه، کاهش می یابد. همچنین میزان همبستگی متغیرهای پیش بین مفصل زانو با پرش عمودی جفت پا، بیشتر از پرش عمودی تک پا است، در حالی که میزان همبستگی متغیرهای پیش بین مفصل مچ پا با پرش عمودی تک پا، بیشتر از پرش عمودی جفت پا می باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲. ضریب همبستگی بین متغیرهای ملاک و پیش بین در مفاصل زانو و مچ پا در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه

پارامتر	سرعت زاویه ای	پرش عمودی جفت پا	پرش عمودی تک پا
اوج گشتاور مفصل زانو	۶۰	۰/۶۹**	۰/۶۱**
	۱۸۰	۰/۶۸**	۰/۴۸**
زمان رسیدن به اوج	۶۰	-۰/۴۵**	-۰/۴۲*
گشتاور مفصل زانو	۱۸۰	-۰/۰۷	۰/۱۸
زاویهٔ دستیابی به اوج	۶۰	۰/۰۴	۰/۱۵
گشتاور مفصل زانو	۱۸۰	۰/۱	۰/۱۶
زمان شتاب‌گیری	۶۰	-۰/۵۹**	-۰/۳۷*
مفصل زانو	۱۸۰	-۰/۴۶**	-۰/۲۵
توان متوسط مفصل	۶۰	۰/۶۹**	۰/۶۰**
زانو	۱۸۰	۰/۶۵**	۰/۵۹**
میزان توسعهٔ اوج	۶۰	۰/۶۴**	۰/۴۸**
گشتاور مفصل زانو	۱۸۰	۰/۲۴	۰/۲۲
اوج گشتاور مفصل مچ	۶۰	۰/۵۴**	۰/۶۲**
پا	۱۸۰	۰/۳۹*	۰/۴۱*
زمان رسیدن به اوج	۶۰	-۰/۵۳**	-۰/۴۱*
گشتاور مفصل مچ پا	۱۸۰	-۰/۳۲*	-۰/۳۷*
زاویهٔ دستیابی به اوج	۶۰	۰/۰۸	۰/۲۲
گشتاور مفصل مچ پا	۱۸۰	۰/۱۲	-۰/۱۸
زمان شتاب‌گیری	۶۰	-۰/۴۰*	-۰/۰۷
مفصل مچ پا	۱۸۰	-۰/۱۳	-۰/۰۵
توان متوسط مفصل	۶۰	۰/۴۷**	۰/۵۸**
مچ پا	۱۸۰	۰/۳۴*	۰/۴۲*
میزان توسعهٔ اوج	۶۰	۰/۲۲	۰/۴۰*
گشتاور مفصل مچ پا	۱۸۰	۰/۲۴	۰/۴۰*

*معنی داری در سطح ۰/۰۵ **معنی داری در سطح ۰/۰۱

با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره، میزان واریانس تبیین شده متغیر ملاک در ارتباط با متغیرهای پیش‌بین در سرعت‌های زاویه‌ای۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه در مفاصل زانو و مچ پا به‌دست آمده که نتایج در جدول شماره (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳. میزان واریانس تبیین شده در ارتباط با پرش عمودی جفت پا و تک پا

	مفصل زانو در سرعت زاویه‌ای		مفصل مچ پا در سرعت زاویه‌ای		مفصل زانو و مچ پا در سرعت زاویه‌ای	
مجموع پارامترهای مرتبط با پرش جفت پا	۶۰	۱۸۰	۶۰	۱۸۰	۶۰	۱۸۰
	KPT, KTTPT, KROPTD, KAP, KAT		APT, ATTPT, AROPTD, AAP, AAT		KPT, KTTPT, KROPTD, KAP, KAT, APT, ATTPT, AROPTD, AAP, AAT	
میزان واریانس R^2	۰/۶۵	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۲۳	۰/۶۹	۰/۶۱
مجموع پارامترهای مرتبط با پرش تک پا	KPT, KTTPT, KROPTD, KAP, KAT		APT, ATTPT, AROPTD, AAP, AAT		KPT, KTTPT, KROPTD, KAP, KAT, APT, ATTPT, AROPTD, AAP, AAT	
میزان واریانس R^2	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۵۳	۰/۴۸

برای پرش عمودی جفت پا، میزان واریانس تبیین شده توسط مجموع پارامترهای مفصل زانو در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۶۵ و P =۰/۰۰۰۱) و در سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۴۹ و P =۰/۰۰۱) به‌دست آمده است. میزان واریانس تبیین شده توسط مجموع پارامترهای مفصل مچ پا در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۵۱ و P =۰/۰۰۱) و در سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۲۳ و P =۰/۰۴۱) به‌دست آمد. میزان واریانس تبیین شده توسط مجموع پارامترهای مفاصل زانو و مچ پا در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه(R^2 =۰/۶۹ و P =۰/۰۰۳) و در سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۶۱ و P =۰/۰۰۲) به‌دست آمده است. برای پرش عمودی تک پا، میزان واریانس تبیین شده توسط مجموع پارامترهای مفصل زانو در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۴۵ و P =۰/۰۱۵) و در سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۳۶ و P =۰/۰۰۴) به‌دست آمده است. در حالی که میزان واریانس تبیین شده توسط مجموع پارامترهای مفصل مچ پا در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۵۳ و P =۰/۰۳۶) و در سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه (۰/۲۷= R^2 و P =۰/۰۴۰) به‌دست آمده است. میزان واریانس تبیین شده توسط مجموع پارامترهای مفاصل زانو و مچ پا، در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۵۳ وP =۰/۰۳۹) و در سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه (R^2 =۰/۴۸ و P =۰/۰۱۹) به‌دست آمده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق بررسی ارتباط بین برخی مفاصل پارامترهای ایزوکینتیک اندام تحتانی با حداکثر ارتفاع دستیابی در حین پرش عمودی به صورت جفت پا و تک پا بوده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، بین پارامتر اوج گشتاور مفصل زانو با پرش عمودی همبستگی بالایی مشاهده شده است. نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات مالیو و همکاران [۱] (۱۹۸۰)، بسکو و همکاران [۲] (۱۹۸۳)، ویکلندر و لایشولم [۳] (۱۹۸۷)، تیلور و همکاران [۴] (۱۹۹۲)، توماس و همکاران [۵] (۱۹۹۶)، تسیاکانوس و همکاران [۶] (۲۰۰۲)، که همبستگی متوسط تا قوی بین ارتفاع پرش عمودی با گشتاور مفصل زانو را در تحقیق خود گزارش کردند، همسو است و با تحقیقات علیائی(۱۳۸۰)، دستاسو و همکاران [۷] (۱۹۹۷)، کوالسکی و همکاران [۸] (۲۰۰۳)، پاسوکی و همکاران [۹] (۲۰۰۱)، مانسکی [۱۰] (۲۰۰۳) که همبستگی ضعیفی بین پارامتر اوج گشتاور با ارتفاع پرش عمودی را گزارش نمودند، همسویی ندارد.

کوالسکی و همکاران (۲۰۰۳) بین اوج گشتاور مفصل زانو با پرش عمودی در سرعت‌های ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه عدم وجود همبستگی و در سرعت ۳۰۰ درجه بر ثانیه رابطه معنی داری را گزارش کرده‌اند. در این تحقیق، بین پارامتر زمان رسیدن به اوج گشتاور مفصل زانو با پرش عمودی همبستگی معکوس و متوسطی مشاهده شده است که با تحقیق کوالسکی و همکاران (۲۰۰۳) که بین زمان رسیدن به اوج گشتاور با پرش عمودی رابطهٔ معنی‌داری به‌دست نیاوردند، همخوانی ندارد. تفاوت مشاهده شده احتمالاً به‌دلیل ناهمگن بودن گروه آزمودنی‌های تحقیق کواسکی به لحاظ فاکتور وزن آزمودنی‌ها می‌باشد. مانسکی و همکاران (۲۰۰۳) همبستگی پایینی بین پارامترهای ایزوکینتیک در سرعت‌های ۶۰ و ۱۲۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه با ارتفاع پرش عمودی گزارش کردند که با نتایج حاصله از تحقیق حاضر همخوانی ندارد. علت ناهمسو بودن نتایج این تحقیق با تحقیق حاضر احتمال دارد به این دلیل باشد که ثبت پارامترهای ایزوکینتیک توسط دستگاه بایودکس در تحقیق مانسکی و همکاران (۲۰۰۳) در

---

[1]. Malliou et al
[2]. Bosco et a.
[3]. Wiklander & Lysholm
[4]. Taylor et al
[5]. Thomas et al
[6]. Tsiokanos et al
[7]. Destaso et al
[8]. Kowalski et al
[9]. Paasuke et al
[10]. Manske

در این تحقیق بین اوج گشتاور مفصل مچ پا با پرش عمودی جفت پا و تک پا همبستگی متوسط تا قوی مشاهده شد که با تحقیق تسیاکانوس و همکاران(۲۰۰۲) ناهمسو بود که همبستگی پایینی را بین این پارامترها گزارش نمودند.

اکثر تحقیقات گذشته به بررسی نقش پارامتر اوج گشتاور مفصل زانو پرداخته اند و نقش پارامترهای معنی دار دیگری همچون توان متوسط زانو، زمان شتاب گیری مفصل زانو، توان متوسط مفصل مچ پا و زمان رسیدن به اوج گشتاور مفصل مچ پا در رابطه با پرش عمودی مورد بررسی قرار نگرفته بود. نتایج تحقیق حاضر همبستگی متوسط تا قوی بین این پارامترها با پرش عمودی جفت پا و تک پا را نشان می دهد. میزان واریانس تبیین شده پرش عمودی جفت پا در ارتباط با پارامترهای مفصل زانو، ۶۵ درصد به‌دست آمد که با نتایج دستاسو و همکاران(۱۹۹۷) ناهمسو بود. دستاسو و همکاران(۱۹۹۷) گزارش نمودند که پارامترهای مفصل زانو پیش بینی کننده ضعیفی برای پرش عمودی محسوب می شوند و تنها اوج گشتاور مفصل زانو ۲۳ درصد از واریانس‌ها را تبیین نمود. همچنین میزان واریانس تبیین شده پرش عمودی در ارتباط با مجموع پارامترهای مفاصل زانو و مچ پا ۶۹ درصد به‌دست آمد که با نتایج تسیاکانوس و همکاران(۲۰۰۲) ناهمسو بود که در تحقیق خود تنها ۳۸ درصد از واریانس پرش عمودی در ارتباط با گشتاور مفاصل ران، زانو و مچ پا را گزارش نمودند. این احتمال وجود دارد که میزان کم واریانس تبیین شده به این دلیل باشد که در تحقیق تسیاکانوس و همکاران تنها میزان واریانس در ارتباط با اوج گشتاور مورد بررسی قرار گرفته است، در حالی که در تحقیق حاضر میزان واریانس تبیین شده در ارتباط با مجموعه ای از پارامترها بوده است. از این رو به نظر می رسد که مجموعه ای از متغیرهای پیش بین معنی دار میزان واریانس بالاتری را تبیین خواهد نمود.

ضریب همبستگی و میزان واریانس تبیین شده توسط پارامترهای معنی دار در مفاصل زانو و مچ پا با افزایش سرعت حرکت از ۶۰ به ۱۸۰ درجه بر ثانیه، کاهش می یابد. کواسکی و همکاران گزارش نمودند که با افزایش سرعت حرکت از ۶۰ به ۳۰۰ درجه بر ثانیه میزان ضریب همبستگی بین پارامترهای مفصل زانو با پرش عمودی افزایش می یابد ولی تنها بین اوج گشتاور زانو در سرعت ۳۰۰ درجه بر ثانیه با پرش عمودی رابطه معنی دار وجود دارد. آنها گزارش نمودند که رابطه دار شدن پرش عمودی با اوج گشتاور زانو در سرعت ۳۰۰ درجه بر ثانیه، به دلیل متشابه شدن این حرکت به یک حرکت توانی مانند پرش عمودی با بالا رفتن

میزان کاهش ضریب همبستگی و واریانس تبیین شده با افزایش سرعت حرکت، در مفصل مچ پا بیشتر از مفصل زانو بود. این امر می تواند در راستای تحقیقات انجام شده در حوزه کینماتیک حرکت پرش عمودی توجیه پذیر باشد. مانکاسی و همکاران [1] (۱۹۹۹) گزارش کردند که در اجرای پرش عمودی سرعت زاویه‌ای بازشدن مفصل زانو بیشتر از مفصل مچ پا می باشد. این موضوع با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد. به این ترتیب که پارامترهای مفصل مچ پا در سرعت زاویه‌ای پایین همبستگی بالاتر و میزان واریانس بیشتری را تبیین نمودند و در سرعت زاویه‌ای بالا همبستگی ضعیفی با پرش عمودی داشته‌اند، در حالی که پارامترهای مفصل زانو در سرعت بالا نیز دارای همبستگی بالایی با پرش عمودی بوده‌اند.

همان طور که مشاهده می‌شود، به دلایل ضریب همبستگی بالاتر، میزان واریانس تبیین شده بیشتر در ارتباط با پرش عمودی جفت پا و مهمتر بودن پارامترهای مفصل زانو که به روش قدم به قدم مشخص شده، نقش مفصل زانو در دستیابی به حداکثر ارتفاع در پرش عمودی جفت پا بیشتر و بارزتر می‌باشد. از آنجایی که هنگام پرش عمودی جفت پا، مفصل زانو به میزان بیشتری از مفصل مچ پا خم می‌شود (۱۸،۱۲،۹)، احتمالاً این خم شدن بیشتر منجر به فعال شدن قوی‌تر چرخه کشش- کوتاه شدن می‌شود و توانایی تولید و اعمال نیرو توسط این مفصل را افزایش می‌دهد.

همچنین به دلایل ضریب همبستگی بالاتر، میزان واریانس تبیین شده بیشتر در ارتباط با پرش عمودی تک پا و مهم‌تر بودن پارامترهای مفصل مچ پا که به روش قدم به قدم مشخص شده، نقش مفصل مچ پا در دستیابی به حداکثر ارتفاع در پرش عمودی تک پا مهم‌تر و مشخص تر است. این احتمال وجود دارد که چون هنگام پرش تک پا فرد انجام پرش را با خم کردن بیشتر مفصل مچ پا انجام می دهد، توانایی این مفصل در تولید و اعمال نیرو به واسطه فعال شدن قوی‌تر چرخه کشش- کوتاه شدن و ذخیره سازی بیشتر انرژی کشسانی را افزایش می دهد و یا اینکه هنگام پرش تک پا از میزان خم شدن مفصل زانو کاسته می شود و میزان نیروی تولیدی

[1]. Mankasi

همان طور که مشاهده می‌شود، اکثر پارامترهای معنی دار از جنس توان یا زیر فاکتورهای توان می‌باشند، از این رو می‌توان بیان کرد که حرکت پرش عمودی بیشتر یک حرکت توانی است تا یک حرکت قدرتی، و همچنین با توجه به نتایج این تحقیق، می توان چنین بیان کرد که مفصل زانو در اجرای پرش عمودی جفت پا از اهمیت بیشتری نسبت به مفصل مچ پا برخوردار است، در حالی که مفصل مچ پا در اجرای پرش عمودی تک پا از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

منابع:

۱. بومپا، تؤدور (۱۹۹۳). زمانبندی و طراحی تمرین قدرتی در ورزش. ترجمهٔ حمید رجبی، حمید آقا علی نژاد و معرفت سیاهکوهیان (۱۳۸۲)، انتشارات فر دانش پژوهان. ص‌ص: ۳۰۵-۳۰۱.

۲. جنسون، کلین (۱۹۸۸). حرکت‌شناسی و بیومکانیک کاربردی در ورزش. ترجمهٔ علیجانیان (۱۳۷۷)، سازمان تربیت بدنی. ص‌ص: ۴۲-۵۵.

۳. جیمز، جی هی (۱۹۷۵). بیومکانیک تکنیک‌های ورزشی. ترجمهٔ جمیل آریایی (۱۳۷۵)، انتشارات جهاد دانشگاهی ماجد. ص‌ص: ۵۰-۶۸.

۴. حسینی، زهرا و کماسی، پرویز (۱۳۷۴). آمادگی جسمانی (تمرینات کاربردی در ورزش). انتشارات سمت. ص‌ص: ۱۳-۲۶.

۵. رابرگز، رابرتو و رابرتس، اسکات (۱۹۹۹). اصول بنیادی فیزیولوژی ورزشی جلد اول. ترجمهٔ عباسعلی گائینی و ولی‌الله دبیدی روشن (۱۳۸۴)، انتشارات سمت. ص‌ص: ۲۴۱-۲۸۱.

۶. علیایی، غلامرضا (۱۳۸۰). بررسی ارتباط نسبت عملکردی قدرت عضلات‌هامسترینگ به کوادریسپس، حداکثر گشتاور و گشتاور زوایای خاص کانسنتریک و اکسنتریک کوادریسپس وهامسترینگ با تست‌های عملکردی. فصلنامهٔ علمی پژوهشی توانبخشی، سال دوم، شمارهٔ هفتم، ص‌ص: ۲۹-۳۶.

۷. بریس، نیکلا؛ کمپ، ریچارد و سنلگار، رزمری (۲۰۰۳). تحلیل داده‌های روان شناسی با برنامهٔ اس پی اس اس. ترجمهٔ خدیجه علی‌آبادی و علی صمدی (۱۳۸۴)، انتشارات دوران. ص‌ص: ۹۵-۱۰۷، ۲۹۱-۳۰۸.

8. Bobbert, M.F., Gerritsen, K.G.M., Litjens, M.C.A., Soest, A.J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. J Med Sci Sport & Exer. 28:1402-1412.

9. Bosco, C., Mognoni P., Luhtanen, P. (1983). Relationship between isokinetic performance and ballistic movement. Eur J Appl Physiol. 51(3):357–364.

10. Bartez, B. (1998). Biomechanical analysis of the vertical jump and identification ground reaction forces related to the vertical jump. Thesis of MS. Nevada University.

11. Destaso, J., Kaminski, T.W., Perrin, D.H. (1997). Relationship between drop vertical jump heights and isokinetic measures utilizing the stretch- shortening cycle. J Isokinetic & Exer Sci. 6:175-179.

12. Dowling, J.J, Vamos, L. (1993). Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. J Appl Biomech. 9:95-110.

13. Haguenauer, M., Legreneur, P. (2005). Vertical jump reorganization with aging: a kinematic comparison between young and elderly men. J Appl Biomech. 21:236-246.

14. Harmon, E.A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N., Rosenstein, R.M. (1990). The effects of arms and countermovements on vertical jumping. J Med Sci Sport & Exer. 22:825-833.

15. Knudson, D. (2003). Fundamentals of biomechanics. Kluwer Academic / Plenum Publishers. New York. Chapter, 4 PP.88-95.

16. Kowalski, C.A. (2003). Correlation between time to peak torque and peak torque to vertical jump in college age athletes. Master of Science Thesis. Marshall University.

17. Linthorne, N.P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force pelatform. Am J Physics. 69:1198-1204.

18. Malliou, P., Ispirlidis, I., Beneka, A., Taxildaris, K., Godolias, G. (2003). Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase of the

training period. J Isokinetic & Exer Sci. 11(3):165-169.

19. Mankasi, B.A. (1999). Biomechanical factors that contribute to vertical jump performance. thesis of PHD. Southern California University.

20. Manske, R.C. (2003). Closed kinetic chain (linear) isokinetic testing: Relationships to functional testing. J Isokinetic & Exer Sci.11(3):171-179.

21. Paasuke, M., Ereline, J., & Gapeyeva, H. (2001). Knee extension strength and vertical jumping performance in Nordic combined athletes. J Sports Med and Physical Fit, 41, 354-361.

22. Seminick, D. (1990). The vertical jump. J Strength Cond Res. 12:68–69.

23. Taylor, J., Brown, J., Chaffin, W. (1992). Relationship between knee isokinetic peak torques and vertical jump performance in selected intercollegiate basketball players. J Athl Train. 27:152-159.

24. Thomas, M., Fiatarone, M.A., Fielding, R.A. (1996). Leg Power in Young women: Relationship to body composition, strength, and function. Med & Sci in Sports & Exerc, 28:1321-1326.

25. Tsiokanos, A., Kellis, E., Jamurtas, A., Kellis, S. (2002). The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. J Isokinetic & Exer Sci. 10(2):107-115.

26. Wiklander, J., Lysholm, J. (1987). Simple test for surveying muscle strength and muscle stiffness in sportsmen. Int J Sports Med. 8:50-55.

پرتال جامع علوم انسانی