

حرکت

شماره ۹ - ص ص : ۴۳-۵۹

تاریخ دریافت : ۸۰/۶/۲۶

تاریخ تصویب : ۸۰/۷/۲۷

## اندازه گیری و بررسی پارامترهای سینماتیکی و سینتیکی پرتاب دیسک در پرتاب کنندگان نخبه کشور

دکتر مرتضی شهبازی مقدم<sup>۱</sup> - دکتر حمید محبی - منصور کارنیا سفارود  
دانشیار دانشگاه تهران - استادیار دانشگاه گیلان - کارشناس ارشد دانشگاه گیلان

### چکیده

در تحقیق حاضر، برخی از عوامل سینماتیکی و سینتیکی که در اجرای پرتاب کنندگان برتر کشور مؤثرند، مورد بررسی و اندازه گیری قرار گرفتند. ۱۰ پرتاب کننده برتر کشور که میانگین و انحراف معیار سن، قد و وزن آنها به ترتیب  $۲۶/۱ \pm ۵/۶۱$ ،  $۱/۸۸ \pm ۰/۰۵۵$  و  $۱۰۷/۲ \pm ۸/۸۹$  بود و در مسابقات لیگ باشگاه های کشور در سال ۱۳۸۰ شرکت داشتند، به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. اجرای این پرتاب کنندگان با استفاده از دو دوربین با شاترهای بالا (۹۰۰۰) از دو جهت فیلمبرداری شد و ارتباط بین متغیرهای مختلف با نتیجه اجرا (برد) به وسیله تجزیه و تحلیل ویدئویی و به کمک مدل های ریاضی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین مسافت پرتاب و متغیرهای سرعت زاویه ای دوران دوم، سرعت رهایی، نیروی گریز از مرکز، کار انجام شده توسط عضلات، توان مصرفی عضلات، گشتاور وارد بر مفصل شانه، مسافت طی شده توسط دیسک در دوران، شعاع دوران، زاویه رهایی و زمان پرواز دیسک، همبستگی معنی داری ( $P < ۰/۰۵$ ) وجود دارد. علاوه بر این، مشخص شد که عامل اصلی افزایش برد، نیروی گریز از مرکز است و نیروی عضلات صرفاً برای کنترل دیسک در هنگام دوران به کار می آید. از طرف دیگر، سرعت زاویه ای در هر مرحله از دوران متفاوت است و زوایای رهایی، وضعی و حمله یک پرتاب کنند باید متناسب با سرعت رهایی او تغییر کند.

## واژه‌های کلیدی

پرتاب دیسک، سرعت زاویه‌ای، زاویه‌ رهایی، زاویه‌ وضعی و حمله، کار و توان مکانیکی.

### مقدمه

می‌دانیم که فیزیک در تمام زندگی انسان‌ها اعم از اینکه با فیزیک آشنا باشند یا خیر، نقش مهمی دارد که از آن جمله می‌توان به موارد تفریحی، حرفه‌ای و حتی اجتماعی اشاره کرد. همه ما به طریق شهودی نمی‌دانیم که چگونه از بدن خود به بهترین وجه استفاده کنیم. حتی بزرگترین ورزشکاران نیز نحوه استفاده از بدن خود را از مربیان خود می‌آموزند. یک زمینه مهم در مطالعه ورزش مدرن، بررسی حرکت قسمت‌های مختلف بدن از لحاظ تشریحی و مکانیکی است. در این خصوص، ارتباط میان جابه جایی، زمان، سرعت و شتاب، همچنین مفاهیم نیرو، کار، انرژی و توان بررسی می‌شود (۴). ورزش در دنیای امروز تنها یک مهارت نیست و ضرورت بکارگیری علم در ورزش ثابت شده است و همان‌طور که شاهد هستیم، سکوهای قهرمانی و مدال‌ها در دنیای بین‌المللی از آن کشورهایی است که از نظر علمی مقامی برتر دارند (۹). در این میان، پرتاب دیسک نیز که یکی از ماده‌های دو میدانی است، مانند هر رشته ورزشی دیگر، اصول و مبانی بیومکانیکی خاصی دارد که توجه به آنها می‌تواند ضریب موفقیت اجرای ورزشکاران را بالا ببرد. در زمینه عوامل سینماتیکی و تکنیک پرتاب دیسک، تحقیقات چندی صورت گرفته است. کوپر، دالز و سیلورمن<sup>۱</sup> (۱۹۵۹) زوایای پرتاب و سرعت رهایی پرتاب‌کنندگان دیسک را بررسی کردند و نشان دادند که زاویه‌ رهایی پرتاب‌کنندگان خوب بین ۳۵ و ۴۵ درجه است و این زاویه با کاهش سرعت رهایی دیسک افزایش می‌یابد، ولی هیچ‌گاه از زاویه ۴۵ درجه فراتر نمی‌رود. آنها زاویه وضعی پرتاب‌کنندگان را بین ۲۵-۳۵ درجه و زاویه حمله را برای این پرتاب‌کنندگان ۱۵ درجه اعلام کردند. زاویه‌ رهایی بین ۳۰ - ۴۰ درجه و زاویه حمله بین ۵ - ۱۰ درجه نیز توسط لوک و ود<sup>۲</sup> (۱۹۶۳) به دست آمد. اختلاف این زوایا در این تحقیقات را می‌توان به ویژگی‌های آیرودینامیکی و پرواز دیسک نسبت داد که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین در این تحقیقات نشان داده شده که از بین عوامل رهایی، سرعت رهایی عامل مهمی است که در افزایش برد دیسک مؤثر است (۸). گنیکر<sup>۳</sup> (۱۹۹۰)، هی

1- Copper, Dalze and Silverman

2- Lokwood

3- Kenicker

و یو<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) نیز در تحقیقات خود به این مسئله اشاره داشته و بیان کردند که سرعت رهایی تأثیر زیادی در تعیین مسافت پرتاب دارد و در اکثر موارد عوامل آیرودینامیکی بر روی پرواز دیسک و مسافت پرتاب اثر می‌گذارد. کنیکر (۱۹۹۳) در تحقیقی دیگر نشان داد که برای دستیابی به مسافت‌های طولانی، به سرعت بالایی نیاز است که در این صورت ورزشکار به توانایی حرکتی نیاز دارد تا بتواند دیسک را با داشتن چنین سرعتی کنترل کند (۱۱،۹). وارد و دیگران<sup>۲</sup> (۱۹۹۲) و کار<sup>۳</sup> (۱۹۹۳) نشان دادند که اختلافات آنتروپومتریک اجرای پرتاب‌کنندگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، یک ورزشکار قد بلند و سنگین با داشتن عضوهای بلندتر در این رشته ورزشی مزیت قطعی دارد (۴ و ۱۵). کنیکر (۱۹۹۳)، هی و یو (۱۹۹۵) و داپنا<sup>۴</sup> (۱۹۹۳) زمان حرکت و سرعت را برای پرتاب‌کنندگان در مراحل مختلف دوران در دایره تا مرحله ضربه بررسی کردند و نشان دادند که بیشتر پرتاب‌های موفقیت آمیز مدت زمان طولانی‌تری پیدا می‌کند که در آن پرتاب‌کنندگان زمان چرخش طولانی‌تری دارند تا بتوانند انرژی الاستیک را در بازوی خود ذخیره کنند. همچنین ورزشکارانی که صاحب مدال می‌شوند، زمان انتقال طولانی‌تر و زمان پرواز کوتاه‌تری دارند و تغییرات سرعت در طی چرخش دوم، مسافت پرتاب را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵).

## روش تحقیق

### آزمودنی‌ها

آزمودنی‌های این تحقیق را ۱۰ نفر از پرتاب‌کنندگان برتر کشور تشکیل می‌دهند که در مسابقات لیگ باشگاه‌های کشور در سال ۱۳۸۰ شرکت داشتند. روش انتخاب آزمودنی‌ها نیز به این شکل بود که ابتدا ۸ نفر راه‌یافته به دور نهایی انتخاب گردیدند و سپس برای کامل کردن تعداد آزمودنی‌ها، ۲ نفر بعدی که رکوردهای پایین‌تر از این ۸ نفر را داشتند، انتخاب شدند، تا مطالعه آماری معنی‌بهتری داشته باشد.

### شیوه اجرا

اجرای این پرتاب‌کنندگان از دو طرف پهلو و بالا با دو دوربین با شاترای بالا فیلمبرداری شد.

1- Hay and Yu

2- Ward, R.D, Ward . P.E

3- Kar

4- Dapena

ابتدا یکی از دوربین‌ها در فاصله ۱۴ متری از دایره پرتاب و در سمت پرتاب و دوربین دیگر در بالای دایره پرتاب در ارتفاع ۴/۵ متری و با زاویه ۱۵ درجه نسبت به دایره پرتاب، بر روی داربستی به طول ۵ متر و عرض ۸۰ سانتی متر قرار گرفت. محدوده دید هر دو دوربین نیز ۴ متر از مرکز دایره در نظر گرفته شد. زمان پرواز دیسک و فاصله پرتاب نیز توسط زمان‌سنج دستی و متر نواری اندازه‌گیری گردید و فاصله مفاصل میچ، آرنج، شانه، جناق تا بند سوم انگشت وسط پرتاب‌کنندگان و همچنین فاصله مهره سوم پشتی تا مهره پنجم کمری آنان نیز با متر نواری اندازه‌گیری گردید. مهره سوم پشتی از طریق متصل کردن دو انتهای استخوان باز و مهره پنجم کمری نیز از طریق شناسایی مهره چهارم کمری و با لمس تاج‌های خاصه در دو طرف لگن شناسایی گردیدند (۱۰).

### مدل‌های ریاضی

از آنجا که در این تحقیق برای به دست آوردن متغیرهای مورد نظر از روش تجزیه و تحلیل ویدئویی و روابط فیزیک استفاده گردیده است، در اینجا به توضیح مدل ریاضی می‌پردازیم. شایان ذکر است که دوران در دایره پرتاب به سه مرحله دوران اول، دوران حالت پرواز، دوران دوم تقسیم شده که اکثر پارامترهای مورد نظر در مرحله دوران دوم و حالت ضربه به دست آمدند. در این تحقیق، چون زمان پرواز دیسک با دقت صدم ثانیه و مسافت پرتاب با دقت صدم متر اندازه‌گیری شده بود، بنابراین زاویه‌هایی نیز با دقت صدم درجه از رابطه زیر محاسبه گردید (شهبازی و بروجنی، ۱۹۹۸):

$$\theta = \text{Arc tg} \frac{gt_f^2}{2R} \quad (1)$$

در این رابطه  $\theta$  زاویه‌های دیسک،  $g$  شتاب جاذبه زمین،  $R$  مسافت پرتاب و  $t_f$  زمان پرواز دیسک است.

زاویه وضعی دیسک نیز با متوقف ساختن فیلم و با کمک ورق ترنس پرنس و نقاله با دقت دهم درجه اندازه‌گیری شد. برای به دست آوردن زاویه حمله نیز، زاویه‌های را از زاویه وضع کم می‌کنیم. سرعت‌هایی از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$V_0 = \frac{R}{t_f \cos \theta} \quad (2)$$

در این رابطه،  $V_0$  سرعت‌های دیسک،  $\theta$  زاویه‌های،  $R$  برد دیسک و  $t_f$  زمان پرواز دیسک است. برای به دست آوردن نیروی گروه عضلات برای کنترل دیسک از رابطه زیر استفاده شد:

$$F_c = m \frac{V^2}{r} \quad (3)$$

در این رابطه،  $F_c$  نیروی گریز از مرکز،  $V$  سرعت رهایی دیسک، شعاع دوران و  $m$  جرم دیسک است. از ترکیب روابط ۴، ۵، ۶ به دست آمد که از آن برای محاسبه نیروی گروه عضلانی که در پرتاب شرکت دارند، استفاده گردید:

$$F = ma \quad (۴)$$

$$a = r\alpha \quad (۵)$$

$$F = mr\alpha \quad (۶)$$

در این روابط،  $F$  نیروی گروه عضلات،  $r$  فاصله مرکز ثقل اندام تا مرکز دوران و  $m$  جرم می‌باشد که برای قسمت‌های مختلف سیستم متفاوت است. برای محاسبه نیرویی که دست و دیسک را جابجا می‌کند،  $m$  جرم دیسک و جرم نسبی دست است. در محاسبه نیرویی که برای جابجایی ساعد یا بازو به کار می‌رود،  $m$  جرم نسبی ساعد یا بازو می‌باشد. در این روابط،  $\alpha$  نیز شتاب زاویه‌ای است که به کمک سرعت زاویه‌ای و رابطه ۸ به دست آمد:

$$w = \frac{V}{r} \quad (۷)$$

$$\alpha = \frac{w}{t} \quad (۸)$$

در این روابط،  $w$  سرعت زاویه‌ای کل دوران،  $V$  سرعت رهایی، شعاع دوران،  $t$  زمان کل دوران است. مقدار گشتاور وارد بر مفاصل درگیر در حرکت نیز از رابطه ۹ حاصل شده  $w$  نیز شتاب زاویه‌ای است که به کمک سرعت زاویه‌ای و رابطه ۸ محاسبه می‌گردد.

$$\tau = F.L \quad (۹)$$

در این روابط،  $\tau$  گشتاور وارد بر مفصل،  $F$  نیروی گروه عضلات درگیر در حرکت و  $L$  فاصله مرکز ثقل تا مفصل مورد نظر است. در محاسبه گشتاور وارد بر کمر،  $F$  نیروی گریز از مرکز و  $L$  فاصله مهره سوم پشتی تا مهره پنجم کمری است. از گشتاور وارد بر مفاصل استفاده شد و کار عضلانی که فرد در دوران انجام می‌دهد، محاسبه گردید.

$$W = \tau.\theta \quad (۱۰)$$

در این رابطه،  $W$  کار انجام شده توسط عضلات در دوران و  $\theta$  زاویه دوران هر اندام حول محور دوران است که برای دوران دست، ساعد بازو و تنه یکسان می‌باشد و از رابطه ۱۱ محاسبه می‌گردد:

$$\theta = \frac{1}{2} \alpha t^2 + w_0 t \quad (۱۱)$$

در این رابطه،  $\alpha$  شتاب زاویه‌ای است که ثابت در نظر گرفته می‌شود،  $t$  زمان کل دوران و  $w_0$  سرعت زاویه‌ای دوران اول است که صفر می‌باشد. برای به دست آوردن کار عضلانی کل دوران نیز از رابطه ۱۲ استفاده شد:

$$W = \int \tau_T d\theta = \tau_T \int_0 \theta = \tau_T \theta \quad (12)$$

در این رابطه،  $W$  کار کل عضلات،  $\tau_T$  گشتاور کل و  $d\theta$  تغییرات زاویه دوران است. همچنین به کمک رابطه ۱۳ می‌توان مصرفی را برای کل عضلات در هنگام دوران به دست

آورد:

$$P = \frac{\int_0 \tau_T d\theta}{t} \quad (13)$$

سرعت و شتاب زاویه‌ای دوران اول پرتاب‌کننده نیز از رابطه‌های ۱۱ و ۱۴ محاسبه شدند:

$$W_1 = \alpha t + w_0 \quad (14)$$

در این روابط،  $\alpha$  شتاب زاویه‌ای دوران اول،  $t$  زمان دوران اول،  $w_0$  نیز سرعت زاویه اولیه است که صفر می‌باشد. برای محاسبه سرعت و شتاب زاویه‌ای دوران مرحله پرواز و دوران دوم نیز از روابط ۱۵ و ۱۶ استفاده شد. با این تفاوت که در مرحله پرواز  $\theta_T = \theta_1 + \theta_2$  و  $T_1 = t_1 + t_2$  و در دوران دوم  $\theta_T = \theta_1 + \theta_F + \theta_2$  و  $T_1 = t_1 + t_F + t_2$  می‌باشد.

$$\theta_T = \frac{1}{\alpha} \alpha t_T \quad (15) \quad W = \alpha t_T \quad (16)$$

مقدار مسافت طی شده توسط دیسک در دوران نیز از رابطه ۱۷ محاسبه می‌گردد:

$$S = r \cdot \theta \quad (17)$$

در این رابطه،  $S$  مسافت طی شده توسط دیسک در دوران،  $r$  شعاع دوران و  $\theta$  زاویه دوران است.

### روش‌های آماری

برای تعیین ارتباط بین متغیرهای مورد نظر، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد و سپس با تبدیل آنها به  $t$  مشاهده معنی‌دار بودن روابط با ضریب اطمینان ۹۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت.

### یافته‌های تحقیق

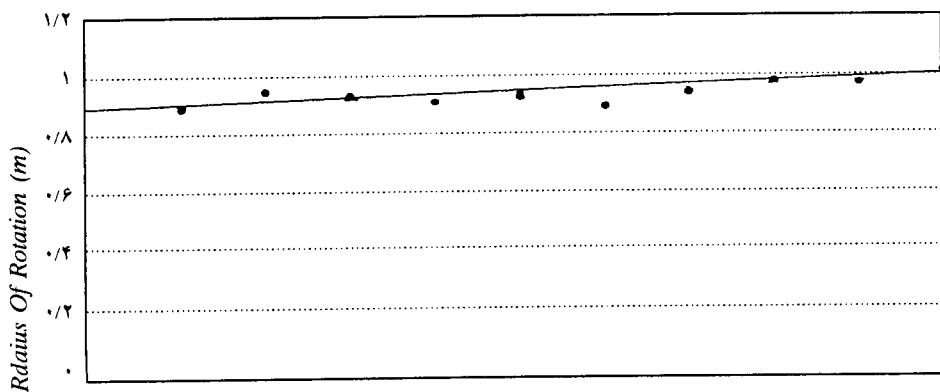
چون هدف از اجرای این تحقیق بهبود برد دیسک می‌باشد، بنابراین هر یک از متغیرهای مستقل مورد نظر در خصوص متغیر وابسته (برد یا مسافت پرتاب) مورد بررسی قرار گرفتند. از بین متغیرهای سینماتیکی، بین سرعت زاویه‌ای دوران دوم، سرعت رهایی، زمان پرواز دیسک، مسافت طی شده توسط دیسک در دوران و مسافت پرتاب ارتباط معنی‌داری به دست آمد. ولی بین متغیرهای سرعت زاویه‌ای دوران اول، سرعت زاویه‌ای دوران مرحله پرواز، زاویه رهایی، زاویه تنه، زاویه وضعی، زمان

هر مرحله از دوران و مسافت پرتاب ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد ( $P < 0/05$ ). در مورد عوامل آنتروپومتریکی نیز بین قد، شعاع دوران و مسافت پرتاب ارتباط معنی‌داری به دست آمد، ولی بین وزن افراد و مسافت پرتاب ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد ( $P < 0/05$ ). در مورد عوامل سینتیکی نیز بین متغیرهای نیروی گریز از مرکز، کار انجام شده توسط عضلات در دوران، توان مصرفی در دوران، گشتاور وارد بر مفصل آرنج، گشتاور وارد بر مفصل شانه و مسافت پرتاب ارتباط معنی‌داری حاصل شد، ولی بین متغیرهای نیروی عضلات درگیر در دوران، گشتاور وارد بر مفصل مچ، گشتاور وارد بر مفاصل کمر و مسافت پرتاب ارتباط معنی‌داری به دست نیامد ( $P < 0/05$ ). نتایج حاصل از این تحقیق به شکل نمودار و جداول در ادامه نشان داده شده است.

جدول ۱- مسافت پرتاب و شاخص‌های آماری مربوط به برخی از مشخصات بدنی آزمودنی‌ها

متغیرها شاخص‌ها	برد (m)	سن (سال)	قد (m)	وزن (Kg)	شعاع دوران (m)
حداکثر	۵۴/۶۷	۳۸	۲/۰۳	۱۲۰	۱/۰۲
حداقل	۳۶/۵۵	۲۱	۱/۸۳	۹۴	۰/۹
$x \pm SD$	$44/78 \pm 5$	$26/1 \pm 5/61$	$1/88 \pm 0/055$	$107/2 \pm 1/89$	$0/494 \pm 0/035$
$r^{**}$			$0/774^{**}$	$0/443$	$0/817^{*}$

\* معنی‌دار بودن در  $\alpha = 0/05$  \*\* ارتباط بین برد و هر یک از متغیرها

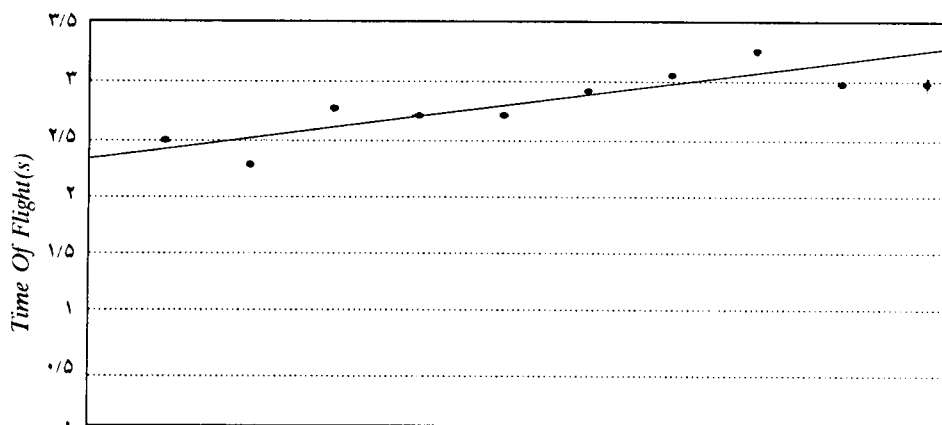


۳۶/۵۵ ۳۸/۴۷ ۴۲/۶۵ ۴۳/۰۲ ۴۳/۳۱ ۴۴/۶۵ ۴۷/۳۸ ۴۸/۳۳ ۴۸/۷۸ ۵۴/۶۷

نمودار ۱- ارتباط بین مسافت پرتاب و شعاع دوران

جدول ۲- متغیرهای حاصل از دوران

$\tau_{we}$ (N.m)	$\tau_{sh}$ (N.m)	$\tau_E$ (N.m)	$\tau_W$ (N.m)	$F_c$ (N)	$F_T$ (N)	$F_A$ (N)	$F_F$ (N)	$F_{D,h}$ (N)	متغیرها شاخص‌ها
۴۷۸/۰۸	۱۲	۸/۹۸	۶/۷۳	۹۸۵/۰۶	۸۶/۲۸	۱۹/۲۹	۲۰/۰۳	۴۳/۲۵	حداکثر
۲۷۳/۵۶	۶/۹۶	۵/۵۱	۴/۱۳	۶۳۶/۱۹	۵۱/۲۸	۱۰/۲۹	۱۱/۴	۲۷/۲۳	حداقل
$۳۸۸/۰۹ \pm ۶۲/۳۳$	$۹/۲۲ \pm ۱/۲۶$	$۷/۰۱ \pm ۰/۹۰۹$	$۵/۲۹ \pm ۰/۷۴$	$۸۹۲/۶۵ \pm ۱۱۳/۸۲$	$۶۹/۰۵ \pm ۹/۶۴$	$۱۵ \pm ۲/۵۷$	$۱۵/۷۷ \pm ۲/۵۴$	$۳۶/۲ \pm ۲/۷۴$	$x \pm SD$
۰/۱۹۲	۰/۷۳۵*	۰/۶۷۲*		۰/۶۱۱*	۰/۴۴۹				$r^{**}$



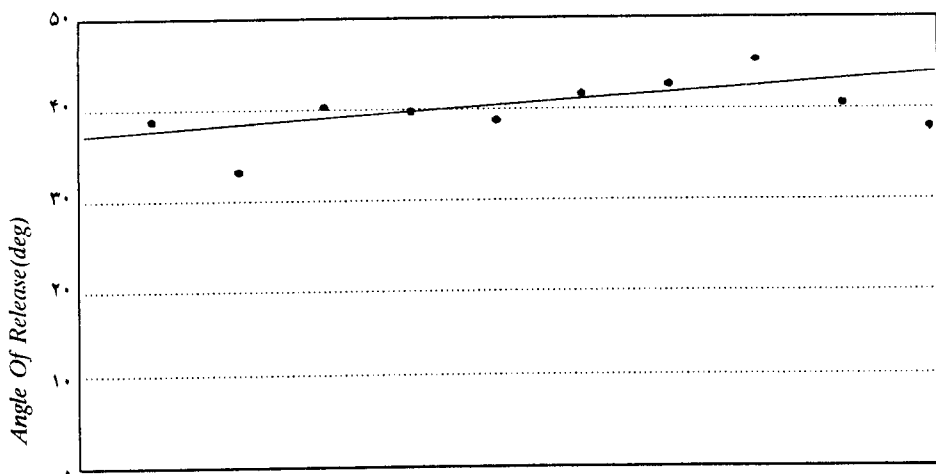
۳۶/۰۰ ۳۸/۴۷ ۴۲/۶۵ ۴۳/۰۲ ۴۳/۳۱ ۴۴/۶۵ ۴۷/۳۸ ۴۸/۳۳ ۴۸/۷۸ ۵۹/۶۷

نمودار ۲- ارتباط بین مسافت پرتاب و زمان پرواز



جدول ۳- متغیرهای سینماتیکی حاصل از دوران

$P_T$ (W)	$P_A$ (W)	$P_F$ (W)	$P_{D.h}$ (W)	$W_T$ (J)	$W_A$ (J)	$W_F$ (J)	$W_{Dh}$ (J)	متغیرها شاخص‌ها
۳۱۰/۰۸	۱۳۴/۲۸	۱۰۰/۴۹	۷۵/۳۱	۴۷۱/۳۳	۲۰۴/۱۲	۱۵۲/۷۴	۱۱۴/۴۷	حداکثر
۱۵۷/۰۲	۶۵/۳۶	۵۱/۷۴	۳۹/۹۱	۲۳۲/۳۹	۹۶/۷۴	۷۶/۵۸	۵۶/۷۴	حداقل
$229/78 \pm 38/68$	$98/47 \pm 17/19$	$74/55 \pm 12/31$	$55/81 \pm 9/38$	$336/91 \pm 65/47$	$142/55 \pm 28/37$	$109/23 \pm 20/75$	$85/84 \pm 15/03$	$\bar{x} \pm SD$
$0/787^*$				$0/867^*$				$r^*$

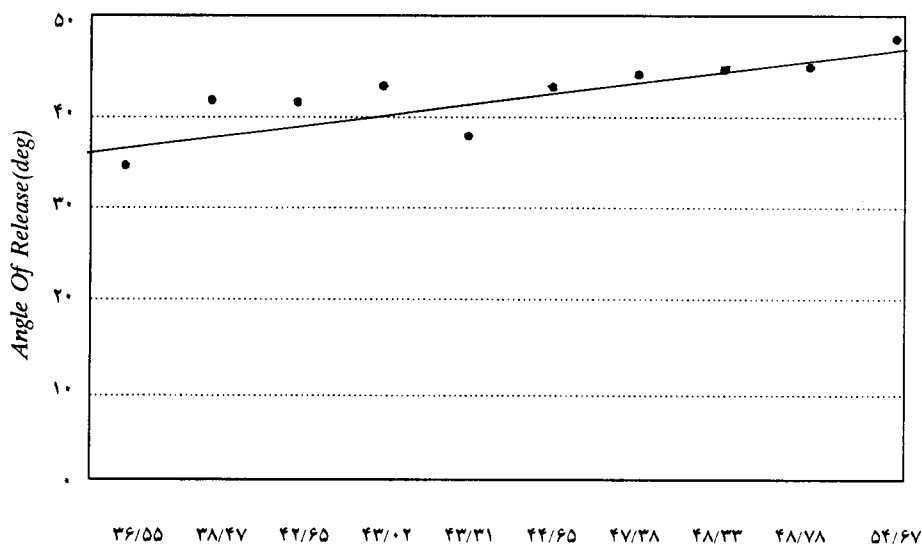


۳۶/۵۵ ۳۸/۴۷ ۴۲/۶۵ ۴۳/۰۲ ۴۳/۳۱ ۴۴/۶۵ ۴۷/۳۸ ۴۸/۳۳ ۴۸/۷۸ ۵۴/۶۷

نمودار ۳- ارتباط بین مسافت پرتاب و زاویه رهایی

جدول ۴- عوامل سینماتیکی به دست آمده از دوران

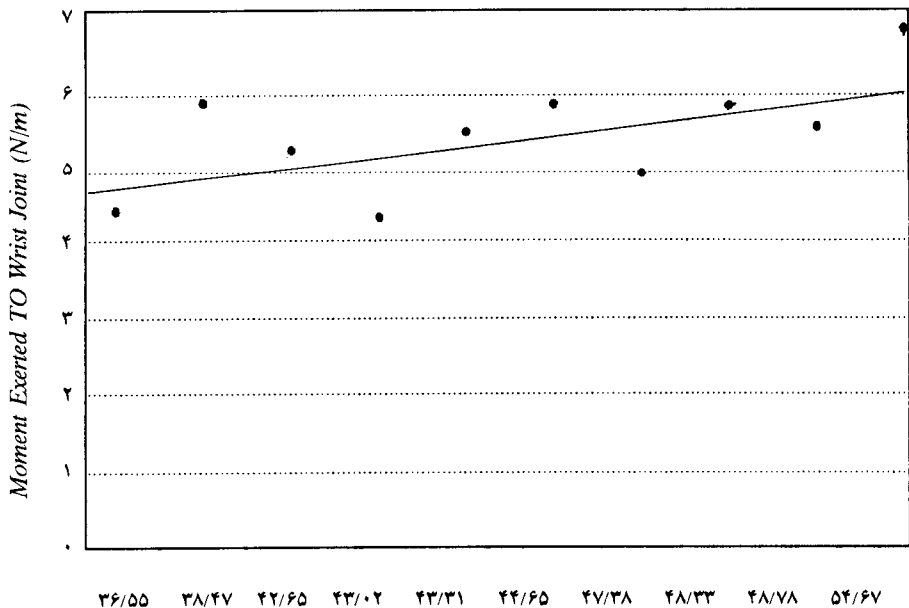
S (deg)	$\theta_{Tr}$ (deg)	$\theta_{Atta}$ (deg)	$\theta_{Atti}$ (deg)	$\theta_{Rel}$ (deg) (N)	$V_0$ (m/s)	$W_2$ (rad/s)	$W_F$ (rad/s)	$W_1$ (rad/s)	متغیرها شاخص‌ها
۱۸/۱۴	۱۶	۱۱/۸	۴۰	۴۸	۲۳/۴۶	۲۳/۱۶	۱۵/۲۱	۱۵/۰۴	حداکثر
۱۲/۵۱	-۳	-۳/۷۳	۳۰	۳۳/۲۷	۱۶/۹۲	۱۸/۸	۱۰/۰۹	۹/۷۷	حداقل
$۱۴/۸۲ \pm ۲/۰۷$	$۸/۱ \pm ۴/۵۲$	$۴/۹۶ \pm ۳/۸۶$	$۳۶/۳ \pm ۲/۵۷$	$۲۱/۳۳ \pm ۲/۶۸$	$۲۰/۶۸ \pm ۱/۷۷$	$۲۱/۷۷ \pm ۱/۴$	$۱۲/۵۲ \pm ۱/۶۲$	$۱۲/۱۲ \pm ۱/۶۲$	$x \pm SD$
۰/۷۴۳	۰/۱۲۷	۰/۵۱	۰/۳۳۵	۰/۴۰۳	۰/۸۵۲*	۰/۷۴۳*	-۰/۵۱۲	-۰/۵۶۳	$r^{**}$



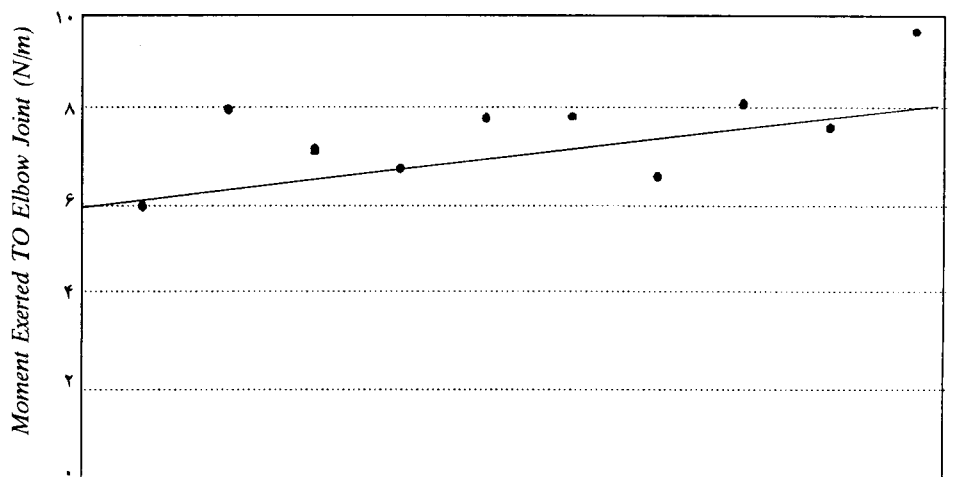
نمودار ۴- ارتباط بین مسافت پرتاب و سرعت رهایی

جدول ۵- زمان پرواز دیسک و زمان هر یک از مراحل دوران

متغیرها شاخص‌ها	TF (S)	$t_1$ (S)	tF (S)	$t_2$ (S)	$t_T$ (S)
حداکثر	۳/۳۱	۱/۱۲	۰/۱۶	۰/۴۸	۱/۶۸
حداقل	۲/۲۷	۰/۶۸	۰/۰۸	۰/۳۶	۱/۲۴
$\bar{x} \pm SD$	۲/۸۳ ± ۰/۲۸۵	۰/۹۱۲ ± ۰/۱۱۹	۰/۱۱۶ ± ۰/۰۲۱	۰/۱۳۶ ± ۰/۰۴۱	۱/۴۶ ± ۰/۱۱۴
r**	۰/۸۰۷*	۰/۵۸۸	۰/۱۵۴	۰/۲۹۴	۰/۴۲

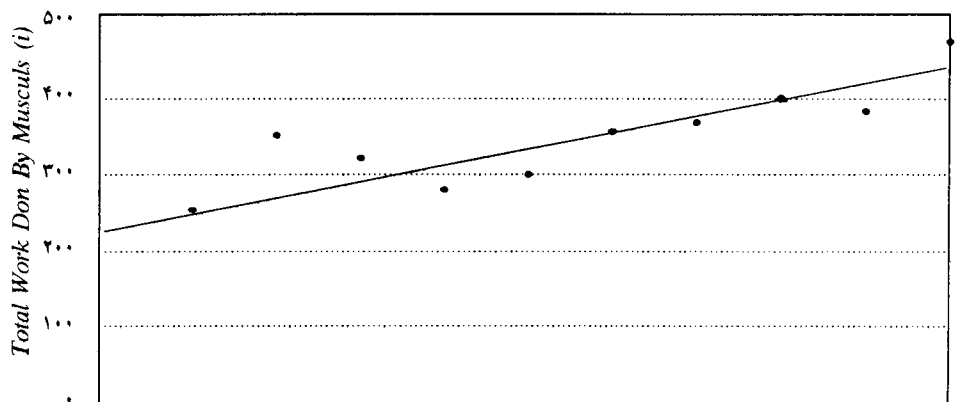


نمودار ۵- ارتباط بین مسافت پرتاب و گشتاور وارد بر مفصل مچ



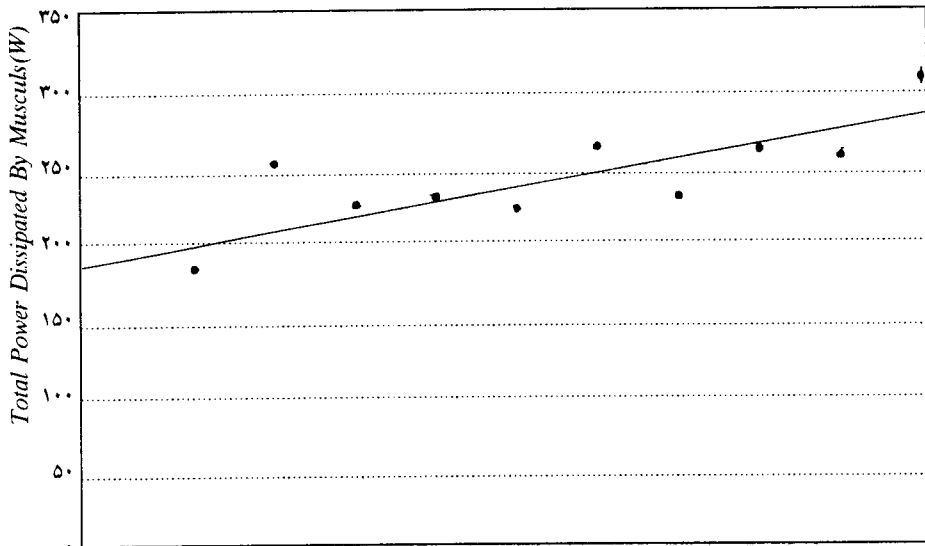
۳۶/۵۵ ۳۸/۴۷ ۴۲/۶۵ ۴۳/۰۲ ۴۳/۳۱ ۴۴/۶۵ ۴۷/۳۸ ۴۸/۳۳ ۴۸/۷۸ ۵۴/۶۷

نمودار ۶- ارتباط بین مسافت پرتاب و گشتاور وارد بر مفصل آرنج



۳۶/۵۵ ۳۸/۴۷ ۴۲/۶۵ ۴۳/۰۲ ۴۳/۳۱ ۴۴/۶۵ ۴۷/۳۸ ۴۸/۳۳ ۴۸/۷۸ ۵۴/۶۷

نمودار ۷- ارتباط بین مسافت پرتاب و کار انجام شده توسط عضلات در دوران



۲۶/۵۵ ۳۸/۴۷ ۴۲/۶۵ ۴۳/۰۲ ۴۳/۳۱ ۴۴/۶۵ ۴۷/۳۸ ۴۸/۳۳ ۴۸/۷۸ ۵۴/۶۷

نمودار ۸ - ارتباط بین مسافت پرتاب و توان مصرفی عضلات در دوران

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که پرتاب‌کنندگان برتر در دوران اول، سرعت زاویه‌ای کمتری نسبت به بقیه پرتاب‌کنندگان دارند و این سرعت با تغییرات اندکی به دوران مرحله پرواز انتقال پیدا کرده و بعد از این مرحله سرعت زاویه‌ای بشدت زیاد می‌شود. افزایش این سرعت در دوران دوم موجب افزایش سرعت خطی دیسک بعد از رهایی شده و سبب می‌شود تا دیسک مسافت بیشتری پرتاب شود.

لوک وود (۱۹۶۳) نشان داد افزایش اولیه سرعت دیسک جدا شدن پای راست ورزشکار از زمین ادامه دارد. این افزایش سرعت به وسیله دورانی که سرعت به‌طور نسبی و پیوسته در آن افزایش می‌یابد، دنبال می‌شود و زمانی که پای چپ زمین را ترک می‌کند (هر دو پا در هوا هستند)، سرعت دیسک کاهش می‌یابد. مدتی بعد از اینکه پای راست کنار دایره به زمین نشست، این کاهش ادامه می‌یابد و هنگامی که پای چپ به زمین می‌نشیند، شتاب زیادی در دیسک به وجود می‌آید و این افزایش شتاب تا زمان رهایی

وسيله ادامه پیدا می‌کند. کنیکر (۱۹۹۴)، فینانگر<sup>۱</sup> (۱۹۶۹)، هی و یو (۱۹۹۵) نیز در تحقیقات خود به این نتایج دست یافته‌اند. با افزایش سرعت رهایی، برد بیشتری برای دیسک به دست خواهد آمد، این سرعت در نتیجه افزایش سرعت زاویه‌ای است که در دوران دوم به دست آمده است. کنیکر (۱۹۹۴) و (۱۹۹۰)، اسکلوتر و نیکس دورف<sup>۲</sup> (۱۹۸۴)، کوپر، دالز و سیلورمن (۱۹۵۹) نیز نشان دادند سرعت رهایی عامل مهمی در تعیین برد پرتاب است.

عامل اصلی حرکت دیسک بعد از رهایی را نیز به نیروی گریز از مرکز می‌توان نسبت داد که در اثر سرعت زاویه‌ای فرد در دوران به وجود می‌آید. از طرف دیگر، نیروی گروه عضلانی که برای کنترل دیسک به کار می‌آیند، با وجود داشتن سرعت زیاد ورزشکار در دوران برای کنترل و نگهداری دیسک به کار می‌رود. کنیکر (۱۹۹۴) نشان داد که یک پرتاب‌کننده دیسک به توانایی حرکتی بالایی نیاز دارد تا بتواند دیسک را با داشتن سرعت زاویه‌ای بالایی کنترل کند. کار عضلانی و توان مصرفی عضلات نیز دو عامل مهم اثرگذار در برد دیسک می‌باشند. نتایج نشان داد که هر قدر ورزشکار بتواند دیسک را در مسافت بیشتری در دایره پرتاب جابه‌جا کند، کار بیشتری انجام داده است که موجب افزایش مسافت پرتاب او می‌شود. همچنین اگر بتواند این کار در زمان کمتری انجام دهد، به نتیجه بهتری دست می‌یابد.

توجه به نتایج به دست آمده از نفرات برتر در این تحقیق نیز این امر را کاملاً آشکار می‌کند. مینگ لی یو و همکارانش (۱۹۹۸) نشان دادند که متوسط توان پرتاب و کار عضلانی که پرتاب‌کنندگان در رویدادهای پرتابی انجام می‌دهند، به سرعت و قدرت پرتاب‌کنندگان بستگی دارد که نشان‌دهنده کار عضلانی در کمترین زمان ممکن است (۱۳).

گشتاور وارد بر مفاصل مچ دست تأثیری در مسافت پرتاب ندارد، ولی گشتاورهای وارد بر مفاصل آرنج و شانه در مسافت پرتاب مؤثرند. این گشتاور برای مفصل شانه نسبتاً بالاست که نشان دهنده درگیر بودن کامل این مفصل در پرتاب است. گشتاور وارد بر مفاصل کمر نیز تأثیر چندانی در افزایش برد دیسک ندارد، ولی نتایج نشان داد که مقدار این گشتاور نسبتاً بالاست و نشان می‌دهد که فشار زیادی بر این مفاصل و دیسک‌های بین‌مهره‌ای وارد می‌شود.

از بررسی متغیرهای آنتروپومتریکی نتیجه شد که شعاع دوران یکی از عوامل اصلی افزایش برد دیسک است. اگر شعاع دوران بزرگ باشد و در سرعت زاویه‌ای که از دوران دوم به دست آمده است ضرب گردد،

موجب افزایش سرعت خطی در لحظه رهایی خواهد شد. کار (۱۹۹۳) نشان داد که یک ورزشکار قد بلند و سنگین با داشتن عضوهای بلندتر در این رشته ورزشی مزیت قطعی دارد. همچنین قد افراد تعیین‌کننده ارتفاع رهایی دیسک است و هر قدر این ارتفاع بالاتر باشد، به فرض مناسب بودن زاویه و سرعت رهایی، دیسک مدت زیادتری در حالت پرواز باقی می‌ماند و برد آن افزایش می‌یابد. داپنا (۱۹۹۳) در تحقیقات خود به این مطلب اشاره داشته است. ولی با توجه به روابط موجود می‌توان نشان داد که یک پرتاب‌کننده نسبتاً کوتاه‌قد می‌تواند این ارتفاع رهایی را با افزایش سرعت زاویه‌ای دوران دوم جبران کند. همان‌طور که می‌دانیم، برد پرتاب برای این دو پرتاب‌کننده از روابط زیر به دست می‌آید ( $r_1 < r_2$ ):

$$R_1 = \frac{V_{\cdot 1}^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$R_2 = \frac{V_{\cdot 2}^2 \sin 2\alpha}{g}$$

اگر این دو پرتاب‌کننده بخواهند بردهای برابری داشته باشند و به فرض اینکه در زاویه برابری نیز پرتاب کنند، در این صورت:

$$V_{\cdot 1}^2 = V_{\cdot 2}^2 \Rightarrow V_{\cdot 1} = V_{\cdot 2} \Rightarrow r_1 w_1 = r_2 w_2$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{w_1}{w_2} \Rightarrow w_1 = \frac{r_2}{r_1} w_2$$

برای مثال برای دو پرتاب‌کننده ۱۹۰ و ۱۸۰ سانتی‌متری، فرد کوتاه‌قد باید سرعت زاویه‌ای خود را ۵ درصد بیشتر از سرعت زاویه‌ای فرد بلند‌قدتر افزایش دهد تا بتواند بردی برابر برد فرد قدبلند داشته باشد. در این تحقیق، بین وزن و مسافت پرتاب ارتباط معنی‌داری به دست نیامد و نشان می‌دهد که عامل اصلی حرکت دیسک بعد از رهایی، نیروی گریز از مرکز است و ضربه چندانی به پرتاب‌کننده به دیسک وارد نمی‌شود تا نیاز به وزن زیاد برای غلبه بر اندازه حرکت دیسک داشته باشد. علاوه بر این، نتایج تحقیق نشان داد، مسافتی را که دیسک در حین دوران پرتاب‌کننده در دایره طی می‌کند، می‌تواند در افزایش برد پرتاب مؤثر باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که هرچه ورزشکار شعاع دوران بزرگتری داشته باشد و دست خود را بیشتر به عقب تاب دهد تا زاویه دوران را افزایش دهد، دیسک را در مسافت بیشتری جا به جا خواهد کرد این حرکت تاب به عقب دست بنا بر یافته‌های داپنا (۱۹۹۳) کشش بیشتری در عضلات ایجاد می‌کند و انرژی الاستیک عضلات را افزایش می‌دهد و موجب افزایش سریع‌تر حرکت کردن دیسک در

دوران می‌شود.

در این تحقیق بین زوایای رهایی، وضعی، حمله و مسافت پرتاب ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد. دلیل این مسئله را می‌توان به عوامل آیرودینامیکی دیسک در حالت پرواز، جهت باد، قد افراد و میزان سرعت رهایی نسبت داد که با توجه به تغییر هر یک از این عوامل، این زوایا نیز تغییر می‌کنند. ولی با توجه به یافته‌های این تحقیق و نتایج تحقیقات کوپر، دالز، سیلورمن (۱۹۵۹)، تیلور<sup>۱</sup> (۱۹۳۲) لوک وود (۱۹۶۳) کنتز و هروماس و کنسلر<sup>۲</sup> (۱۹۵۸)، می‌توان زاویه رهایی را ۳۰ - ۴۵، زاویه وضعی را ۳۰ - ۴۰ و زاویه حمله را ۱۵ درجه برای پرتاب‌کنندگان پیشنهاد کرد. همچنین زاویه تنه تأثیر چندانی در مسافت پرتاب ندارد، چون ورزشکار در هر زاویه‌ای که تنه خود را قرار دهد، می‌تواند نیروی لازم را وارد کند، ولی بنا بر یافته‌های این تحقیق بهتر است که این زاویه بین ۴ - ۱۲ درجه باشد.

## منابع و مأخذ

- ۱- تندنویس، فریدون. «حرکت شناسی»، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴.
- ۲- فوکس، ادوار دل. «فیزیولوژی ورزشی»، ترجمه غلامرضا مجلسی و حمیدرضا مجلسی، تهران، انتشارات اشارت، ۱۳۷۲.
- ۳- هی، جیمز. «بیومکانیک فنون ورزشی». ترجمه مهدی نمازی‌زاده، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.

4- Carr, G. Human Kinetics, 1997, P :60 .

5- Dapena, J. "Track Technique" (Mounition view Calif. 1993.

6- Finch, A., and Aciel, G. "Kinematic Comparison of the Best ans Worst Throws of the Top mens dscus Performers at 1996 Atlanta Olympic games. Indiana State University" . Proceeding of ISBS, 1998.

7- Gregor, R.J., and Whiting, W.C, and Mecoy, r.W. "Kinematic analysis of Olympic Disus Throwers". International Journal of Sport Biomechanics, 1, P. 131-138.

8- Hay, J.G., "Biomechanic of Sport Techniques", 1984, PP. 480-462.



- 9- Hay, J.G., and Yn, B. "Critical Characteristics of Technique in Throwing the Discuse", Journal of Sport Scilences. London,1993, 13, P. 123-40.
- 10- Kapandji, I.A. "Physiology of the Joinds" (5th ed). Kingdoom Longman Group ltd.1985, 1:39.
- 11- Knicker, A. "Determining Factors International Conference on Technique Athletics" (TLA),1994, 2, P. 670-70.
- 12- Knicker, A. "Kinematic Analyses of the Discus Throwing Competition at the LAAf wold Championships in Athletics". New Studies in Athletics Monaco, 1994, P. 9-16.
- 13- Ming, L., Huob, L., and Yinyzhu, M. "Study of Throwing Weght and Throwing Power for male Discus Throwers". Sandong Anedical University, ISBS, 1998.
- 14- Nelson, R.C. Biomechanic : "Past and Present. Proceeding of The Biomechanics Symposium". Bloominyton. Ind, 1980.
- 15- Ward, R.D., Ward, P.E. "Kinematic and Kinetic Analysis of the Discus throw Technique". Nuova Atletica,1992, PP. 17-23.
- 16- Shahbazi.Mookaddam, M., Brougeni, N. "Anew Giomechanical aspect for Assessing Mechanical Parameters in the Long Jump". Proceedings of XVI International Symposium on Biomechanics in Sports. Konstant - Germany , 1998.