

التحليل البيوميكانيكي لصعود الدرج بطريقتين مختلفتين

**Biomechanical Analysis of Stairs Ascent by Using two Different Methods**

خالد عطيات<sup>1</sup>، واسامة عبد الفتاح\*<sup>2</sup>، و سهى سميرين<sup>3</sup>

**Khaled Atiyat, Osama Abdul Fattah & Suha Simreen**

<sup>1</sup>كلية التربية الرياضية، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن

<sup>2</sup>وزارة التربية والتعليم الاردنية. <sup>3</sup>طالبة دكتوراه، الجامعة الاردنية.

\*الباحث المراسل: بريد الكتروني: osamhsaf-2811@hotmail.com

تاريخ التسليم: (2016/1/2)، تاريخ القبول: (2016/5/12)

**ملخص**

هدفت هذه الدراسة التعرف إلى قيم بعض المتغيرات البيوميكانيكية لصعود الدرج بطريقتين مختلفتين، كذلك استكشاف افضل طريقة لصعود الدرج. وتكونت عينة الدراسة من (ن=4) طلاب اصحاء في كلية التربية الرياضية – الجامعة الاردنية، متوسط العمر (24) عام، ومتوسط الطول (185) سم، ومتوسط الكتلة (89.5) كغم. وتناولت الدراسة المتغيرات الآتية: زوايا انثناء مفاصل الحوض والركبة والكاحل لحظة الاتصال بالدرجة، كذلك اقصى ارتفاع للقدم الامامية، ومسافة القدم غير المرتكزة على الدرجة، بالإضافة الى الشغل المنجز والقدرة في الطريقتين. وتم استخدام طريقتين لصعود الدرج هما (خطوة فوق خطوة وخطوة بخطوة). حيث تم تصوير عينة الدراسة باستخدام كاميرا فيديو نوع سوني (Sony HDR-CX220E) سرعتها (50) صورة /ث، وتم وضعها عاموديا على المستوى الجانبي وعلى بعد (6) م من منطقة اتصال القدم بالدرجة. ولمعالجة البيانات احصائيا تم استخدام المتوسطات والانحرافات المعيارية. واطهرت نتائج الدراسة أن القيم الرقمية لمتغيرات الدراسة كانت مرتفعة مقارنة بالقيم المتحققة في الدراسات السابقة، كذلك تُعد طريقة خطوة بخطوة افضل من الطريقة الاخرى تبعاً للشغل المبذول والقدرة وقيم متغيرات الدراسة. ويوصي الباحثون بضرورة التركيز على تعلم التكنيك الصحيح لصعود الدرج، كذلك يمكن التوصية باستخدام هذه الطريقة لكبار السن تبعاً للقيم الرقمية المتحققة في الدراسة.

**الكلمات المفتاحية:** التحليل البيوميكانيكي، صعود الدرج، طريقة خطوة فوق خطوة، طريقة خطوة بخطوة.

## Abstract

This study aimed at identifying the values of some biomechanical variables to stair ascent in two different ways, as well to explore the best style stairs ascent. The study sample consisted of (n=4) healthy students in the Faculty of Physical Education at The University of Jordan. Individuals (average age 24 years, and the average of height 185 cm, and the average of mass 89.5 kg). The study examined the angles of flexion joints (hip, knee, and ankle) at the moment of contact flattened, as well maximum height of the front feet, and the distance of the foot is based on stair, and the work done and power in the two methods. The researchers utilized two different techniques in stairs ascent (step over step, step by step). The study sample was videotaped by using Sony video camera (Sony HDR-CX220E) reached speed (50) frame/s. The study results showed that the values of the variables of the study was relatively high compared to the values achieved in previous studies, as well as the step by step technique used in stairs ascent was better than the other technique depending on the work done, the power and the values of the variables in this study. The researchers recommends the importance of necessity to learn correct technique for stairs ascent, as well as using step- by- step technique for the elderly people depending on values of the achieved variables.

**Keywords:** Stairs Ascent, Biomechanical Analysis, Step- Over-Step, Step-By-Step

## مقدمة الدراسة وأهميتها

يعتبر الدرج (السلم) جزءاً رئيساً من الفن المعماري قديماً وحديثاً، والذي يهدف للوصول إلى ارتفاعات عالية لاستغلال مساحات قابلة للاستخدام أكثر، نتيجة لزيادة عدد السكان، وهذا يتطلب التوسع العمراني عامودياً وليس أفقياً. لذلك يعتبر صعود الدرج ونزوله نشاطاً مهماً جداً؛ ويعود السبب في ذلك كونه يدخل في كثير من الأنشطة اليومية للإنسان. ومع ذلك قد يشكل خطراً محتملاً على الإنسان نتيجة لتكرار هذا النشاط؛ لأنه يتطلب طاقة أعلى للعضلات التي تقوم بسحب الجسم ضد الجاذبية الأرضية، والمحافظة على التوازن عند الانتقال من خطوة لأخرى (Sarah, et al.2007).

ويشير (Petrick, et al. 2002) إلى أن الضغط على مفصل الركبة في صعود الدرج ونزوله يصل إلى (2-4) أضعاف وزن الجسم مقارنة بالمشي، كذلك تتحمل الرضفة نتيجة لقوة اتصال القدم بالأرض (8) أضعاف مقارنة بالمشي. وعليه فإن تحليل حركة الإنسان وفهم كينماتيكية مفاصل الطرف السفلي من جسم الإنسان خلال أنشطة الحياة اليومية يوفر دعماً عالياً للهيكل العظمي ليساهم بدوره مع باقي أجهزة الجسم بتقليل القوى الواقعة عليه وعلى مفاصل الجسم المختلفة كقوة رد الفعل (FG) والقوة التوتيرية على الرضفة (FP)، وقوة رد فعل المفصل (FJ). وبالتالي المساعدة في الوقاية من أمراض المفاصل وكذلك في علاجها. وفي هذا المجال يشير (Hughes, et al. 2004) إلى أن زاوية انثناء مفصل الحوض لحظة ملامسة القدم للدرجة تتراوح ما بين (62.2-72)، وزاوية مفصل الركبة تتراوح ما بين (54.3-66.8)، وزاوية مفصل الكاحل (9.5-21.1)، كذلك يشير (Hsiu, et al.2004) إلى أن زاوية مفصل الحوض بلغت (68.5)، وزاوية مفصل الركبة (60.1)، وزاوية مفصل الكاحل (14).

وهذا يتطلب من الإنسان تحسين تكتيك تلك المهارة للوصول إلى مرحلة الاتقان، بهدف الحد من الطاقة المبذولة، والوقت، والوقاية من الإصابات، ولتحقيق ذلك كان لزاماً العمل على تحليل تلك المهارة والتعرف إلى المتغيرات البيوميكانيكية التي تساهم في فعالية التكتيك الصحيح لهذه المهارة. وعلم البيوميكانيك يعتبر من العلوم التي تسهم في ذلك، فهو يهتم بدراسة القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على الجسم البشري، والآثار الناتجة عن هذه القوى. كما يسعى إلى تطوير فهم وتصوير أكبر للقوانين والمبادئ والتعليمات المتعلقة بالأداء البشري (Blazevich, 2010). وفي هذا المجال يشير (حسين و شاكرا، 1998) إلى أن علم البيوميكانيك هو العلم الذي يهتم بتحليل حركات الإنسان تحليلاً يعتمد على الوصف الفيزيائي لها (الجانب الكينماتيكي)، بالإضافة للتعرف إلى مسببات الحركة ذاتها (الجانب الكينتيكي) بما يكفل اقتصاداً وفعالية في الجهد. وكذلك فالتحليل الحركي بشكل عام يسعى إلى دراسة أجزاء الحركة ومكوناتها للوصول إلى دقائق الأمور سعياً وراء التكتيك الأفضل من خلال اكتشاف الأخطاء والعمل على قياسها وتشخيصها ومن ثم تقويمها في ضوء الاعتبارات المحددة ذات العلاقة بمواصفات الأداء.

وتبرز أهمية التحليل الحركي في كون أن العين البشرية المجردة لا تستطيع متابعة جميع التحركات لقطاعات الجسم والمفاصل المختلفة في نفس الوقت، وهذا يتطلب استخدام الأدوات المختلفة مثل كاميرات الفيديو وبرمجيات التحليل المحوسبة (Singh,2013). وقد تم تطبيق علم البيوميكانيك في البحث العلمي في عدد من المجالات المتعلقة بصحة الإنسان والأداء، حيث زاد الاهتمام من الباحثين في الآونة الأخيرة بإجراء الدراسات المتعلقة بصعود ونزول الدرج بغية الحصول على القيم المثالية للمتغيرات البيوميكانيكية المؤثرة على الأداء، كذلك المساهمة في الناحية المعمارية والإنشائية في تصميم مواصفات الدرج المثالي من حيث المسافة العامودية والافقية للدرجة (Riener, et al. 2002). وبناءً على ما سبق حاول الباحثون توظيف علم البيوميكانيك في استكشاف طريقة مثلى لصعود الدرج من خلال تحليل طريقتين لصعود الدرج هما: خطوة فوق خطوة (Step- Over- Step) و خطوة بخطوة (Step- By- Step).

ومن هنا تبرز أهمية هذه الدراسة من خلال:

1. قلة الدراسات التي تناولت هذه المهارة الحياتية بالتحليل مقارنة بتحليل مهارة المشي او الجري وخاصة في البيئة العربية.
2. أهمية الموضوع الذي تناولته هذه الدراسة، حيث يتطلب صعود الدرج طاقة وضغوط اضافية على العضلات والمفاصل مقارنة بالمشي، لذلك كان لزاما من القيام بتحليل هذه المهارة وصولا الى فعالية واقتصاد في الجهد والطاقة عند التعاطي معها.
3. قد تزودنا هذه الدراسة بمعلومات علمية دقيقة وموضوعية عن قيم المتغيرات البيوميكانيكية المؤثرة في تلك المهارة، مما يساهم في الوقاية من الاصابات والحد منها وكذلك في التأهيل الطبي و العلاجي.
4. تعد هذه الدراسة محاولة جادة لاستكشاف طريقة مثالية لصعود الدرج بطريقة علمية وموضوعية.

#### مشكلة الدراسة

من خلال الاطلاع على بعض الدراسات التي تناولت مهارة صعود الدرج ونزوله كدراسة (Petrick, et al. 2002) والتي اشارت إلى أن الضغط على مفصل الركبة في صعود الدرج ونزوله يصل إلى (2-4) اضعاف وزن الجسم مقارنة بالمشي، كذلك تتحمل الرضفة نتيجة لقوة اتصال القدم بالأرض (8) أضعاف مقارنة بالمشي. كذلك وجد الباحثون أن عدد قليل من الدراسات العربية تناولت مهارة صعود الدرج بالتحليل مقارنة بالمشي، بالرغم من كونه نشاط حيوي ويومي نتيجة لزيادة الكثافة السكانية وزيادة العمران بصورة عامودية. كذلك ونتيجة لاهتمام الباحثون في ملاحظة حركة الافراد في طلوع الدرج، لاحظوا أن هناك بعض الطلاب في كلية التربية الرياضية يرفعون اقدمهم لمسافة اكبر من ارتفاع الدرجة ذاتها، وكذلك فان جزءاً كبيراً من القدم الامامية قد تصبح خارج اطار الدرجة التي يتم صعودها، وهذا يشكل عبئاً اضافياً على مفاصل الطرف السفلي، ولتمثل هذه الاسباب وغيرها من الممارسات المختلفة المتعلقة بالموضوع مما دفع الباحثون الى اجراء هذه الدراسة بغية الوصول الى القيم المثلى لزوايا الطرف السفلي، وللتوعية لضمان الوقاية من الاصابات التي قد تلحق بتلك المفاصل، ولمحاولة تقليل القوى الواقعة على مفاصل الجسم، كقوة رد الفعل (FG) والقوة التوتيرية على الرضفة (FP)، وقوة رد فعل المفصل (FJ). كذلك التقليل من الجهد الزائد اثناء صعود الدرج مما يزيد من القدرة والفعالية في تنفيذ تلك المهارة.

#### أهداف الدراسة

هدفت هذه الدراسة للتعرف إلى:

1. قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة لمهارة صعود الدرج بطريقة (خطوة فوق خطوة).

2. قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة لمهارة صعود الدرج بطريقة (خطوة بخطوة).
3. الاسلوب الافضل لصعود الدرج من خلال قيم المتغيرات البيوميكانيكية قيد الدراسة عند مقارنة الطريقتين.

#### تساؤلات الدراسة

هدفت هذه الدراسة للإجابة عن التساؤلات الآتية:

1. ما قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة لمهارة صعود الدرج بطريقة (خطوة فوق خطوة)؟
2. ما قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة لمهارة صعود الدرج بطريقة (خطوة بخطوة)؟
3. ما الطريقة المثلى لصعود الدرج من خلال قيم المتغيرات البيوميكانيكية قيد الدراسة.

#### التعريف بمصطلحات الدراسة

البيوميكانيك (Biomechanics): هو العلم الذي يهتم بدراسة القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على الجسم البشري، والآثار الناتجة عن هذه القوى. فهو يسعى إلى تطوير فهم أكبر للقوانين والمبادئ الكامنة وراء الأداء البشري (Blazevich, 2010).

الكينماتيك (Kinematic): هو العلم الذي يهتم بدراسة الوصف الخارجي للحركة دون التطرق إلى القوى المسببة لهذه الحركة، وهو مصطلح يوناني ويعني الحركة (حسين وشاكر، 1998).

الكينيتيك (Kinetics): هو العلم الذي يهتم بدراسة أسباب الحركة والقوى المصاحبة سواء الأداء الناتج عنها أو المحدث لها، وتبحث في نتائج الانقباض العضلي وعلاقته بمثالية الأداء (حسين وشاكر، 1998).

طريقة خطوة فوق خطوة: هي الطريقة الشائع استخدامها بين الناس لصعود الدرج، بحيث يتم صعود الدرج من خلال وضع إحدى القدمين على الدرجة الأولى ثم سحب القدم الأخرى للصعود للدرجة الثانية وهكذا (تعريف إجرائي).

طريقة خطوة بخطوة: في هذه الطريقة يتم صعود الدرج من خلال وضع إحدى القدمين على الدرجة الأولى ثم سحب القدم الأخرى على نفس الدرجة وعندما تصبح كلتا القدمين على نفس الدرجة يتم سحب القدم الأولى والصعود على الدرجة الأخرى وهكذا (تعريف إجرائي).

### مجالات الدراسة

1. المجال البشري: تم اجراء هذه الدراسة على طلاب كلية التربية الرياضية في الجامعة الاردنية - عمان.
2. المجال الزمني: تم اجراء هذه الدراسة في الفترة ما بين 2015/12/25-11/1.
3. المجال المكاني: تم اجراء هذه الدراسة في كلية التربية الرياضية الجامعة الأردنية.

### الدراسات السابقة

قام الباحثون بمراجعة الادب التربوي والعلمي المتعلق بالموضوع، وتاليا بعض الدراسات السابقة و المرتبطة :

أجرى (Prodapadaki, et al. 2006) دراسة هدفت للتعرف إلى قيم المتغيرات الكينماتيكية لمفاصل الطرف السفلي (الحوض، والركبة، والكاحل). وتكونت عينة الدراسة من (33) شخصا متطوعا، واطهرت نتائج الدراسة ان قيم انثناء مفصل الحوض والركبة كانت اكبر خلال صعود الدرج مقارنة بالنزول، حيث كانت زاوية مفصل الحوض (53.4)، وزاوية الركبة (68.9)، كذلك وجدت الدراسة أن اقصى انثناء لمفصل الكاحل كان (40.08).

وفي دراسة أجراها (Reid, et al. 2007) هدفت للتعرف إلى مقارنة قيم المتغيرات البيوميكانيكية لمهارة صعود ونزول الدرج باستخدام ثلاثة اساليب مختلفة هي: خطوة فوق خطوة، خطوة بخطوة، القدم القائدة. وتكونت عينة الدراسة من (9) ذكور و(8) إناث، ومتوسط الطول (185)سم ومتوسط الكتلة (82) كغم، تم تنفيذ (5) محاولات للصعود والنزول من على الدرج (4 درجات). وتم تناول المتغيرات الآتية في الدراسة: الزمن، المسافة، السرعة الزاوية لمفاصل الطرف السفلي، والقوى والعزوم. وأظهرت نتائج الدراسة ان هناك اختلافا في القوى الامامية والخلفية بين الاساليب المستخدمة، كذلك بلغ الحمل الاعلى على المفاصل في الاسلوب الثاني والثالث. وهذه النتائج تدعم فكرة استخدام طرق مختلفة وبديلة لصعود ونزول الدرج، كما أن لها أهمية في تقليل الاحمال على الرجل في حالة الاصابة من ناحية علاجية وتأهيلية.

وقام كل من (Spanjaard, et al. 2008) بدراسة هدفت للتعرف إلى ميكانيكية الطرف السفلي من الجسم، كذلك التعرف إلى أثر زيادة كتلة الجسم وزيادة ارتفاع الدرجة على تلك الميكانيكية. وتكونت عينة الدراسة من (10) طلاب في جامعة مانثسستر. حيث تم تطبيق مهارة نزول الدرج من ارتفاعات مختلفة للدرج، كذلك مع الزيادة في كتلة الجسم من خلال ارتداء جاكيت. حيث أظهرت نتائج الدراسة أن عزم المقاومة لمفصل الكاحل والركبة اثناء ملامسة القدم للدرجة قد زادت، وكذلك اظهرت الدراسة أن زيادة الكتلة لم يؤثر بشكل دال احصائياً مع تلك العزوم.

واجرى كل من (Reis, et al.2009) دراسة هدفت للتعرف إلى المتغيرات الكينماتيكية لمهارة صعود ونزول الدرج، حيث تكونت عينة الدراسة من (18) سيدة، تم تقسيمهم إلى

مجموعتين احدهما ضابطة والاخرى تجريبية (يعانين من عدم استقرار الرضفة). واطهرت نتائج الدراسة إلى أن زاوية انثناء الركبة لدى المجموعة التجريبية كانت منخفضة، بالإضافة إلى انخفاض في السرعة وزيادة التوقيت في حالة صعود ونزول الدرج. بالإضافة إلى ذلك قامت المجموعة التجريبية باتباع اساليب متنوعة لتنفيذ تلك المهارة من خلال السرعة المنخفضة وصغر زاوية انثناء الركبة وذلك للتخفيف من الالم وقوى الضغط على مفصل الركبة.

وقام (Abbas, 2012) بدراسة هدفت للتعرف إلى تحليل صعود ونزول الدرج بغية تحقيق ذلك بكفاءة، حيث تعبر هذه المهارة من المهارات الصعبة مقارنة بالمشي. وتكونت العينة من (5) اشخاص، وتم تناول متغيرات زاويا مفاصل: الكاحل، الركبة والحوض، والسرعة الزاوية لهم. وأظهرت نتائج الدراسة إلى أن المدى الحركي لمفصل الحوض تراوح ما بين (10-70)، ولمفصل الركبة (20-90)، ولمفصل الكاحل (20-25)، كذلك بلغت السرعة الزاوية لمفصل الحوض ما بين (10-10)/ثانية، ولمفصل الركبة (40-30)/ثانية، ولمفصل الكاحل (3-20)/ثانية.

وأجرى (Abbas, 2013) دراسة هدفت للتعرف إلى المتغيرات الكينماتيكية خلال عملية صعود الدرج بهدف الاستفادة منها في فهم العمليات المعقدة التي تحدث في مفاصل الجسم اثناء حركة الجسم، حيث تناول تلك المتغيرات في ثلاثة مستويات لصعود الدرج (24، 30، 42)، وتم تناول زوايا مفاصل الكاحل والركبة والحوض في هذه المستويات، وتم تحليل الفيديو باستخدام برنامج (Kinovea). وأظهرت نتائج الدراسة إلى أن زوايا مفاصل الركبة والحوض والكاحل كانت منخفضة، وان القيم اللحظية لدورة المشي تأثرت بشكل ملحوظ بميل الدرج. ويمكن ان يقدم هذا البحث بيانات رقمية يتم توظيفها كمرجع لدراسة الحركة.

#### اجراءات الدراسة

##### منهج الدراسة

قام الباحثون باستخدام المنهج الوصفي، وذلك لملاءمته وطبيعة الدراسة واهدافها.

##### مجتمع الدراسة

تكون مجتمع الدراسة من طلاب شعبة الاعداد البدني في كلية التربية الرياضية – الجامعة الاردنية، والبالغ عددهم (16) طالب.

##### عينة الدراسة

تكونت عينة الدراسة من (4) طلاب في كلية التربية الرياضية – الجامعة الاردنية، وتم اختيارهم بطريقة عمدية، حيث تراوح معامل الالتواء لعينة الدراسة ما بين (-1.61 - 1.54)، وتعد هذه القيم قريبة من الحدود المقبولة للتوزيع الطبيعي، وهي عادة ما تقبل ما بين  $(\pm 1.96)$  وفق المعيار (Fisher) وتعتبر هذه القيم كلها قريبة جدا من قيم التوزيع الطبيعي والجدول (1) يعرض توصيف عينة الدراسة.

جدول (1): توصيف عينة الدراسة.

متوسط العمر/ سنة	متوسط الطول/سم	متوسط الكتلة/ كغم
24	185	89.5

#### أدوات الدراسة

قام الباحثون باستخدام الأدوات والأجهزة الآتية لجمع بيانات عينة الدراسة المحلية:

1. ميزان طبي لقياس كتلة وطول اللاعب.
2. كاميرا تصوير فيديو، نوع سوني (Sony HDR-CX220E) بلغت سرعتها (50) صورة/ث.
3. حامل ثلاثي عدد (1) لتثبيت الكاميرا عليه وهو متعدد الارتفاعات.
4. متر معدني طوله (7)م.
5. مقياس رسم أبعاده (20\*30)سم.
6. استمارات تسجيل.
7. علامات فسفورية لاصقة (علامات ارشادية) وضعت على مفاصل الجسم (الحوض، والركبة، والكاحل).
8. جهاز حاسوب نوع Dell i5 L31.
9. برنامج حاسوب خاص بالتحليل الحركي يسمى كينوفا (Kinovea).
10. درج اسمنتي (8 درجات) بحيث كان ارتفاع الدرجة (20)سم والمسافة الأفقية للدرجة (30)سم. وتم تحليل متغيرات الدراسة على قدم الارتكاز الامامية لحظة الاتصال بالدرجة خلال 6 درجات، ثم حسب المتوسط الحسابي لكل متغير.

#### اجراءات جمع البيانات

1. تم تثبيت كاميرا التصوير نوع سوني (Sony HDR-CX220E) وبلغت سرعتها (50) صورة/ث على حامل ثلاثي متعدد الارتفاع وعلى أرض مستوية. حيث تم وضعها عمودياً على المستوى الجانبي، وعلى بعد (6)م من مجال الحركة، وارتفاع الكاميرا عن الارض (1.27)م.
2. تم تجهيز عينة الدراسة من خلال الاحماء ووضع علامات فسفورية على مفاصل الطرف السفلي (الكاحل، والركبة، والحوض).



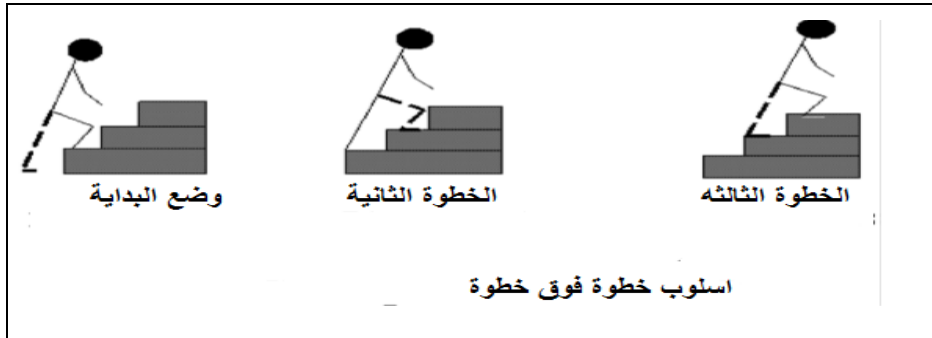
3. تم التأكد من صلاحية كاميرا التصوير من خلال المحاولات التجريبية لعينة الدراسة، والتي تم إعادة مشاهدتها قبل البدء بتصوير المحاولات الرئيسية.
4. تم التصوير بتاريخ 20/11/2015 الساعة الواحدة ظهرا، حيث تم تصوير عينة الدراسة وهي تقوم بصعود ونزول الدرج بطريقتين مختلفتين هما (خطوة فوق خطوة، خطوة بخطوة). وذلك بالإضاءة الطبيعية. وتم تحديد (6) درجات. كذلك تم تصوير مقياس للرسم (30\*20) سم.
5. بعد الانتهاء من التصوير وقبل مغادرة الموقع تم التأكد من أن التصوير كامل وموجود على الذاكرة الخارجية للكاميرا التصوير.
6. نقل المادة الفلمية المصورة من الذاكرة الخارجية للكاميرا إلى جهاز الحاسوب.
7. تم الحصول على القيم الرقمية لمتغيرات الدراسة باستخدام برنامج للتحليل (Kinovea).
8. تم تحليل الطرف السفلي لحظة لمس القدم للدرجة وذلك في (6) درجات وفي الطريقتين.

#### متغيرات الدراسة

#### المتغيرات المستقلة

تم اختيار طريقتين مختلفتين تمثلان المتغيرات المستقلة للدراسة وهما:

1. خطوة فوق خطوة (Step- Over- Step).
2. خطوة بخطوة (Step- By- Step). والشكل (1) يوضح ذلك





شكل (1): توصيف لأسلوبي صعود الدرج

#### المتغيرات التابعة

1. زاوية الكاحل لحظة اتصال القدم بالدرجة (Aa).
2. زاوية الركبة لحظة اتصال القدم بالدرجة (Ak).
3. زاوية الحوض لحظة اتصال القدم بالدرجة (Ah).
4. أعلى ازاحة عامودية للقدم الامامية- القائد (DI).
5. المسافة الافقية للقدم التي تكون غير مرتكزة على الدرجة (Df).
6. ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة اتصال القدم بالدرجة (CG).
7. الشغل المبذول اثناء صعود الدرج (W) وتم حسابه من خلال:  
الشغل = القوة \* المسافة العامودية

$$\text{Work} = \text{Force} * \text{Distance} \dots\dots\dots W = F * D$$

8. قدرة الشخص اثناء صعود الدرج (P) وتم حسابه من خلال:  
القدرة = الشغل / الزمن

$$P = W / T \dots\dots\dots \text{Power} = \text{Work} / \text{Time}$$

#### المعالجة الاحصائية

تم استخدام المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية ومعامل الالتواء لمعالجة البيانات من الناحية الاحصائية.

## عرض ومناقشة النتائج

للإجابة عن التساؤل الأول والذي ينص على: ما قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة لمهارة صعود الدرج بطريقة (خطوة فوق خطوة)؟

قام الباحثون بحساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية للمتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة، والجدول (2) يوضح ذلك.

**جدول (2):** توصيف لقيم المتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة لطريقة خطوة فوق خطوة.

المتغير الكينماتيكي	زاوية الحوض/°	زاوية الركبة/°	زاوية الكاحل/°	أعلى إزاحة عامودية/سم	المسافة الأفقية للقدم/سم	ارتفاع مركز ثقل الجسم/سم CG
	Ah	Ak	Aa	DI	Df	
الوسط الحسابي	129.83	7124.6	71.33	24.6	6.97	75.5
الانحراف المعياري	5.88	2.96	3.09	0.72	2.4	7.14

يبين الجدول (2) ان متوسط زاوية (Ah) تراوحت ما بين  $5.88 \pm 129.83$ ، وهي أعلى من القيمة المتحققة في دراسات (Hughes, et al.2004) والتي تراوحت ما بين (62.2-72)، ودراسة (Hsiu, et al.2004) والتي بلغت (68.5)، ودراسة (Prodapadaki, et al. 2006) والتي بلغت (53.4)، ودراسة (Abbass, 2012) والتي تراوحت ما بين (10-70). بينما بلغت متوسط زاوية (Ak)  $2.96 \pm 124.67$ ، وهي أعلى من القيمة المتحققة في دراسات (Hughes, et al.2004) والتي تراوحت ما بين (54.3-66.8)، ودراسة (Hsiu, et al.2004) والتي بلغت (60.1)، ودراسة (Prodapadaki, et al. 2006) والتي بلغت (68.9) ودراسة (Abbass, 2012) والتي تراوحت ما بين (20-90). في حين بلغت متوسط زاوية (Aa)  $3.09 \pm 71.33$ ، وهي أعلى من القيمة المتحققة في دراسات (Hughes, et al.2004) والتي تراوحت ما بين (9.5-21.1)، ودراسة (Hsiu, et al.2004) والتي بلغت (14)، ودراسة (Prodapadaki, et al. 2006) والتي بلغت (40.08)، ودراسة (Abbass, 2012) والتي تراوحت ما بين (20-25). ويعزو الباحثون ذلك إلى أن تكتيك عينة الدراسة يشوبه بعض الأخطاء الفنية، وربما يكون السبب في ذلك هو ضعف العضلات العاملة على تلك المفاصل، والتي يمكن تطويرها من خلال البرامج التدريبية التي تعمل على تنمية القوة العضلية. بالإضافة إلى أن القيمة الكبيرة لزوايا تلك المفاصل تعمل على زيادة عزم الوزن (كقوة معيقة)، وهذا يتطلب من الشخص اتخاذ زوايا صحيحة في مفاصل الطرف السفلي؛ لأنه يقلل من تلك العزوم، وبالتالي يقلل من الاصابات التي قد تتعرض لها تلك المفاصل، على اعتبار ان تلك

المفاصل في التكنيك الصحيح تتحمل من 2-4 أضعاف وزن الجسم اثناء صعود ونزول الدرج، وهذا يوضح كم سيكون مقدار تلك الضغوطات على المفاصل في حالة وجود عيوب في التكنيك.

ويظهر من الجدول (2) أيضا أن متوسط أعلى ازاحة عامودية للقدم الامامية- القائد (Dl) بلغت  $0.72 \pm 24.6$  سم، وتعتبر هذه القيمة أكبر من ارتفاع الدرجة والبالغة (20) سم، وفي هذا المجال لا بد من الإشارة إلى أن تحقيق الارتفاع المناسب يعني تعامل أفضل للعضلات مع كتلة الجسم، بالإضافة إلى قوة الجذب الواقعة عليها مما يساهم في قدرة هذه العضلات في التغلب على عزم الوزن. بينما بلغ متوسط المسافة الأفقية للقدم التي تكون غير مرتكزة على الدرجة (Df)،  $2.40 \pm 6.97$  سم، وهذا يساهم في تقليل مساحة الارتكاز للقدم على الدرجة وبالتالي يزيد من عزم الوزن الذي يؤثر بدوره سلباً على مفاصل الطرف السفلي. في حين بلغ متوسط ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة اتصال القدم بالدرجة (CG)،  $75.5 \pm 7.14$  سم. حيث يرتبط ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة اتصال القدم بالدرجة بالقيم الرقمية لزوايا تلك المفاصل، فارتفاع قيمة زاوية مفصل الحوض والركبة يسبب ارتفاع في مركز الثقل وبالتالي زيادة في عزم القصور الذاتي لتلك الاجزاء.

**وللإجابة عن التساؤل الثاني والذي ينص على: ما قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة لمهارة صعود الدرج بطريقة (خطوة بخطوة)؟**

قام الباحثون بحساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية للمتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة، والجدول (3) يوضح ذلك.

**جدول (3): توصيف لقيم المتغيرات الكينماتيكية قيد الدراسة لطريقة خطوة بخطوة.**

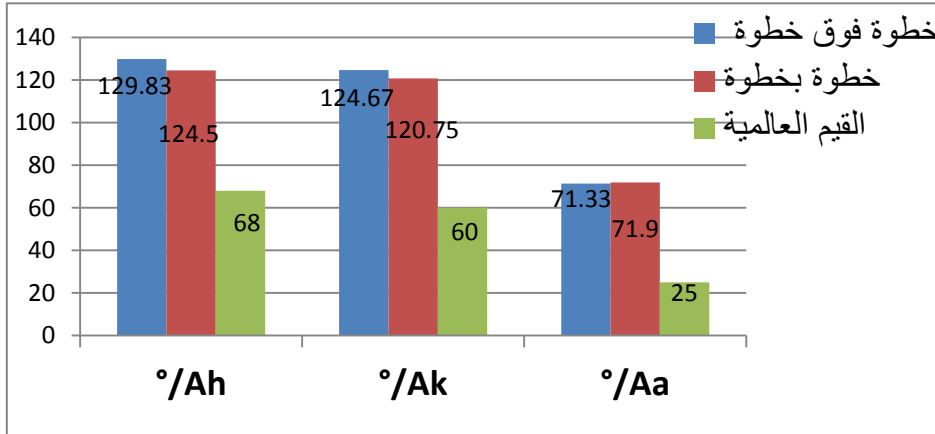
المتغير الكينماتيكي	زاوية الحوض / Ah	زاوية الركبة / Ak	زاوية الكاحل / Aa	أعلى ازاحة عامودية/سم Dl	المسافة الأفقية للقدم / Df سم	ارتفاع مركز ثقل الجسم / CG سم
الوسط الحسابي	124.5	120.75	71.90	23.25	3.25	78.40
الانحراف المعياري	5.43	3.2	2.05	1.25	0.95	6.05

يبين الجدول (3) ان متوسط زاوية (Ah) بلغ  $5.43 \pm 124.5$ °، وهي أعلى من القيمة المتحققة في دراسات (Hughes, et al.2004) والتي تراوحت ما بين (62.2-72)، ودراسة (Hsiu, et al.2004) والتي بلغت (68.5)، ودراسة (Prodapadaki, et al. 2006) والتي بلغت (53.4)، ودراسة (Abbass, 2012) والتي تراوحت ما بين (10-70). بينما بلغ متوسط زاوية (Ak)  $3.2 \pm 120.75$ ، وهي أعلى من القيمة المتحققة في دراسات (Hughes, et al.2004) والتي تراوحت ما بين (54.3-66.8)، ودراسة (Hsiu, et al.2004) والتي بلغت

(60.1)، ودراسة (Prodapadaki, et al. 2006) والتي بلغت (68.9) ودراسة (Abbass, 2012) والتي تراوحت ما بين (20-90). في حين بلغ متوسط زاوية (Aa) ( $2.05 \pm 71.90$ )، وهي أعلى من القيمة المتحققة في دراسات (Hughes, et al.2004) والتي تراوحت ما بين (9.5-21.1)، ودراسة (Hsiu, et al.2004) والتي بلغت (14)، ودراسة (Prodapadaki, et al. 2006) والتي بلغت (40.08)، ودراسة (Abbass, 2012) والتي تراوحت ما بين (20-25). أما متوسط الاراحة العامودية للقدم (DI) فبلغ  $1.25 \pm 23.25$  سم، بينما بلغت المسافة الافقية للقدم (Df)  $0.95 \pm 3.25$  سم، في حين بلغ متوسط ارتفاع مركز النقل (CG)  $6.05 \pm 78.40$  سم). ويعزو الباحثون ذلك إلى أن تكتيك عينة الدراسة يشوبه بعض الاخطاء، وربما يكون السبب في ذلك هو ضعف العضلات العاملة على تلك المفاصل.

وللإجابة عن التساؤل الثالث والذي ينص على: ما الطريقة المثلى لصعود الدرج من خلال قيم المتغيرات البيوميكانيكية قيد الدراسة. قام الباحثون بثلاث خطوات:

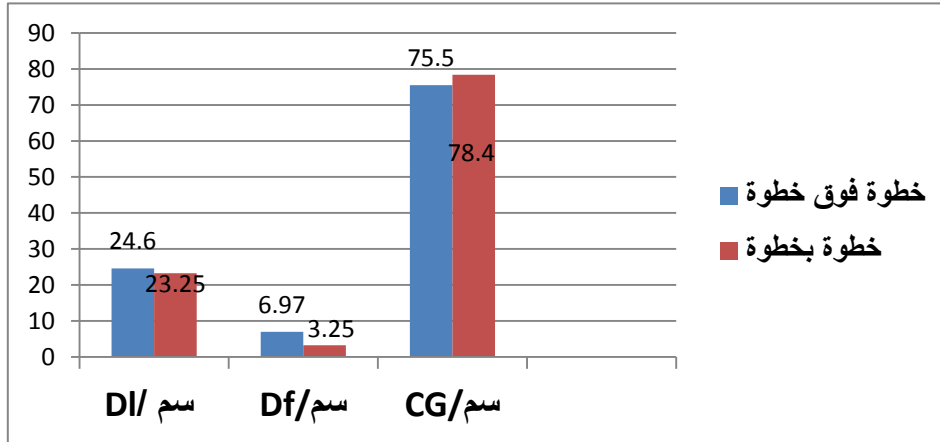
أولاً: مقارنة القيم الرقمية للمتغيرات الكينماتيكية المتعلقة بزوايا مفاصل الطرف السفلي ومقارنتها بالقيم المتحققة في الدراسات السابقة، والشكل (2) يوضح ذلك.



شكل (2): توصيف لقيم زوايا مفاصل الطرف السفلي - قيد الدراسة.

يبين الشكل (2) إلى أن متوسط زاوية (Ah) و (Ak) و (Aa) مرتفع مقارنة بالقيم المتحققة في الدراسات السابقة، وهذا يعكس ضعف تكتيك مهارة صعود الدرج لدى عينة الدراسة، مما يترتب عليه زيادة في العبء الواقع على مفاصل الطرف السفلي، كذلك زيادة احتمالية تعرض تلك المفاصل إلى الاصابات. الا ان طريقة خطوة بخطوة يعتبر أقرب إلى القيم المتحققة في الدراسات السابقة في متغيرين هما: (Ah) و (Ak)، بينما كان متغير (Aa) في الطريقتين شبة متقارب.

ثانياً: مقارنة القيم المتعلقة بالازاحات الافقية والعامودية لمتغيرات الدراسة بين طريقة صعود الدرج، والشكل (3) يوضح ذلك.



شكل (3): توصيف لقيم الإزاحات الافقية والعامودية وارتفاع مركز ثقل الجسم.

يبين الشكل (3) إلى أن قيمة متغير (DI) في طريقة خطوة بخطوة اقل منها في الطريقة الآخر وذلك يشير إلى اقتصاد في الجهد المبذول والشغل المنجز. كذلك تعتبر قيمة المتغير (Df) في طريقة خطوة بخطوة اقل منها في الطريقة الآخر، مما يزيد من مساحة قدم الارتكاز على الدرجة وبالتالي تقليل العزوم الواقعة على مفاصل الطرف السفلي، كذلك الوقاية من الاصابات المحتملة لتلك المفاصل. بينما كانت قيمة متغير (CG) للطريقتين شبه متقاربة.

ثالثاً: تم حساب الشغل العامودي والقدرة اثناء صعود بالطريقتين وفق الخطوات الآتية:

يعتبر الاقتصاد في الجهد المبذول والوصول إلى الاداء الامثل أحد أهم قواعد تقويم الحركات الرياضية، بالإضافة إلى أن تطوير الاداء في الحركات الرياضية، واكتشاف الأخطاء، واستكشاف طرق واساليب فاعلة في الاداء الرياضي يعتبر من اهم أهداف علم البيوميكانيك التطبيقي. وعليه فقد تم المقارنة في الشغل المبذول والقدرة في الطريقتين، فالشغل الذي ينجزه جسم الانسان عند أداء أي جهد بدني يعتمد على بذل قوة لمسافة معينة بدلالة القدرة المبذولة، بينما تعتبر القدرة هي المحدد الأول للأداء فهي المعدل الزمني لإنجاز الشغل (الفضلي، 2010).

حساب الشغل العامودي والقدرة في طريقة خطوة فوق خطوة

المعطيات: عدد الدرجات (6)، متوسط الارتفاع (24.6)سم، الزمن (5.5) ثانية، متوسط الكتلة (89.5) كغم.

الشغل = القوة \* المسافة

الشغل = (الكتلة \* الجاذبية الارضية) \* (عدد الدرجات \* متوسط الارتفاع)

الشغل =  $(24.6 * 6) * (9.81 * 89.5)$

الشغل = 1.29 جول

القدرة = الشغل / الزمن

القدرة =  $5.5 / 1.29$

القدرة = 0.24 واط

حساب الشغل والقدرة في طريقة خطوة بخطوة

المعطيات: عدد الدرجات (6)، متوسط الارتفاع (23.25) سم، الزمن (8.5) ثانية، متوسط الكتلة (89.5) كغم.

الشغل = القوة \* المسافة

الشغل = (الكتلة \* الجاذبية الارضية) \* (عدد الدرجات \* متوسط الارتفاع)

الشغل =  $(23.25 * 6) * (9.81 * 89.5)$

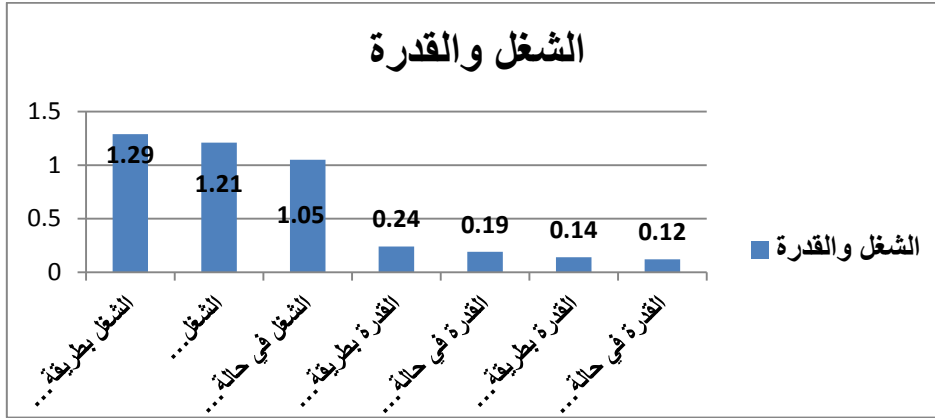
الشغل = 1.21 جول

القدرة = الشغل / الزمن

القدرة =  $8.5 / 1.21$

القدرة = 0.14 واط

والشكل (4) يوضح القيم الرقمية للشغل والقدرة.



شكل (4): القيم الرقمية للشغل والقدرة.

يظهر من الشكل (4) أن عينة الدراسة بذلت شغلاً إضافياً في الطريقتين مقارنةً بالطريقة المثالية لصعود الدرج، إلا أن طريقة خطوة بخطوة حققت قيم أقرب للمثالية في صعود الدرج، بالإضافة إلى القدرة كانت لديهم أفضل مقارنةً بطريقة خطوة فوق خطوة. وهذا يتفق مع دراسة (Reid, et al. 2007) والتي أشارت إلى ضرورة استخدام طرق مختلفة وبديلة لصعود ونزول الدرج.

#### الاستنتاجات

1. الأداء الفني لعينة الدراسة يشوبه بعض الأخطاء الفنية.
2. زوايا مفاصل الطرف السفلي لحظة لمس القدم للدرجة كانت كبيرة.
3. عينة الدراسة بذلت شغلاً إضافياً في الطريقتين.
4. تعتبر طريقة خطوة بخطوة مناسبة لعينة الدراسة.

#### التوصيات

1. مراعاة التكنيك الصحيح لصعود الدرج.
2. مراعاة عدم تجاهل تمارين القوة للجسم عامةً، ولعضلات الطرف السفلي خاصةً.
3. مراعاة اتخاذ الزوايا الصحيحة لمفاصل الطرف السفلي عند صعود الدرج.
4. يمكن استخدام طريقة خطوة بخطوة لكبار السن.



### Reference (English & Arabic)

- Fadhli, Sareah. (2010). *Biomechanical applications in athletic training and performance motor*, i 1, Amman: Dar Degla to post.
- Hussein Qasim Shakir, Iman. (1998). *Mpadi mechanical foundations for sports movements*, i 1, Amman: Dar thought for printing, publishing and distribution.
- Abbas, S. (2012). Biomechanical Analysis of Human Stair Climbing. *Eng. & Tech. Journal*. 30(5). (744-755.) Ascending and Descending.
- Abbas, S. (2013). Kinematic Analysis of Human Climbing up and Down Stairs at Different Inclinations. *Eng. & Tech. Journal*, 31(8). 1556-1566.
- Blazeovich, A. (2010). *Sports Biomechanics: The Basics: Optimising Human Performance*. London.
- Hughes, V. Roubenoff, R. Wood, M. Frontera, W. Evans, W. & Singh, M. (2004). Anthropometric assessment of 10-y changes in body composition in the elderly. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80. 475-482.
- Hsiu-Chen, L. Tung-Wu, L. & Horng-Chaung, H. (2004). Three-Dimensional Analysis of Kinematic and kinetic Coordination of the Lower Limb Joints During Stair Ascent and Descent *Biomedical, Engineering Application Basis & Communications* (16), 2. 59-66.
- Patrick, A. Costigan, J. & Deluzio, P. (2002). *Knee and hip kinetics during normal stair climbing*. Elsevier Science B.V. Gait and Posture. 16. 31-37.
- Protopapadaki, A. Drechsler, W. Cramp, MC. Coutts, FJ. & Scott OM. (2006). *Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 22(2).
- Riener, R. Rabuffetti, M. & Frigo, C. (2002). Stair ascent and descent at different inclinations. *Gait and Posture*, 15(1). 32-44.

- Reid, S. Scott, K. Lynn, R., & Patrick, C. (2007). Knee Biomechanics of Alternate Stair Ambulation Patterns, *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005-2011.
- Reise, J. Costa, G. Alberto, C. & Piedade, S. (2009). Kinematic Analysis of the Knee When Climbing up/Down Stairs in Patellofemoral Instability. *Acta Ortop Bras.* 17(3). 152-154.
- Singh, M. (2013). Skill Analysis of Volleyball Serve Through Kinematic Applications. *IJMESS* 2(2).
- Sarah, E. Berger, a.Carolin, T. & Karen, E. (2007). How and when infants learn to climb stairs. *Infant Behavior & Development* 30, 36–49.
- Spanjaard, M. Reeves, G. van Dieen, J.Baltzopoulos, H & Maganaris, C. (2008). Lower-limb biomechanics during stair descent: influence of step-height and body mass. *The Journal of Experimental Biology* (2):11, 1368-1375.