

## استخدام مؤشر الاختلاف في المشي من أجل تقييم المشي بالأحذية ذات الكعوب العالية

رشا كاظم مسعود<sup>(1)</sup>

### الملخص

يؤثر ارتداء الكعب العالي على نمط المشي ويغيره، يمكن تقييم هذا التغير عن طريق تحليل المشي في المختبر حيث يتم حساب قيم محددات المسافة والزمن ورسم منحنيات المحددات الحركية والتحريرية و من ثم دراسة انحراف هذه المحددات عن محددات المشي الطبيعية. إلا أن هذه الدراسة لا تعطي مؤشراً كمياً يدل على مدى هذا الانحراف، لذلك اقترح الباحثون مؤشرات مختلفة لحساب الاختلاف عن نمط المشي الطبيعي، فاستخدم بعضهم محددات المسافة والزمن لحساب المؤشر والبعض الآخر المحددات الحركية وهناك من استخدم الاثنان معاً. يهدف هذا البحث إلى استخدام مؤشر الاختلاف في المشي (Gait Variability index(GVI) في التقييم الكمي للتغير في نمط المشي عند ارتداء الكعب العالي، تم استخدام محددات المسافة والزمن فقط في حساب هذا المؤشر، وهذا ما يجعل استخدامه سهلاً وغير مقتصر على مختبر الميكانيك الحيوي. تم إجراء الاختبارات في مختبر الميكانيك الحيوي في جامعة دمشق لثمان مشتركات حيث تم الحصول على محددات المشي في خمس حالات باستخدام خمسة أزواج من الأحذية لها ارتفاعات مختلفة من الكعوب، بالإضافة إلى حالة سادسة بدون حذاء، ومن ثم تم حساب مؤشر GVI. وتظهر النتائج وجود علاقة واضحة بين ارتفاع الكعب وقيمة مؤشر GVI، كما بينت النتائج وجود اختلافات بين سلوك هذا المؤشر وسلوك المؤشرات الأخرى عند نفس المجموعة من العينات، فكانت قيم الارتباط بينه وبين مؤشر مخطط المشي ومؤشر التغير في المشي هي 0.68 و 0.43 على الترتيب.

الكلمات المفتاحية: مؤشر GVI، محددات المسافة والزمن للمشي، الكعب العالي.

<sup>(1)</sup>أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، دمشق، سورية

## The use of the Gait Variability Index to Evaluate High-Heeled Gait

Rasha Kazem Massoud

### Abstract

Gait pattern is affected by wearing high heel shoes, but to what extent? Generally, gait variations are evaluated at the gait analysis lab where temporal-distance parameters are measured, and kinetic and kinematic parameters curves are plotted, then the gait parameters deviation from the normal gait is studied qualitatively. This evaluation type does not introduce a distinct number, which indicates to the degree of gait deformation. Researchers have introduced different indices to calculate the differences from normal gait patterns, some of them used temporal-distance parameters, others used kinetic parameters, and another group used both. This study aims to use gait variation index (GVI) to evaluate gait variations quantitatively while wearing high heels. This index uses only the temporal-distance parameters, so it is easy to use and can be measured out of the biomechanics lab. All the experiments were conducted at the biomechanics lab at Damascus University, gait parameters for 8 female subjects were measured at 6 different states: bare foot, with 3cm , 5cm, 7 cm, 9 cm, and 12 cm heeled shoes. GVI was calculated, and the results showed a clear relation between the GVI value and the heel height. Results have also demonstrated low correlation between GVI and other indices. The correlation values were 0.68 and 0.43 for gait profile score (GPS) and fuzzy gait variation index (FGVI) respectively.

**Keywords:** Gait Variability Index (GVI), Temporal-distance gait parameters, high heels.

## 1- المقدمة:

تُعدُّ مؤشرات المشي طريقة سهلة وجديدة تمكّن من التقييم الكمي للتغيرات في بارامترات المشي، لأن تقييم التغير في نمط المشي الذي يعتمد على تفسير نتائج تحليل المشي من مخططات محددات المشي وبطريقة غير كمية يكون صعباً للغاية بسبب الكمية الكبيرة من المعطيات. ويمكن جعل هذا التقييم أسهل إذا استطعنا تمثيل التغير في نمط المشي برقم وحيد [1].

اقترح العديد من الباحثين مؤشرات مشي مختلفة، ويعد مؤشر جيليت للمشي (Gillette Gait Index GGI) الأكثر قبولاً وانتشاراً في المجال الطبي والذي يحدد بشكل كمي الفروقات في بيانات المشي بين شخص محدد ومتوسط قاعدة بيانات مرجعية لأشخاص سليمين (لا يعانون من اضطرابات في المشي) ويتم حسابه من أجل دورة مشي واحدة فقط [2]. إلا أن مؤشر GGI كان له بعض السلبيات كما أثبتت الأبحاث [3]، لذلك تم اقتراح مؤشرات الانحراف في المشي (Gait Deviation Index (GDI)) كبديل عنه، يستخدم مؤشر انحراف المشي (GDI) المحددات الحركية فقط بينما يأخذ مؤشر GGI محددات المسافة والزمن بالإضافة إلى المحددات الحركية بعين الاعتبار. تم تطوير مؤشر جديد سمي بمؤشر مخطط المشي ((Gait profile score (GPS)) بناءً على مؤشر GDI وقد لاقى قبولاً واستخداماً واسعاً [3]. قام A. Gouelle وزملاؤه عام 2013 بتطوير مؤشر الاختلاف في المشي ((Gait variability index (GVI))، وهو يعد مؤشراً حديثاً نسبياً ويختلف عن المؤشرات السابقة في أنه يعتمد في حسابه على أكثر من خطوة ويستخدم محددات المسافة والزمن فقط في تقييم المشي، وهذه المحددات هي: زمن طور التلامس وطول الخطوة وزمن طور التآرجح وزمن التلامس الثنائي بالإضافة إلى طول دورة المشي وزمن الخطوة وزمن دورة المشي

وزمن التلامس الأحادي والسرعة والانحراف المعياري

لكل محدد [4].

استُخدم مؤشر GVI لربط النتائج السريرية للتوازن أثناء المشي للأشخاص مصابين بمرض رنح فريدريك (Friedreich's Ataxia)، حيث أعطى قياساً كمياً للاختلاف في المشي مما مكن من التمييز بين الأشخاص السليمين والأشخاص المصابين بسهولة [4]، كما كان هذا المؤشر حساساً في التقاط التغيرات في المشي لدى الإنسان من الطفولة وحتى البلوغ [5]، وقد ظهرت فعاليته في تقييم الأشخاص المصابين بعجز في الحركة [6]، إلا أنه من خلال البحث في الدراسات السابقة لم يستخدم مؤشر GVI في تقييم المشي أثناء ارتداء الكعب العالي وهذا ما سنبحثه في هذه الدراسة.

على الرغم من التناقص المستمر في نسبة النساء اللواتي يرتدين الكعب العالي بشكل يومي، إلا أن هناك العديد من النساء اللواتي يقضين يومهن كاملاً وهن يرتدينه، فالنساء اللواتي يرتدين الكعب العالي يومياً تزداد لديهن مخاطر تطور التشوهات في القدم والروماتزم بسبب التوزع غير المنتظم لوزن الجسم على الأطراف السفلية، وهذا يمكن أن يؤثر سلباً على وضعية الوقوف وعلى نظام العضلي الهيكلي و يؤدي إلى آلام في الظهر بسبب ازدياد التواء العمود الفقري [7].

يؤثر الكعب العالي على التوازن أثناء المشي مما يؤدي إلى تغيرات ملحوظة في أزمنة أطوار المشي وطول الخطوة، وهذا بدوره يؤثر على سرعة المشي ويقلل من كفاءة المشي مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة، وحدوث التعب العضلي، فارتداء الكعب العالي يؤدي إلى انحراف المشي عن المشي الطبيعي وخلل في التوازن أثناء المشي وحدوث أضرار في النسيج الطرية، كما وجد أن ارتداء الكعب العالي يؤدي إلى تغير في نمط المشي والمحددات الحركية والتحريرية للمشي [8].

بلغ عدد المشاركات في الدراسة 8 مشاركات من طالبات جامعة دمشق متوسط أعمارهن  $22.571 \pm 0.52$  سنة، ويبلغ متوسط طولهن  $1.60 \pm 0.05$  m، أما متوسط وزنهن  $51.6 \pm 5.2$  kg، ومتوسط قياس القدم  $38 \pm 1$  EUR ولا توجد لديهن أية مشاكل صحية تؤثر على المشي.

#### ب- التجهيزات والبرمجيات المستخدمة

استخدمت منظومة تحليل المشي ثلاثي الأبعاد الموجودة في مخبر الميكانيك الحيوي في قسم الهندسة الطبية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق، وتتألف هذه المنظومة من:

ست كاميرات النقاط حركة مزودة بحساسات أشعة تحت حمراء Opto-electric Camera - صنع شركة BTS Bioengineering Corp. الإيطالية- تلتقط الأشعة المنعكسة على المُعلّمات (يشيع تسميتها بالماركرات) retro-reflective markers المثبتة على الجسم.

صفيحتي قوى Force plate Type:9281E صنع مجموعة KISTLER السويسرية، أبعاد كل صفيحة  $40 \times 60$  cm وتشكلان جزءاً من مسار المشي وعلى مستوى الأرض

نظام تحليل حركة SMART-D Motion Analysis System صنع BTS Bio-Engineering الإيطالية للمزامنة بين التجهيزات، ويحتوي النظام على مجموعة من البرامج لاستحصال القياسات وحفظ نتائج التجارب وإجراء معالجة البيانات للوصول إلى تقارير تحليل المشي السريري.

بلغت قيمة تردد اعتيان الكاميرات والصفائح 200 Hz خلال التجارب، واستخدم نسخة برنامج الماتلاب Matlab R2016a® لإجراء عمليات معالجة البيانات و تقييم النتائج.

وقد اتفقت الدراسات في نتائجها على وجود تناقص تدريجي في زمن التلامس بازدياد ارتفاع الكعب، وبما أن زمن التلامس له علاقة مباشرة بتواتر المشي فنتيجة لذلك سيقل تواتر المشي للحفاظ على التوازن [9,10]. ووجدت بعض الدراسات أن زيادة ارتفاع الكعب تقلل من سرعة المشي وتزيد من زمن التلامس الثنائي (double support)، وهذا نتيجة لنقصان الثبات أثناء المشي [11].

كما أن العديد من الدراسات السابقة وجدت تناقصاً في دورة المشي وطول الخطوة بازدياد ارتفاع الكعب وأكدت نقصاناً في الثبات والتوازن أثناء المشي عند المشاركات في تجارب المشي سواء كن يافعات أو منقدمات في العمر [71].

بالرغم من حدوث آلاف الإصابات كل عام بسبب ارتداء الأحذية ذات الكعب العالي (معظمها في الكاحل)، إلا أن معرفة آليات حدوث هذه الإصابات ما تزال محدودة [12]، لذلك من الضروري فهم تأثير الحركة الطبيعية للإنسان بتغير ارتفاع كعب الحذاء الذي يرتديه وذلك من أجل فهم المخاطر المحتملة التي تترتب على ذلك.

#### لذلك يهدف هذا البحث إلى:

1- التقييم الكمي للتغير في المشي أثناء ارتداء الأحذية ذات الكعب العالي باستخدام مؤشر GVI.  
2- تقييم حساسية مؤشر GVI لزيادة ارتفاع الكعب أثناء المشي، وبالتالي تقييم قدرة هذا المؤشر على التنبؤ بوجود خطر محتمل يتعلق بزيادة الاختلاف عن المشي الطبيعي.

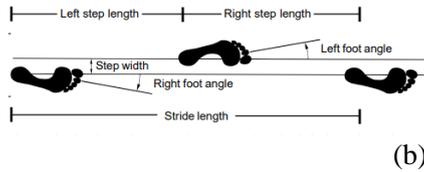
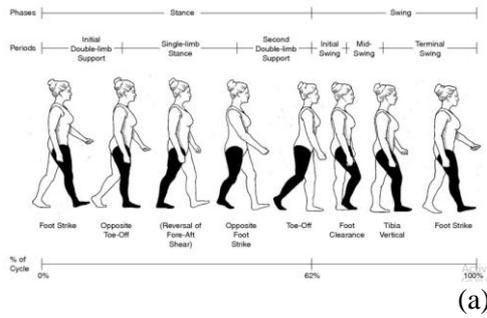
3- مقارنة أداء المؤشر بمؤشرات المشي الأخرى.

#### 2- الطرائق المستخدمة

1-1 الإجراءات العملي وجمع المعطيات

أ- المشاركون في التجارب

(velocity) وزمن دورة المشي (Gait Cycle Duration) وزمن طور التلامس (Stance Phase Duration) وزمن طور التلامس الثنائي (Double Support Phase) وزمن طور التأرجح (Swing Phase Duration) و تواتر المشي (Cadence) [15] [16]، كما هو موضح في الشكل 1.



الشكل (1) محددات الزمن (a) والمسافة (b) لدورة المشي [15].

### 2-3 حساب مؤشر GVI

يعتمد حساب مؤشر GVI على تسعة محددات للمسافة والزمن وهي: طول الخطوة [cm] وطول دورة المشي [cm] و زمن الخطوة [s] وزمن دورة المشي [s] وزمن التأرجح [s] وزمن التلامس [s] وزمن التلامس الأحادي [s] وزمن التلامس الثنائي [s] والسرعة [cm/s] بالإضافة إلى الانحراف المعياري لكل محدد، وبالتالي يكون عدد المحددات الكلي 18 (متوسط كل محدد وانحرافه المعياري). وقد تم استخدام ورقة عمل ايكسيل تم تطويرها من قبل Gouelle وزملائه لحساب المؤشر [4].

بالنسبة للمجموعة المرجعية المستخدمة في حساب مؤشر GVI فهي تتألف من 123 شخصاً سلبياً تتراوح أعمارهم بين 12 إلى 62 عاماً، تم حساب قيم GVI الطبيعية لهم لكل طرف فيكون عدد المحددات الكلي

### ت- إجراء التجارب

بعد الحصول على الموافقة من المشاركة وشرح كافة تفاصيل التجربة لها والإجابة عن تساؤلاتها أُجري تحليل المشي في مخبر الميكانيك الحيوي في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق، حيث تُجرى لها القياسات الانثروبومترية وتركيب المُعلّمت على جسدها حسب بروتوكول Davis Heel [13]. يتم تدريب المشاركة على المشي بشكل طبيعي مع وجود المُعلّمت وعند إتقانها للمشي بدون تأثير بوجود المُعلّمت يُجرى تسجيل فيديو لحركتها بوساطة 6 كاميرات خلال المشي بسرعة مريحة (السرعة التي تتراح بها المشاركة أثناء المشي ضمن مسار مستقيم طوله 6 متر) وتتوسط هذا المسار صفيحتي القوى، وتعتبر التجربة ناجحة عند مشي المشاركة بخط مستقيم وملامسة قدم واحدة لكل صفيحة قوى وعدم وجود غيابات في حركة المُعلّمت.

تم الحصول على محددات المشي في ست حالات باستخدام خمسة أزواج من الأحذية لها ارتفاعات مختلفة من الكعوب: بدون حذاء (حافية القدمين)، 3 cm و 5cm و 7cm و 9cm و 12 cm على التوالي، وتندرج التجارب من الكعب الأدنى إلى الكعب الأعلى ارتفاعاً وذلك للتقليل من تأثيرات التعب لأن المشي بالكعب العالي أكثر استهلاكاً للطاقة من المشي بالكعب المنخفض [14]. كما منحت المشاركة فترة راحة كافية بين تجارب الكعوب الخمسة.

تتدرب المشاركة لفترة كافية على كل كعب قبل تسجيل حركتها واستحصال محددات المشي (محددات المسافة والزمن) ويتم تسجيل من 3 إلى 5 تجارب لكل كعب للتأكد من الحصول على 3 تجارب ناجحة على الأقل.

### 2-2 محددات المسافة والزمن

تشمل محددات المسافة: طول الخطوة (Steplength) وعرضها (Step width) وطول دورة المشي (Stride Length)، بينما محددات الزمن فتكون: السرعة

اختلاف عنها قدره انحراف معياري واحد. وهذا يشير إلى أن التغيرات في مشية هذا الشخص تختلف زيادة أو نقصاناً عن التغيرات المتوقعة في مشية الإنسان السليم.

### 3- مناقشة النتائج

تم استحصال محددات المشي الثمانية عشر لكل مشاركة عند كل كعب واستخدم برنامج Matlab® لمعالجة كل محدد لاستخلاص المتوسط والانحراف المعياري ومن ثم بناء مصفوفة  $P_n$  لكل طرف (أيمن وأيسر) لكل مشاركة ثم حسبت قيمة مؤشر GVI عن طريق ملف الإيكسل الذي طوره Gouelle وزملاؤه [4]. ويبين الجدول 1 قيم مؤشر GVI لكل مشاركة من دون ارتداء الحذاء، حيث كان متوسط قيمة المؤشر 99.67 والانحراف المعياري 11.03 ويتراوح مجال المؤشر بين 84.49 و 121.86 هذا يتفق مع نتائج Gouelle [4].

**الجدول (1) قيم مؤشر GVI لكل مشاركة دون ارتداء الحذاء.**

رمز المشاركة	GVI
sub1	96.71
Sub2	84.49
Sub4	90.09
Sub5	109.49
Sub6	102.22
Sub7	92.83
Sub8	121.86
Mean GVI	99.67
SD GVI	11.03

يبين الشكل 2 توزيع الهستوغرام لمؤشر GVI للمشاركات دون ارتداء الحذاء أن 88% من المشاركات كان المؤشر لديهم ضمن المجال [84.49, 102.49] وهو المجال الطبيعي.

في الشكل 3 تظهر علاقة جلية بين ارتفاع كعب الحذاء ومؤشر GVI حيث كان متوسط قيمة المؤشر دون ارتداء الحذاء 99.67 إلا أنه ارتفع ارتفاعاً طفيفاً عند

المستخدم في هذه المجموعة (  $123 * 2 * 18$  )، قام Gouelle وزملاؤه بإجراء تحليل المشي للمجموعة المرجعية في مركزين مختلفين وكانت أطوال مسار المشي مختلفة (488 cm و 610 cm أو 732 cm) وتم تسجيل ثلاث محاولات لكل عينة للحصول على خمسة فروقات مطلقة لكل محدد من المحددات الثمانية عشر. يتم ضرب البارامترات الثمان عشر  $P_n$  لكل شخص  $\alpha$  بمعامل ارتباط  $C_n$  (correlation coefficient) ومن ثم يتم حساب مجموع الجداءات كالاتي:

$$S^\alpha = \sum_{i=1}^{18} (P_n \cdot C_n) \quad (1)$$

حيث يمثل الرمز  $C_n$  معامل الارتباط المحسوب من المركبة الأولى بعد تطبيق تحليل المركبات الأساسية (PCA) على بارامترات الأشخاص السليمين. وتكون المسافة بين بارامترات الشخص  $\alpha$  و بارامترات الأشخاص الأصحاء هي:

$$d^{\alpha,HP} = \|S^\alpha - S^{HP}\| \quad (2)$$

حيث  $HP$  هو متوسط  $S^\alpha$  لجميع الأشخاص السليمين، ومن ثم يتم الحصول على المؤشر الأولي بالصيغة الآتية:

$$GVI_{raw}^\alpha = \ln(d^{\alpha,HP}) \quad (3)$$

بعد ذلك يتم حساب المعدل  $z$  (z score) وهو عدد الانحرافات المعيارية التي يختلف بها مؤشر GVI الأولي للشخص  $\alpha$  عن المؤشر الأولي للأشخاص الأصحاء ويكتب كالاتي:

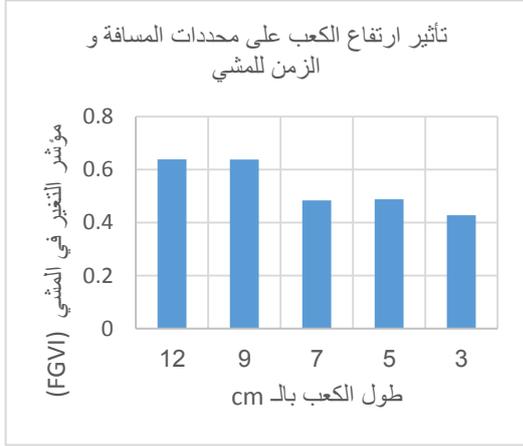
$$zGVI_{raw}^\alpha = \frac{GVI_{raw}^\alpha - \text{Mean}(GVI_{HP}^{raw})}{SD(GVI_{HP}^{raw})} \quad (4)$$

للحصول على المؤشر النهائي يضرب z score بـ 10 ومن ثم يطرح من مئة كما هو موضح:

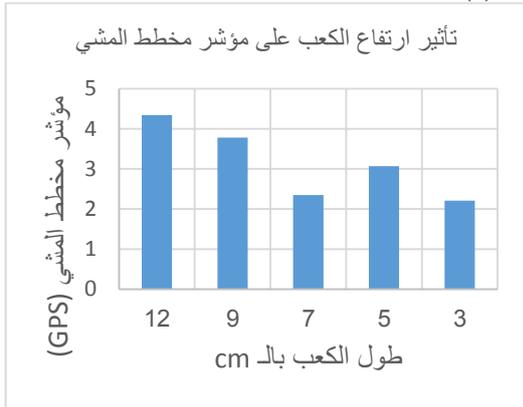
$$GVI^\alpha = 100 - 10 \times zGVI_{raw}^\alpha \quad (5)$$

من الممكن حساب مؤشر GVI لكل طرف على حدى، كما أن متوسط المؤشر للعينة السليمة هو 100، وكل 10 نقاط اختلاف عن العينة السليمة تشير إلى

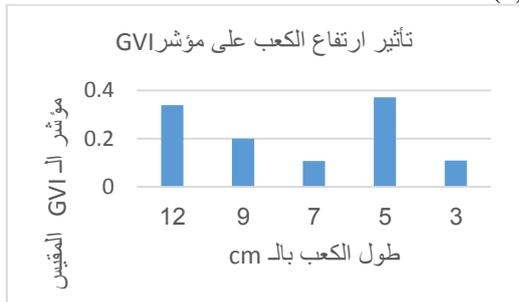
العينات ونفس نوع الأحذية والذي برر اقتراب المؤشر من قيمه الطبيعية عند الكعب 7 cm بأن الحذاء كان مريحاً لبعض العينات، إلا أن هذه النتيجة لم تتأكد من قبل الدراسات الأخرى وتحتاج إلى تجارب أخرى لتفسيرها.



(a)



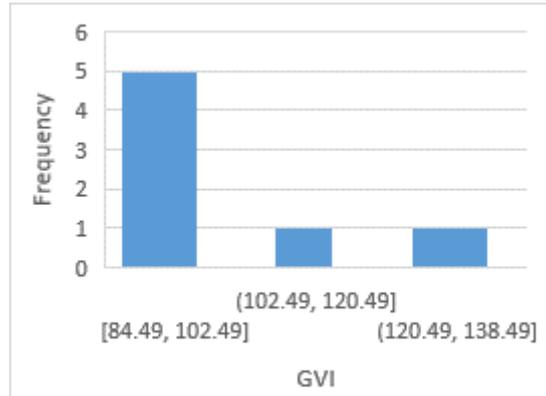
(b)



(c)

الشكل (4) تأثير ارتفاع الكعب على المؤشرات الثلاث (a) مؤشر التغير في المشي (FGVI)، (b) مؤشر مخطط المشي (GPS)، (c) مؤشر الاختلاف في المشي (GVI) المقيس.

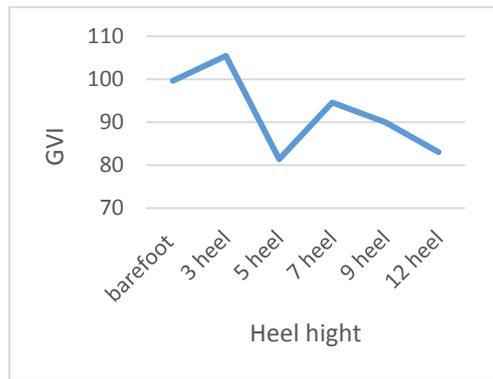
ارتداء الكعب ذو الطول 3cm وبعدها انخفض إلى أدنى درجاته عند الكعب 5 cm وبعدها عاد للارتفاع عند الكعب 7 cm ليتقارب مع القيمة الطبيعية ومن ثم انخفض قليلاً عند الكعب 9 وانحدر إلى قيمة 83.05 عند الكعب 12 cm وهي تعتبر قيمة غير طبيعية استناداً إلى [4].



الشكل (2) توزيع الهستوغرام لمؤشر GVI للمشاركات

دون ارتداء الحذاء

فبازدياد طول الكعب تتغير حركة الركبة والكاحل لدعم أخمص القدم عند بداية التلامس، مما يؤدي إلى تغير في مركز الثقل وإزاحة مركز العطالة إلى الأمام مسبباً عدم التوازن، فتزداد الاختلافات في محددات المسافة والزمن بين كل خطوة والخطوة التي تليها مما يزيد من انحراف مؤشر GVI عن القيمة الطبيعية.



الشكل (3) العلاقة بين مؤشر GVI وارتفاع كعب الحذاء. وإن اقتراب المؤشر من القيمة الطبيعية عند الكعب 7 cm يتفق مع المرجع [17] الذي استخدم نفس مجموعة

وتقديره كمياً، وهذا يؤكد التأثير الكبير لمحددات المسافة والزمن بارتفاع كعب الحذاء. إلا أن سلوك هذا المؤشر يختلف عن سلوك مؤشري GPS و FGVI من أجل نفس العينات خاصة عند الكعب 5 cm وربما يعود ذلك إلى طريقة حساب GVI والتي تختلف عن طريقة حساب المؤشرين السابقين فكلا المؤشرين يعتمدان في الحساب على محددات دورة مشي واحدة، بينما يعتمد مؤشر GVI على الفرق بين محددات دورة المشي ومحددات دورة المشي التي تليها ومن ثم فهو يقيس الاختلافات بين دورات المشي المتتالية أي أنه مؤشر يدل على انتظام المشي، لذلك وجدنا أنه من الأفضل عند استخدام هذا المؤشر أن يكون طول ممر المشي 6 أمتار أو أكثر وأن يحقق شخص التجربة ثلاث دورات مشي متتالية على الأقل.

تم تقييم مؤشر GVI لإعطاء قيم بين 0 و 1، حيث تم اعتبار قيمة 50 للمؤشر مقابلة للصفر بينما القيمة 100 هي أعلى قيمة وذلك حسب [4].  
بمقارنة الأشكال a و b و c في الشكل 4 والتي تمثل تأثير الكعب العالي على كل من مؤشر الاختلاف في المشي (GVI) ومؤشر مخطط المشي ( Gait profile score (GPS) ومؤشر التغير في المشي ( Fuzzy gait score (GPS) ومؤشر التغير في المشي ( Fuzzy gait score (GPS) والتي تم حسابها لنفس مجموعة العينات نجد ابتعاد مؤشر GVI عن سلوك باقي المؤشرات عند الكعب 5 cm بينما أظهر سلوكاً متقارباً عند بقية ارتفاعات الكعوب.  
للتأكد من النتيجة تم حساب الارتباط (correlation) بين كل من مؤشر GPS ومؤشر GVIF ومؤشر GVI، ويبين الجدول 2 وجود ارتباط قوي بين مؤشر GPS ومؤشر GVIF بينما يكون ارتباط هذين المؤشرين مع مؤشر GVI ضعيفاً وهذا يؤكد اختلاف قيم مؤشر GVI والذي سنناقش سببه في الفقرة التالية.

الجدول (2) قيم الارتباط بين مؤشر GPS و GVIF

GVI و			
	GPS	FGVI	GVI
GPS	1		
FGVI	0.940163	1	
GVI	0.681823	0.428942	1

#### 4- الاستنتاجات والخلاصة

تم في هذا البحث حساب مؤشر GVI لمجموعة من الشابات الإناث اللاتي يتمتعن بمشية طبيعية، حيث تم تحليل المشي في المخبر. وذلك عند ارتداء أحذية ذات كعوب مختلفة، تم التقييم الكمي للاختلاف بنمط المشي عند ازدياد ارتفاع الكعب، و أوضحت النتائج بأن مؤشر GVI يتأثر بزيادة ارتفاع الكعب وينحرف عن القيمة الطبيعية وهي 100. أي أن هذا المؤشر قادر على كشف الانحراف عن نمط المشي الناتج عن ارتداء الكعب العالي

## المراجع References

- 11-Maduabuchi J. N., Afamefuna V. E., Antoninus O.E., Chidubem K. N. (2012) Effects of Different Heel Heights on Selected Gait Parameters of Young Undergraduate Females. *Journal of Paramedical Sciences (JPS)*, 3(3), pp. 9-14.
- 12-Sylvia, Ann. (2018). A Biomechanical Examination of the Lower Extremities in High Heeled Shoes. In *BSU Honors Program Theses and Projects*. Item 264
- 13- R. Davis, S. Ounpuu, D. Tyburski and J. Gage, (1991). "A Gait Analysis Data Collection And Reduction Technique", *Human movement Science*, pp. 575-587.
- 14- Ho K. Y., Blanchette M. G., Powers C.M. (2012) The influence of heel height on patellofemoral joint kinetics during walking. *Gait & Posture* 36, pp. 271–275.
- 15- Whittle, M.W. (2007) *Gait Analysis an introduction*, 4th edition, Elsevier Ltd., USA.
- 16- Hussain R., Marmar Z. (2018) The Influence of The methods of Determining Stance Events on Temporal-Distance Parameters during Walking. *Damascus University Journal of Engineering and Science*, accepted.
- 17- Massoud R. (2018) Developing an Intelligent Indicator to Evaluate High-Heeled Gait Variations using Temporal-Distance Parameters. *Damascus University Journal of Engineering and Science*, accepted.
- 1- Guzik A. (2018) The use of the Gait Variability Index for the evaluation of individuals after a stroke. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Vol. 20, No. 2, pp. 171-176.
- 2-Schutte L.M., Narayanan U., Stout J.L., Selber P., Gage J.R., Schwartz M.H. (2000) An index for quantifying deviations from normal gait. *Gait Posture*, No.11, pp.25–31.
- 3- Baker R., McGinley J.L., Schwartz M.H., Beynon S., Rozumalski A., Graham H.K. et al. (2009) The Gait Profile Score and Movement Analysis Profile. *Gait&Posture*, 30(3), pp. 265–269.
- 4-Gouelle A., Mégrôt F., Presedo A., Husson I., Yelnik A., Penneçot G.F. (2013) The gait variability index: a new way to quantify fluctuation magnitude of spatiotemporal parameters during gait. *Gait Posture*, No. 38, pp.461–465.
5. Gouelle A., Leroux J., Bredin J., Mégrôt F. (2016) Changes in gait variability from first steps to adulthood: normative data for the Gait Variability Index. *J Mot Behav*, 48(3):249–55.
- 6- Gouelle A., Rennie L., Clark D.J., Mégrôt F., Balasubramanian C.K. (2018) Addressing limitations of the Gait Variability Index to enhance its applicability: The enhanced GVI (EGVI). *PLoS ONE*, 13(6): e0198267.
- 7- Eisenhardt, J.R., Cook, D., Pregler, I., & Foehl, H.C. (1996). Changes in temporal gait characteristics and pressure distribution for bare feet versus various heel heights. *Gait & Posture*, 4, pp. 280-286.
- 8-Barkema D. (2010) "The effect of heel height on frontal plane joint moments, impact acceleration, and shock attenuation during walking". *MSC thesis. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11348. Iowa State University, USA.*
- 9- Ucanok G. M. & Peterson D. R. (2006). Knee and ankle deviations during high-heeled gait. *Bioengineering conference, Proceedings of the IEEE 32nd Annual Northeast*, pp.17-18.
- 10- Menant J. C., Perry S. D., Steele J. R., Menz H. B., Munro B. J., & Lord S. R. (2008). Effects of shoe characteristics on dynamic stability when walking on even and uneven surfaces in young and older people. *Achieves of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89, pp.1970-1976.

Received	2019/10/14	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2020/1/23	قبول البحث للنشر