مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد ٣٩- العدد ١(٢٠٢٣) الصفحات ٣٣- ٤١

Damascus university Journal for engineering sciences
Vol 39 No.1 (2023) : 33-41

تحديد الآثار السلبية لاستخدام الكعب العالي على عزوم المفاصل السفلية عند الإنسان

د م زهير مرمر[١]

[١]أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

الملخص

تدل الدراسات على أن ارتداء الكعب العالي مازال منتشرا بشكل كبير بين الفتيات، وأن انتشاره يزداد يوما بعد يوم نظرا لما يقدمه للفتيات من المظهر الجمالي والثقة العالية بالنفس. ورغم أن البحوث العلمية قد تناولت الآثار السلبية لارتداء الكعب العالي إلا أنها لم تقدم التحليل الدقيق الشامل والمتكامل لمشية الأشخاص اللذين يرتدون الكعب العالي، وأن معظم هذه الدراسات كان يكتفي بدراسة عدد قليل من بارامترات المشي. وأن البحوث التي تناولت العزوم على مفاصل الأطراف السفلية كانت قليلة جدا رغم أن هذه العزوم تقدم مؤشرا هاما جدا عن مشية الانسان حيث أنها تتناول الحمولات على المفاصل والحركة ونشاط العضلات.

لذلك كان من الضروري البحث في قياس وتحديد وتحليل آثار ارتداء الكعب العالي على عزوم مفاصل الأطراف السفلية لدى الفتيات بشكل علمي وكمي ودقيق. وعليه فقد تم في هذا البحث استخدام مخبر الميكانيك الحيوي في قسم الهندسة الطبية بجامعة دمشق لدراسة تأثيرات استخدام الكعب العالي على عزوم الأطراف السفلية، وتم استخدام صفيحتين للقوى من النوع البيزو كهربائي ذو الدقة العالية لقياس قوى ردود الأفعال بين القدم والأرض مع ستة كاميرات تلفزيونية لقياس الحركة ثلاثية الأبعاد (بدقة قدرها ٠.٠٥ ملم)، وتم تشغيلها معا عند تردد لالتقاط المعلومات (Sampling Frequency) قدره ٢٠٠ هرتز، وتم التحكم بهذه التجهيزات بواسطة كمبيوتر يحتوي على برامج التحكم والتشغيل والتحليل..

أجريت التجارب على ١٤ فتاة وتم قياس العزوم المؤثرة على مفاصل الأطراف السفلية لكل فتاة عند ستة ارتفاعات مختلفة لكعب الحذاء وهي على التتالي حافي القدمين وارتفاع ٣ و٥ و ٧ و ٩ و ١٢ سم. بينت النتائج أن ارتداء الكعب العالي يقلل من عزم الدفع المتولد من مفصل الكاحل ويزيد من عزم القبض المطبق على مفصل الركبة خلال طور التلامس بسبب تغير موضع مركز ثقل الجسم، وأن هذه التغيرات تزداد مع ازدياد ارتفاع الكعب.

الكلمات المفتاحية: الكعب العالي، عزوم المفاصل، انحرافات المشي، تحليل المشي، محددات المشي التحريكية، آثار الكعب العالي.

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

Determining The Negative Effects of High heeled shoe on the Moments of Lower Limb Joints

Dr. Zouheir Marmar[2]

[2]Associated Professor in the Department of Biomedical engineering-Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University.

Abstract

Lots of investigations proved that wearing High heeled shoe is preferable for many women, however, most women are not aware of the negative effects of wearing high heeled shoe. Many researchers have studied the effects of high heeled shoe on the gait parameters, but only a few of them studied the moments which are acting on the lower joints of women wearing high heeled shoes. These moments are very important in gait analysis because they reflect all changes in loads, motion and muscles activities during walking.

In this work the biomechanical laboratory at Damascus university was used in order to measure the ground reaction forces between the foot and ground, and to register the three dimensional motion for the whole body of the participant, this was at sampling frequency of 200 Hz. Fourteen girls Participated in this work, they were approximately of the same age, length and weight. The moments of lower joints were measured for each participant in six different heel height cases: they are bare feet, 3, 5, 7, 9, 12 cm.

The results showed that wearing high heeled shoe decreased the dorsiflexion moment at the ankle joint and increased the flexing moments at the knee joint. These changes are affected by the location of the body center of gravity, and these changes increased when the heel height increased.

Keywords: Gait analysis, joint moment, Gait deviation, Kinetics of gait parameters, High heel.

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

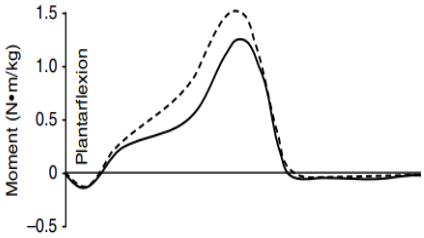
1-المقدمة

كثيرة الدراسات والبحوث التي تناولت تحليل مشية الأشخاص الذين يرتدون الكعب العالي، وقد أكدت هذه البحوث على ضرورة القيام ببحوث تحدد بدقة وتفصيل آثارا ارتداء الكعب العالي على بارامترات المشي، وخاصة أن أعداد النساء الذين يستخدمون الكعب العالي هو دائما بازدياد بسبب أنه يعطي المرأة القوام ولأناقة والتميز [4 – 1]. ورغم كثرة هذه الدراسات إلا أنها لم تقدم التحليل الدقيق والمتكامل لمشية الأشخاص مع الكعب العالي، حيث أن معظم هذه الدراسات لم يتناول إلا جانبا صغيرا من جوانب التحليل، فمنها من درس بارامترات المسافة والزمن ومنها من درس التوازن والاستقرار ومنها من درس فقط أحد جانبي الإنسان، ومنها من درس أحد المفاصل أو العامود الفقري [7 ,3-1]، وقليل جدا من درس العزوم على مفاصل الجسم [4].

وبما أن دراسة العزوم على مفاصل الأطراف السفلية لم تأخذ الاهتمام الكافي من الباحثين، وبما أنها من البارامترات الهامة جدا في تحليل المشي حيث أنها تحدد تأثيرات القوى والحركة ونشاط العضلات في آن واحد خلال المشي، فقد تم في هذا البحث دراسة العزوم على مفاصل الأطراف السفلية خلال المشي عند ارتداء الكعب العالي، وتم استخدام أنظمة القياس الحديثة والدقيقة والتي تقوم بتسجيل وحساب كافة البارامترات لكامل الجسم أثناء المشي.

٢-الدراسات المرجعية:

في دراسة أجريت عام ٢٠٠٣ بجامعة تكساس في سان أنتونيو للتحري عن أثر ارتداء الكعب العالي على مشية الإنسان، تم استخدام نظام تحليل المشي (VICON) لقياس الحركة ثلاثية الأبعاد لأجزاء جسم الإنسان، كما تم استخدام صفيحة القوى نوع (AMTI) لقياس قوى ردود الأفعال بين القدم والأرض وتم حساب العزوم المطبقة على مفاصل الجسم. أجريت التجارب على ١٥ فتاة عند استخدام كعب منخفض (1 cm height) وكعب عالي (6 cm height) لكل من الفتيات وعند سرعة سير طبيعية. أظهرت النتائج أن ارتداء الكعب العالي قد أدى إلى تغيرات أساسية في العزوم المطبقة على مفاصل الأطراف السفلية. هذه التغيرات كانت واضحة على مفصل الكاحل (الشكل ١) حيث تناقصت قيمة العزم في المراحل الأخيرة من طور التلامس مع زيادة ارتفاع العقب، وقد أرجع ذلك إلى ضعف قوة الدفع بسبب البسط الجائر الذي خضعت له القدم عند ارتداء الكعب العالي [٦].

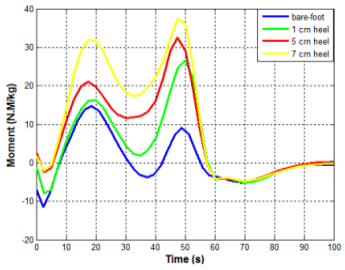


الشكل (١) العزم المطبق على مفصل الكاحل في المستوي السهمي. خط متقطع ارتفاع كعب ١ سم، خط مستمر ارتفاع كعب ٦ سم [٦].

في دراسة أجريت عام ٢٠١٥ لدراسة آثار استخدام الكعب العالي على راحة وعلى حركة الفتاة المشتركة. شارك في الدراسة ١٥ مشاركة وتم اختبارهم لحالة حافي القدمين وثمانية حالات أخرى بارتفاع كعب تراوح من ٢ سم إلى ٩ سم وذلك عند ثلاث سرعات مختلفة. أشارت النتائج إلى أن ارتداء الكعب العالي قد أثر وشوه بشكل كبير نمط المشي عند المشاركات وأن النساء يجب أن لا ترتدي حذاء بكعب أعلى من ٤.١٣ سم [٨].

في دراسة عام ٢٠٢٠ أجريت لمعرفة تأثير ارتداء الكعب العالي على الميكانيك الحيوي للفتيات باستخدام تحليل المشي، تم استخدام صفيحتي قوى نوع (AMTI) لقياس قوى ردود الأفعال بين القدم والأرض (GRF)

وكاميرا جانبية واحدة وأربعة معلمات فقط تم وضعها على كل من الورك والركبة والكاحل ومقدمة القدم وبالتالي تمت دراسة المحددات في المستوي الجانبي فقط. أجريت التجارب على خمس فتيات متطوعات شابات وسليمات ولا يوجد لديهن أمراض أو أذيات في العضلات أو تشوهات في العظام ومعظمهن معتاد على ارتداء الكعب يومياً. وكان متوسط أعمارهن حوالي ٢٢.٤ عاماً ومتوسط أطوالهن ١٦٠ cm ومتوسط أوزانهن ٥٩.٨ kg وكان يطلب من المتطوعة أن تمشي دون حذاء ثم بكعوب ذات ارتفاعات ١ cm و ٥ cm و ٧cm. بينت الدراسات أن العزم قد تناقص على مفصل الكاحل لكنه تزايد على مفصل الركبة (الشكل ٢) مع ازدياد ارتفاع الكعب، وأن هذه التغيرات قد نتجت عن حالة عدم التوازن وتأثر حركة المشي التي حصلت للمشاركات عند ارتداء الكعب العالي. أوصت الدراسة النساء بعدم ارتداء الأحذية ذات الكعوب التي تتجاوز ارتفاعاتها (٥ cm) وذلك لتجنب التأذي وللمحافظة على الراحة أثناء المشي. هذه الدراسة اعتمدت الطريقة الشمولية في البحث لكن استخدام كميرا واحدة لا يعطي إحداثيات ثلاثية واستخدام أربعة ماركات فقط يحلل جانب واحد فقط من الإنسان [٥].



الشكل (٢) تغيرات العزم المطبق على مفصل الركبة في المستوي السهمي مع تغيرات ارتفاع كعب الحذاء خلال دورة المشي [٥].

في عام ٢٠٢١ قام الباحث Linh وزملاؤه بدراسة إحصائية راجع فيها عدد كبير من البحوث التي تناولت تأثير ارتداء الكعب العالي على العزم المطبق على مفصل الركبة في المستوي السهمي. وخلصت النتائج إلى أن عزم قبض وبسط مفصل الركبة أثناء المشي قد تأثر بشكل كبير مع ارتداء الكعب العالي [٤].

وعليه فإننا نجد أن هناك دراسات كثيرة قد تناولت دراسة أثر الكعب العالي على مشية الانسان، لكن فقط القليلين منهم درسوا تغيرات العزوم على مفاصل الجسم وكانت دراسات غير شاملة. لذلك كان من الضروري أن يتم البحث في العزوم نظراً لأهميتها في التوازن والمشي وظيفيا وجماليا.

٣-الأسس النظرية والجانب العملي للبحث:

٣-١ الأسس النظرية:

إن التعريف الأساسي لعلم الميكانيك الحيوي هو تطبيق قوانين الميكانيك العام على مشية الإنسان. ويتم تحليل وفهم حركة الإنسان من خلال توصيفها وقياس بارامتراتها بشكل لا يتعارض مع قوانين الميكانيك والحركة. وإن من أهم بارامترات المشي التي تساعد في تحليل وفهم حركة الإنسان وتحديد التشوهات ودرجة العجز التي يعاني منها الجهاز الحركي للإنسان هي العزوم التي تطبق على مفاصل الجسم بشكل عام وعلى مفاصل الأطراف السفلية بشكل خاص. لذلك كان من الضروري قياس أو حساب هذه العزوم وتحليلها وخاصة أنها تفسر حالات الاستقرار والتوازن والاستجابة لأي تشوه في المشي.

تنشأ العزوم المؤثرة على مفاصل الجسم البشري من عدة مصادر فقد تكون بسبب القوى الخارجية أي قوى ردود الأفعال بين القدم والأرض (GRF)، أو بسبب قوى العطالة التي تنشأ بسبب التسارعات الخطية لمركز ثقل أي قطعة من أجزاء الجسم، كما أن هناك العزوم التي تنشأ بسبب التسارعات الزاوية لمراكز ثقل أجزاء الجسم.

وبما أن القانون الأساسي في حساب العزوم هو:

العزم = القوة X ذراعها فقد تم تصميم جهاز (Force Plate) يعتمد على المبدأ البيزو كهربائي أو على

مبدأ الانفعال ويقيس مركبات قوة رد الفعل الخارجية في الاتجاهات الثلاث (FX, FY, FZ) حيث أن: القوة (FX) هي في المستوي السهمي أي في اتجاه تقدم سير الشخص وهي قوة أفقية وموجبة إلى الأمام، والقوة (FY) هي المركبة الشاقولية لقوة رد الفعل وموجبة إلى الأعلى، والقوة (FZ) هي قوة أفقية وتقع في المستوي الجبهي وتكون إما قوة تقريب تدفع القدم إلى الناحية الأنسية أو قوة تبعيد تدفع القدم إلى الناحية الوحشية. وتم تطوير نظام يستخدم الكاميرات التلفزيونية ويقيس الإحداثيات الثلاثية لمفاصل الجسم ولمراكز ثقل كل جزء من أجزاء الجسم مع الزمن وهذا يمكننا من الحصول على ذراع كل قوة وعلى التسارع الخطي والزاوي لكل جزء من أجزاء الجسم وبالتالي حساب كافة العزوم المؤثرة على المفاصل أثناء المشي.

٣-٢ الجانب العملي للبحث:

شارك في الدراسة ١٤ فتاة من الشباب متوسط أعمارهم (22±0.97) سنة ومتوسط أطواهم (1.6±0.04 m) وأما متوسط أوزانهم فهو (53±6.6 Kg) ومتوسط قياس القدم لديهم فهو (38±1 EUR)، كانوا جميعا بحالة صحية جيدة ولا يظهر عليهم أية تشوهات أو معاناة في المشي.

تم استخدام مخبر الميكانيك الحيوي الموجود في قسم الهندسة الطبية بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق. يتألف هذا المخبر من ستة كاميرات تلفزيونية لقياس الحركة ثلاثية الأبعاد لأجزاء الجسم. ويحتوي أيضاً على صفيحتي قوى من النوع البيزوكهربائي أبعاد كل منها (60 x 40 cm) لقياس قوى ردود الأفعال بين القدم والأرض. وقد تم تشغيل الكاميرات وصفائح القوى معا وبشكل متزامن بمعدل التقاط للصور (Sampling Frequency) قدره ٢٠٠ هرتز وكانت دقة قياس الإحداثيات ٠.٠٥ ملم.

لدى وصول المشاركة إلى المخبر كان يقدم لها شرح عن المخبر وعن أهداف التجربة وعن آلية إجراء التجربة، وتتم الإجابة على جميع تساؤلاتها، بعدها يتم تثبيت ثلاثة ماركرات على كل قطعة من أجزاء جسمها وذلك وفقا لبروتوكول Davis Heel العالمي. بعد ذلك يتم الطلب من المشاركة أن تمشي في المخبر والماركرات مثبتة عليها لكي تعتاد المشي دون أي تغيير بمشيتها، وعندها يتم إجراء التجربة بأن يتم تسجيل ثلاثة تجارب ناجحة لكل مشاركة وفي كل تجربة يسجل دورة مشي كاملة.

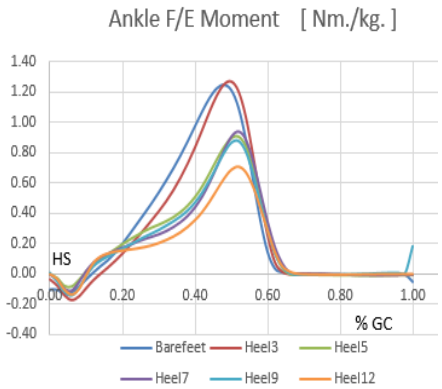
تم الحصول على قياسات صفائح القوى والكاميرات لكل مشاركة عند ستة ارتفاعات مختلفة لكعب الحذاء (٣ و ٥ و ٧ و ٩ و ١٢ سم وحالة بدون حذاء). وقد تدرجت التجارب من الكعب الأدنى إلى الكعب الأعلى ارتفاعاً وذلك للتقليل من تأثيرات التعب لأن المشي بالكعب العالي أكثر استهلاكاً للطاقة من المشي بالكعب المنخفض، كما منحت المشاركة فترة راحة كافية بين تجارب الكعوب الخمسة.

٤-النتائج ومناقشتها:

فيما يلي نبين النتائج التي حصلنا عليها في هذه الدراسة وسيتم عرض ومناقشة تغيرات العزوم على مفاصل الكاحل والركبة والورك في المستوي السهمي خلال دورة المشي مع تغير ارتفاع كعب الحذاء.

٤-١ العزم على مفصل الكاحل:

الشكل (٣) يبين نتائج تغيرات العزم المؤثر على مفصل الكاحل في المستوي السهمي مع تغير ارتفاع كعب الحذاء، ومن الشكل نلاحظ أن هناك تماثل بين المنحني الممثل لحالة حافي القدمين والمنحني الممثل لحالة ارتفاع عقب قدره ٣ سم وذلك من حيث الشكل والقيمة ولحظة ظهور النقاط المميزة مثل قمتي البسط والقبض خلال طور التلامس.



الشكل (٣) تغيرات العزم المؤثر على مفصل الكاحل في المستوي السهمي مع تغير ارتفاع كعب الحذاء.

وإن سبب تماثل نتائج هاتين الحالتين هو أن حالة ارتفاع كعب قدره ٣ سم هي قريبة جدا من حالة حافي القدمين، وهي في الواقع لاتعد من الكعوب العالية حيث أنها من الحالات المماثلة لارتفاع الكعب العادي الذي يرتديه الناس في غالبية أوقاتهم، وقد أشارت إحدى الدراسات [٨] ان ارتفاع الكعب المسموح به هو ٤.١٣ سم.

١. أما بالنسبة لارتفاعات الكعوب ٥ و ٧ و ٩ و ١٢ سم فقد تبين أن فيها اختلافات واضحة عن حالتي حافي القدمين وارتفاع ٣ سم، وأهم هذه الاختلافات:

٢. إن سرعة التحميل على القدم في اللحظة بين ٢٠% و ٤٧% من دورة المشي كانت أعلى في حالتي حافي القدمين وارتفاع ٣ سم منه للحالات الأربعة الأخرى ويزداد هذا الفرق كلما ازداد ارتفاع الكعب. وإن سبب هذا الاختلاف هو حالة عدم الاستقرار والآلام التي تعاني منها المشاركة قبل وخلال الفترة الزمنية المشار إليها.

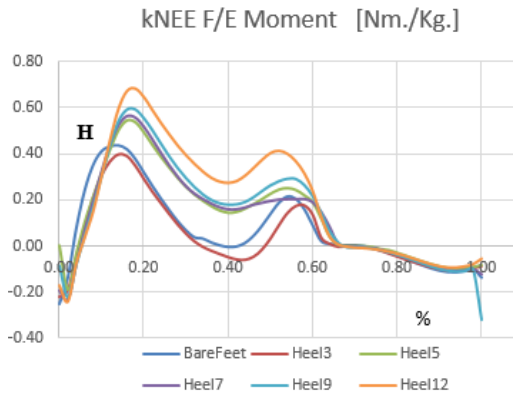
٣. إن قيمة العزم خلال طور التلامس بشكل عام وفي مرحلة الدفع (Push Off) بشكل خاص تكون منخفضة لحالات الكعوب الأربعة (٥ و ٧ و ٩ و ١٢ سم) مقارنة مع حالة حافي القدمين. وإن السبب الأساسي لهذا الاختلاف هو أن الكعب العالي قد قيد حركة مفصل الكاحل وقلل انبساط هذا المفصل عند مرحلة الدفع مما يؤدي إلى انخفاض قيمة قوة رد الفعل الشاقولية وبالتالي انخفاض مقدار العزم الناتج عنها.

٤. إن لحظة ظهور قمة عزم القبض المتوافقة مع مرحلة الدفع (٥٢% من دورة المشي) تتأخر لحالات الكعوب الأربعة (٥ و ٧ و ٩ و ١٢ سم) مقارنة مع حالة حافي القدمين (٤٧% من دورة المشي). وإن السبب الأساسي لهذا التأخر هو حركة مفصل الكاحل التي قيدت بسبب الكعب العالي مما سبب صعوبة في دوران مركز ثقل الجسم حول القدم.

٥. إذا: نلاحظ أن هناك تأثيرات كبيرة وهامة لارتفاع الكعب العالي على العزم المطبق على مفصل الكاحل وقد توافقت هذه النتائج مع البحوث السابقة [٥ و ٦].

٤-٢ العزم على مفصل الركبة:

الشكل (٤) يبين نتائج تغيرات العزم المؤثر على مفصل الركبة في المستوي السهمي مع تغير ارتفاع كعب الحذاء. ومن الشكل نلاحظ أن هناك تماثل بين المنحني الممثل لحالة حافي القدمين والمنحني الممثل لحالة ارتفاع عقب قدره ٣ سم وذلك من حيث الشكل والقيمة ولحظة ظهور النقاط المميزة.



الشكل (٤) تغيرات العزم المؤثر على مفصل الركبة في المستوي السهمي مع تغير ارتفاع كعب الحذاء.

أما بالنسبة لارتفاعات الكعوب ٥ و ٧ و ٩ و ١٢ سم فقد تبين أن فيها اختلافات واضحة عن حالتي حافي القدمين وارتفاع ٣ سم، وأهم هذه الاختلافات:

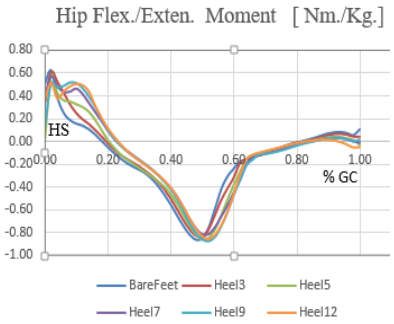
١. إن العزم المطبق على مفصل الركبة في المستوي السهمي هو عزم قبض خلال كامل طور التلامس، وهذا يختلف عن حالة العزم العامة المعروفة عند الانسان الطبيعي والتي تشبه إلى حد كبير حالة ارتفاع كعب قدره ٣ سم. ويعود سبب ذلك إلى أن مفصل الركبة يكون بحالة قبض كبير خلال طور التلامس وأن جذع الإنسان يكون بحالة بسط كبير خلال طور التلامس أيضا، وهذا يساهم في نقل مركز ثقل الجسم إلى الخلف ليعدل الانتقال القسري الذي تعرض له إلى الأمام بسبب ارتداء الكعب العالي، وهذه التغيرات تتوافق مع البحث [٥].

٢. إن قيمة العزم المطبق على مفصل الركبة خلال طور التلامس هو عزم قبض وقيمته أكبر من مثيلاتها عند الانسان في حالات الكعوب العادية. ويعود سبب ذلك إلى أنه نتيجة لتغير حركة الجذع ومفصل الركبة كما بينا في البند الأول من هذه الفقرة فإن ذراع قوة رد فعل الأرض يصبح أكبر وبالتالي فإن عزمه يصبح أكبر أيضاً.

إن الاختلافات التي نوقشت أعلاه تؤدي إلى زيادة إجهاد مفصل الركبة خلال المشي وبالتالي إجهاد الفتاة التي ترتدي الكعب العالي وظهور تشوهات في المفصل مع مرور الزمن.

٤-٣ العزم على مفصل الورك:

الشكل (٥) يبين تغيرات العزم المؤثر على مفصل الورك في المستوي السهمي مع تغير ارتفاع كعب الحذاء. نلاحظ أن العزم المطبق على مفصل الورك في النصف الأول من طور التلامس هو عزم قبض وأن قيمته لحالات الكعب العالي هي أكبر منه لحالة حافي القدمين، وتزداد قيمته كلما ازداد ارتفاع كعب الحذاء. أما في نهاية طور التلامس فإننا نلاحظ أن العزم هو عزم بسط، وأن قيمته لحالات الكعب العالي هي أكبر منه لحالة حافي القدمين، وتزداد قيمته كلما ازداد ارتفاع كعب الحذاء.



الشكل (5) تغيرات العزم المؤثر على مفصل الورك في المستوي السهمي مع تغير ارتفاع كعب الحذاء.

وإن سبب هذه التغيرات هو تغير مكان مركز ثقل الجسم الذي يتغير ليحافظ على الاستقرار، وأن هذا التغير يزيد من طول ذراع[١] قوة رد فعل الأرض مما يزيد قيمة العزم المطبق على مفصل الورك خلال طور التلامس.

٥-الخاتمة:

لقد أظهرت النتائج أن ارتداء الكعب العالي يؤثر سلبا بشكل كبير على العزوم المطبقة على مفاصل الطرف السفلي. فقد أدت إلى نقصان في العزم المطبق على مفصل الكاحل وإلى زيادة في العزوم المطبقة على مفاصل الركبة والورك خلال طور التلامس، وقد أدت أيضا إلى تغيير نمط العزم على مفصلي الكاحل والركبة. وهذا يسبب زيادة في الطاقة المصروفة، وعدم ارتياح وآلام في الأقدام والمفاصل وقد يسبب تشوهات في المشي وفي المفاصل وفي العمود الفقري على المدى البعيد. دلت النتائج على أن العزوم المتوافقة مع ارتفاع كعب قدره ٣ سم هي قريبة جدا من الطبيعي وأن هذا الارتفاع لا يعتبر من الارتفاعات العالية.

[١] ذراع هذه القوة هو طول العمود النازل من نقطة HJC على المستقيم الحامل لقوة رد الفعل بين القدم والأرض.

Reference

[1] Weon J. H. and Cha H. G. (2018) "The influence of high heeled shoes on balance ability and walking in healthy women". J. Phys. Ther. Sci. 30: 910–912

[2] Shang J., Geng X., Wang C., et al. (2020) "Influences of high-heeled shoe parameters on gait cycle, center of pressure trajectory, and plantar pressure in young females during treadmill walking". Journal of Orthopaedic Surgery, 28(2), pp. 1–9.

[3] Gastwirth B. W., O'Brien T., Nelson R. M., Kindig SA. And Maneger D.C. (1991) "An electrodynographic study of foot function in shoes of varying heel heights" Journal of the American Podiatric Medical Association 81(9):463-72

[4] Nguyen L.Y., Harris K.D., Morelli K.M., Tsai L.C., (2021) "Increased knee flexion and varus moments during gait with high-heeled shoes: A systematic review and meta- analysis". Gait Posture. 85:117-125.

[5] Hamandi S. J., & Ruken D. M. (2020) " Biomechanical study with kinematic and kinetic descriptions of the effect of high-heeled shoes in healthy adult females based on gait analysis". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 671, 012063.

[6] Esenyel M., Walsh K., Walden J. G. and Gitter A. (2003) "Kinetics of High-Heeled Gait" Journal of the American Podiatric Medical Association • V. 93 • No 1.

[٧] Fath J., Jurek S., Secoy J. (2016) "Kinetic and Kinematic Differences of Barefoot versus High-Heeled Gait in Healthy, Young Adult Females": A Pilot Study. Research Project Paper, Department of Physical Therapy, Angelo State University.

[8] Koussihouèdé F. E. N., Falola J. – M., Lawani M. M., Gouthon P., Avossevou Y. G., Lawani S. (2015) "Wearing High Heel Shoes During Gait: Kinematics Impact and Determination of Comfort Height". American Journal of Life Sciences. Vol. 3, No. 2, pp. 56-61. doi: 10. 11648/j.ajls.20150302.11