تأثير استخدام الكعب العالي على المحددات الحركية لمشية الإنسان

د م زهير مرمر[1]

الملخص

إن الكثيرين من الناس يحبون ارتداء الكعب العالي وخاصة السيدات منهم حيث أنه يعطيهم المظهر الأنيق والقوام المتميز وكثيرا ما يعطيهم الثقة العالية بالنفس، لكنهم يغفلون عن تأثيراته الجانبية السلبية، فهو يؤدي إلى تقييد لحركة مفاصل الأطراف السفلية بشكل عام (الكاحل والركبة والورك) كما يغير في موضع مركز ثقل الجسم وبالتالي يوثر على التوازن وهذا بدوره يؤدي إلى تغير في وضعية جذع الإنسان في الفراغ وإلى تغيير في معظم بارامترات المشي. وقد قام الكثير من الباحثين بدراسة تأثير الكعب العالي على المشي إلا أن غالبية تلك الدراسات لم تكن شاملة فبعضها اقتصر على الأطراف السفلية فقط وبعضها درس أحد جانبي الإنسان وبعضها أخذ فقط مجالا ضيقاً من ارتفاعات الكعب.

تم في هذا البحث استخدام مخبر الميكانيك الحيوي في قسم الهندسة الطبية بجامعة دمشق لدراسة تأثير استخدام الكعب العالي على المحددات الحركية لمشية الإنسان وللجانبين معا. حيث تم استخدام ستة كاميرات تلفزيونية لتسجيل الإحداثيات الثلاثية لنقاط محددة من الجسم مع صفيحتين للقوى لقياس قوى ردود الأفعال بين القدم والأرض، وقد تم تشغيل الكاميرات وصفائح القوى معا في آن واحد وبشكل متزامن عند تردد لالتقاط المعلومات (Sampling Frequency) قدره 200 هرتز.

أجريت التجارب على 14 فتاة بأعمار وأطوال وأوزان متقاربة وتم تسجيل البيانات وحساب المحددات الحركية للجذع ولمفاصل الكاحل والركبة والورك في المستوي السهمي لكل فتاة ولستة ارتفاعات مختلفة لكعب الحذاء وهي على التتالي حافي القدمين وارتفاع 3 و5 و 7 و 9 و 12 سم. بينت النتائج أن ارتداء الكعب العالي يقيد حركة مفصل الكاحل، ويزيد من قبض مفصل الركبة خلال طور التلامس، ويؤثر بشكل كبير على حركة الجذع خلال دورة المشي، وإن جميع هذه التأثيرات تزداد كلما ازداد ارتفاع كعب الحذاء.

الكلمات المفتاحية: الكعب العالي، تشوهات المشي، انحرافات المشي، تحليل المشي، محددات المشي الحركية، آثار الكعب العالي.

(1) أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.
دمشق، سورية، ص.ب. 86 البريد الالكترونيzmmarmar013@gmail.com.:

Effects of High heeled shoe on the kinematics of Walking

Zouheir Marmar

Abstract

Many people like to wear high heeled shoe because it gives them a cosmetic appearance and it makes them more confidence. However, most of them are not aware of the side effects of wearing high heeled shoe, this may be resultant in gait deviations, foot deformity, low back pain and may restricts the whole movement of lower extremity's joints.

Lots of works have been conducted in order to determine the side effects of wearing high heeled shoe, but most of them suffered from limitations, such as studying only one side of the human body or studying only the lower extremities or studying a narrow range of heel heights.

In this research the gait parameters of girls wearing high heeled shoe were inspected. This was conducted in the biomechanical laboratory at Damascus university. Six TV – Cameras were used to register the three dimensional coordinates of certain landmarks fixed on the whole body of the participant, and two Kistler force plates were used to measure the ground reaction forces (GRF) between the foot and the ground. Cameras and force plates ran together continuously at a sampling frequency of 200 Hz. Fourteen girls Participated in this work, they were approximately of the same age, height weight. Kinematics data were collected and analyzed for the whole body. The movements of ankle, knee, hip and trunk were calculated for each participant in six different heel height cases: they are bare feet, 3, 5, 7, 9, 12 cm.

The results showed that the high heeled shoe is restricting the movement range (the angle) of the ankle joint, and increasing the knee flexion angle during stance phase in sagittal plane. It is also affecting the trunk flexion\extension angle during the gait cycle. It was found that all deformities and deviations in the body kinematics increased when the heel height increased.

Keywords: Gait analysis, Gait deviation, kinematic of gait parameters, high heel.

1- المقدمة:

يعد الحذاء ذو الكعب العالي من الخيارات المفضلة لدى العديد من النساء، ترتديه بعض النساء بصفة يومية، حتى عند الذهاب للعمل أو القيام بالتسوق، وبعض النساء الأخريات تفضل ارتدائه في المناسبات والأوقات الخاصة فقط ليضيف لمسة جمالية لمظهرهن. تمتاز النساء اللاتي يرتدين هذا النوع من الأحذية بثقة كبيرة بالنفس تجعلهن أكثر جاذبية من غيرهن، كما أن شخصية المرأة تفرض نفسها وبقوة على نوعية وطول الكعب العالي الذي تحتاجه. ووفقاً للرابطة الطبية الأمريكية لطب القدم فإن 39–69٪ من النساء يرتدين الكعوب العالية، و40٪ منهن يرتدينها يومياً ويتجاهلن تأثيراتها الضارة على العظام والعضلات الهيكلية وآلام أسفل الظهر ومقدمة القدم وإبهام القدم الأروح [1].

يعد الحفاظ على التوازن أمراً معقداً وخاصة أثناء عملية المشي بسبب نمط حركة الأطراف السفلية. حيث يؤدي ارتداء الأحذية إلى تقييد الحركة الطبيعية للقدم ويقلل من استقرار المشي. تجبر الأحذية ذات الكعب العالي القدم على الانبساط مما يؤدي إلى عدم الاستقرار في المشية وتغير في وضع القدم أثناء الوقوف والمشي مما ينتج تغيرات ميكانيكية تعويضية للحفاظ على التوازن، وهذه التغيرات في حركة المشي قد تسهم في عدة مضاعفات، مثل الإفراط في استخدام العضلات وإصابات الإجهاد وتنكس المفاصل وزيادة خطر السقوط وآلام الظهر والقدم [2].

لذلك كان لابد من البحث في آثار ارتداء الكعب العالي على مشية الإنسان وبالتالي على الإنسان بحد ذاته. وإن قياس بارامترات المشي الحركية والتحريكية ثم تحليل التغيرات التي تحدث فيها نتيجة ارتداء الكعب العالي تقدم لنا التقييم الدقيق لتلك الآثار. وفي هذا المقال سيتم قياس عرض تغيرات البارامترات الحركية للمشي (زوايا الكاحل والركبة والورك والجذع) لعدد من الفتيات ثم التحليل والمناقشة.

2- الدراسات المرجعية:

تنوعت وتعددت الدراسات والأبحاث التي تناولت أثر ارتداء الكعب العالي على المشي، وما تزال هذه الأبحاث متجددة لما لها من أهمية في مجال فهم الآلية التي تتغير من خلالها طريقة المشي أثناء ارتداء الكعب العالي و تأثيرها على العضلات والعظام. بالإضاقة إلى أهميتها في تصميم الأحذية ذات الكعوب العالية و جعلها أكثر راحة و أقل أذى لمن يستخدمها. كما أن تطور طرق تحليل المشي و قياس محدداته أدى إلى نشوء أبحاث جديدة تستخدم هذه الطرق في تقييم أثر ارتداء الكعب العالي على المشي.

في دراسة عام 2012 تم قياس تأثير ارتداء الكعب العالي على المشي لخمسة عشر شابة تحملن أحمالاً ذات أوزان مختلفة. مع التركيز على مفاصل الأطراف السفلية. درسوا عزوم مفاصل الكاحل والركبة والورك في المستويين الأمامي والسهمي عند ارتداء كعب مسطح و كعوب بطول 30 و 90 ملم عند أحمال 5 و 10 كغ. أظهرت النتائج أنه مع زيادة ارتفاع الكعب يزداد العزم الباسط للورك بشكل ملحوظ. وقد تبين أيضاً أن التغيرات في المحددات الحركية والتحريكية للمفاصل أثناء ارتداء الكعب العالي مع وجود حمل أكبر بكثير التغيرات التي تحصل لكل حالة على حدى [3].

في عام 2015، قام Loredo وزملاؤه بدراسة مقارنة حول حركة الأطراف السفلية خلال مراحل مختلفة من المشي أثناء ارتداء أحذية بكعب منخفض وكعب عالي عند الرياضيين الشباب مثل العدائين. وقد وجدوا أنه خلال المشي بالأحذية ذات الكعب العالي انخفض كل من طول الخطوة ومجال حركة مفصل الكاحل، مما تسبب في سرعات مشي أبطأ وإيقاع أعلى [4].

وقد قام الباحث Nadège وزملاؤه عام 2015 أيضا برصد البارامترات الحركية أثناء المشي مع ارتداء الكعب العالي لتحديد طول الكعب المريح و الذي تكون فيه مخططات المشي أقل شذوذاً. أجري البحث على 15 فتاة أعمارهن 22.4 ± 2.56 ومؤشر كتلة الجسم لديهن (BMI = 22.17 ± 1.72 $[Kg\backslash m^2]$)، تم إجراء التجارب والقياسات على حالة حافي القدمين أولا وبعدها أجريت التجارب على الفتيات عند ارتداء أحذية بثمان ارتفاعات مختلفة تراوحت بين 2 سم و9 سم. تم استخدام بساط المشي عند السرعة التي اختارتها المشاركة عند المشي بدون

حذاء (Ffcwh) وعند ±20 Ffcwh % وقد وجدوا خلال دراستهم ان الارتفاع المريح عند السرعة التي اختارتها المشاركة بدون حذاء هو الارتفاع الذي يكون عنده معدل ضربات القلب أقل ما يمكن والاضطراب في مخططات الحركة في الحد الأدنى وتبين لهم أن ارتفاع الكعب الأمثل هو 0.34.4.13 ± cm كما وجدوا نقصاناً في طول دورة المشي وهذا النقصان هام إحصائياً وزيادة في زمن طور التأرجح و قد فسروا ذلك بأن المشاركات يحاولن استعادة التوازن خلال المشي وأكدوا توافق نتائج دراستهم مع عدد من الدراسات المرجعية السابقة، اقتصرت الدراسة على جزء بسيط من البارامترات الحركية وهو طول دورة المشي وزمني كل من طوري التأرجح والتلامس [5].

في عام 2020 قام Hamandi وزميلته بدراسة الميكانيك الحيوي للمحددات الحركية والتحريكية عند ارتداء الكعب العالي للنساء باستخدام تحليل المشي. وقد أجروا التجارب على خمس نساء متطوعات شابات وسليمات ولا يوجد لديهن أمراض أو أذيات في العضلات والعظام. ومعظمهن معتاد على ارتداء الكعب يومياً، و كان متوسط أعمارهن حوالي 22.4 عاماً ومتوسط أطوالهن 160 cm ومتوسط أوزانهن 59.8 kg وكان يطلب من المتطوعة أن تمشي دون حذاء وأن تمشي بكعوب ذات ارتفاعات 1 cm و 5 cm و 7 cm وقد بينت الدراسات أن طول الخطوة ومجال زاوية الكاحل قد تناقصا بزيادة ارتفاع الكعب مما أدى إلى نقصان سرعة المشي وزيادة دورة المشي وبالتالي زيادة قوى ردود فعل الأرض الشاقولية وزيادة العزم على مفصل الركبة. كما أوصت الدراسة النساء بعدم ارتداء الأحذية ذات الكعوب التي تتجاوز ارتفاعاتها 5 cm وذلك لتجنب التأذي وللمحافظة على الراحة أثناء المشي. استخدمت في هذه الدراسة صفيحتي قوى وكاميرا جانبية وأربعة معلمات فقط تم وضعها على كل من الورك والركبة والكاحل ومقدمة القدم وبالتالي تمت دراسة المحددات في المستوي الجانبي فقط. وقد أظهرت النتائج زيادة الانقباض الأخمصي للكاحل بزيادة ارتفاع الكعب وقد وجدوا أيضاً أنه عند الكعوب العالية قد لا يحقق الكاحل أي انقباض ظهراني. أما بالنسبة لمفصل الركبة فقد وجدوا زيادة انقباض مفصل الركبة بازدياد ارتفاع الكعب وأن الركبة قد لاتصل إلى البسط الكامل عند زيادة ارتفاع الكعب [2].

في دراسة للباحث Wiedemeijer وزميله أجريت عام 2018 حيث تم جمع عدد من الدراسات المرجعية المتعلقة بالمشي عند ارتداء الكعب العالي ودراستها، وتم تصنيف نتائج هذه الدراسات ضمن إطاري الميكانيك الحيوي والتحكم بالمفاصل. وقد تبين أن هناك اختلافات كبيرة في وظائف كل من القدم ومفاصل الكاحل والركبة وأسفل الظهر خلال عملية المشي، وقد أدى ذلك إلى تغير في كل من طول الخطوة والتوازن في محاولة للتعويض عن المحدودية التي ظهرت في وظائف المفاصل. وان زيادة ارتفاع الكعب قد أدت إلى زيادة في بسط القدم وهذا بدوره أدى إلى زيادة انقباض مفصل الركبة وإلى بسط الجذع إلى الخلف (Lordosis) وخاصة أسفل الظهر، وقد بين الباحثان أنه يمكن ربط جميع التغيرات مع بعضها البعض عن طريق مخططات المشي والحركة والتي تظهر جلياً ماذا يحدث في كل مفصل من مفاصل الجسم عند ارتداء الكعب العالي[6]. وقد تمت الإشارة إلى أن تغير واحد في وضع القدم نتيجة ارتداء الكعب العالي يمكن أن يؤثر على كامل مخططات المشي، وتم التأكيد على أن نقصان مجال حركة مفصل الكاحل في المستوي السهمي يعود إلى انبساط القدم وزيادة فعالية كل من العضلة الظُنبوبية الأمَامِيّة والعضلة ثُلاثِيَّة الرُؤُوْس الرَّبْلِيَّة. أما في المستوي الجبهي فيكون ذلك في بداية التلامس بسبب نقصان مساحة قاعدة الكعب حيث يتأثر التوازن عند دوران القدم. ويتم تعويض مجال الحركة الصغير للكاحل بزيادة توليد الطاقة عند مفصل الركبة، وزيادة مجال الحركة لمفصل الركبة خلال طور التلامس. حيث يزداد انقباض مفصل الركبة خلال طور التلامس بسبب نقصان عزوم البسط وتأخرها، بينما يقل الانقباض في طور التأرجح و ذلك بسبب ارتفاع مفصل الورك للساق المتأرجحة. كما يحدث انقباض لمفصل الورك خلال طور التلامس ويمتد حتى زمن متأخر من هذا الطور وهذا يترافق مع زيادة في بسط الجذع [6].

في عام 2003 قام Esenyel, M. وزملاؤه بدراسة مقارنة بين المشي بالكعب العالي (ارتفاع 6 cm) وبكعب منخفض (1 cm) لنفس الشخص، وقاسو التغيرات في حركة المفاصل

نتيجة ارتداء الكعب العالي. أجريت التجارب على 15 امرأة من المجتمع المحلي ليس لديهن أية أمراض في العضلات الهيكلية. وأخذت القياسات الكمية للمعطيات الحركية والتحريكية وقوى ردود الأفعال في المستويين السهمي والجبهي باستخدام نظام تحليل الحركة VICON، وقد وجدوا نقصاناً مهماً في عزوم عضلات البسط للكاحل وفي الطاقة والعمل الحاصلين خلال طور التلامس. وازداد عمل العضلات القابضة لمفصل الورك خلال الانتقال من طور التلامس إلى طور التأرجح. أما في المستوي الجبهي فقد وجدت زيادة في العزوم لكل من الورك والركبة، واستنتجوا أن كل ذلك سيعرض حتما مرتدي الأحذية ذات الكعوب العالية على المدى الطويل إلى آلام عضلية هيكلية [7].

3- الأسس النظرية للبحث:

إن تحليل مشية الإنسان يستند بشكل أساسي على قوانين الميكانيك العامة وبالأخص قوانين الحركة والتحريك. وأن أهم بارامترات المشي التي تساعد في تحليل وفهم حركة الإنسان وتحديد التشوهات ودرجة العجز هي البارامترات الحركية والبارامترات التحريكية وبارامترات المسافة والزمن.

لذلك تم التركيز في هذا البحث على قياس البارامترات الحركية لمفاصل الكاحل والركبة والورك وحركة الجذع في المستوي السهمي. حيث تم حساب تغيرات زوايا هذه المفاصل خلال دورة المشي انطلاقا من الإحداثيات الثلاثية للماركات التي ثبتت على كل جزء من أجزاء الجسم والتي تم الحصول عليها بواسطة الكاميرات. تم تحديد إحداثيا مراكز مفاصل الكاحل (AJC) والركبة (KJC) والورك (HJC) وتم تحديد إحداثيات بداية ونهاية القطعة المستقيمة الممثلة لمحور الجذع الطولي[1]. ثم تم حساب زوايا الحركة في المستوي السهمي وفقاً لما يلي:

زاوية مفصل الكاحل: هي الزاوية الحاصلة بين محور الساق الطولي ومحور القدم الطولي.

زاوية مفصل الركبة: هي الزاوية الحاصلة بين محوري الساق والفخذ الطوليين.

زاوية مفصل الورك: هي الزاوية الحاصلة بين محور الفخذ الطولي وخط الشاقول المار من مركز مفصل الورك (HJC).

زاوية الجذع: هي الزاوية الحاصلة بين محور الجذع الطولي وخط الشاقول المار من نقطة منتصف القطعة المستقيمة الواصلة بين الماركتين المثبتتين على الكتفين الأيمن والأيسر.

4- الجانب العملي للبحث:

شارك في الدراسة 14 فتاة من الشباب المتقاربين في العمر والطول وكان متوسط أعمارهم (22.57 ± 0.97 year) ومتوسط أطوالهم (1.6 ± 0.04 m)، وأما متوسط أوزانهم فكان (53.1 ± 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، ويحتوي على نظام متكامل لتحليل الحركة (motion analysis system) ومن أهم استخدامات هذا النظام هو تحليل مشية الانسان، لذلك كثيراً ما يدعى بمخبر تحليل المشي (Gait analysis Laboratory). يتألف هذا المخبر على ستة كاميرات تلفزيونية (TV – Camera) من صناعة شركة BTS الإيطالية لقياس حركة الماركرات المثبتة على شخص التجربة، وعلى صفيحتي قوى من نوع (Kistler Force Plate, Type:9281E) السويسرية أبعاد كل منها (40 x 60 cm) لقياس قوى ردود الأفعال بين القدم والأرض. وقد تم تشغيل الكاميرات وصفائح القوى معا وبشكل متزامن بمعدل التقاط للصور (Sampling Frequency) قدره 200 هرتز. الكاميرات وصفائح القوى موصولة إلى كمبيوتر يتحكم بتشغيلها ويحتوي على مجموعة من البرامج لاستحصال القياسات (Data Collection) وحفظ النتائج وإجراء معالجة البيانات وصولا إلى تقارير تحليل المشي السريري. في كل زيارة للمشاركات وقبل القيام بأية عملية استحصال للبيانات كانت تتم معايرة الكاميرات ويتم التأكد من

[1] محور الجذع الطولي: هو المستقيم الواصل بين نقطة منتصف المسافة بين الماركتين المثبتتين على الكتفين الأيمن والأيسر ونقطة منتصف المسافة بين مركزي الوركين الأيمن والأيسر.

دقتها، وكانت المعايرة لا تعتبر مقبولة حتى نحصل على دقة قدرها 0.05 ملم.

لدى وصول المشاركة إلى المخبر كان يقدم لها شرح عن المخبر وعن أهداف التجربة وعن آلية إجراء التجربة، وتتم الإجابة على جميع تساؤلاتها بينما كانت تتناول كأساً من القهوة أو الشاي. وبعد التأكد من أنها اقتنعت تماما بإجراء التجربة كان يتم تثبيت ثلاثة ماركرات على كل قطعة من أجزاء جسمها وذلك وفقا لبروتوكول Davis Heel العالمي [8]. 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. والتجربة الناجحة هي التجربة التي تمشي فيها المشاركة بشكل طبيعي وسرعة طبيعية وتتوضع كل قدم بشكل كامل على إحدى صفائح القوى، ويتم فيها أيضاً تسجيل (باستخدام الكاميرات الستة) إحداثيات جميع الماركرات المثبتة على الجسم ولكلا الجانبين الأيمن والأيسر دون ضياع أي ماركر.

تم الحصول على محددات المشي لكل مشاركة في ستة ارتفاعات مختلفة لكعب الحذاء (3 و 5 و 7 و 9 و 12 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 [9]، كما منحت المشاركة فترة راحة كافية بين تجارب الكعوب الخمسة.

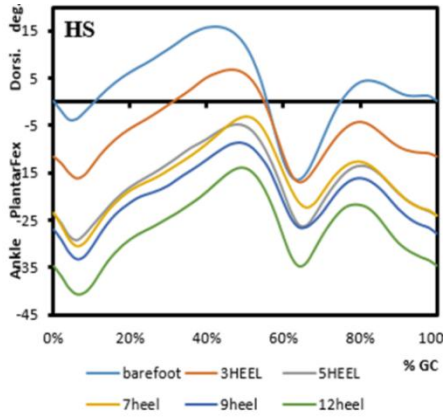
5- النتائج ومناقشتها:

سوف نعرض فيما يلي النتائج الحركية (زوايا الكاحل والركبة والورك والجذع) التي تم الحصول عليها من إجراء هذا البحث، وسوف نقوم بمناقشة هذه النتائج وفقاً لتسلسل عرضها لكل محدد على حدة وقد يتم دمج المناقشة لأكثر من محدد وذلك وفقاً لضرورة التوضيح وضرورة ربط النتائج والمحددات مع بعضها.

في البداية يجب الإشارة إلى أن كل منحني من منحنيات النتائج التالية هو متوسط لقراءات 14 شخص، وأن نتائج كل شخص هي متوسط ثلاثة دورات مشي ناجحة أخذت في يوم واحد. وقد تم اختبار كل شخص بستة حالات مختلفة وهي: حافي القدمين، ثم كعب بارتفاع 3 و 5 و 7 و 9 و 12 سم على التتالي.

5-1 زاوية مفصل الكاحل:

الشكل (1) يبين منحنيات تغير زاوية مفصل الكاحل خلال دورة المشي وفقا لتغير الارتفاعات المدروسة لكعب الحذاء.



الشكل (1) يبين منحنيات تغيرات زاوية مفصل الكاحل في المستوي السهمي خلال دورة المشي وفقا لتغير ارتفاعات (بالسم) كعب الحذاء.

نلاحظ أن المنحنيات الستة متشابهة من حيث الشكل (Pattern) إلا أنها تختلف عن بعضها عند كثير من الأحداث وذلك في قيمة الزاوية وفي لحظة حدوث نقاطها وقممها المميزة. حيث نلاحظ أن قيمة زاوية المفصل تكون صفرا (أي بحالة حيادية لا بسط ولا قبض) تقريباً عند ملامسة عقب القدم للأرض (HS) وذلك عندما يكون الشخص حافي القدمين وهذا نجده دائما لدى الإنسان الطبيعي. أما في حالات الكعب العالي جميعها فإننا نجد أن زاوية مفصل الكاحل تكون بحالة بسط عند HS وتكون قيمة هذا البسط مختلفة مع قيمة ارتفاع الكعب وتبدأ من حوالي 12 درجة عند ارتفاع للكعب قدره 3 سم وتصل إلى بسط قدره 35 درجة عند ارتفاع للكعب قدره 12 سم. ويعود سبب هذا البسط إلى أنه عند ارتداء الكعب العالي ونتيجة لارتفاع عقب القدم فإن مركز ثقل الشخص ينتقل إلى الأمام فيقوم الشخص ببسط جذعة إلى الخلف (وهذا واضح في مخطط الجذع) في محاولة لإعادة مركز ثقل الجسم إلى وضعية ما قبل ارتداء الكعب العالي أي وضعية حافي القدمين. إضافة إلى ذلك فإن أي

محاولة من الشخص لتقليل زاوية بسط مفصل الكاحل سوف تترافق مع انتقال مركز ثقله إلى الأمام بشكل قد يؤدي إلى انقلابه إلى الأمام أيضاً.

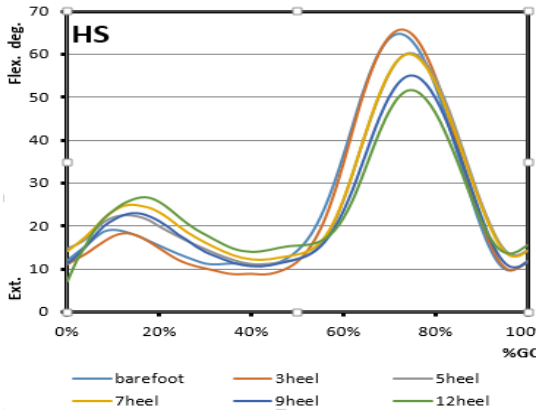
من الملاحظ أيضا أن لحظة ظهور الانقباض الأعظمي لزاوية مفصل الكاحل خلال طور التلامس (عند طور الدفع Push off (PO)) تتأخر لدى ارتداء الكعوب العالية (>50% من دورة المشي (GC)) عن تلك حالة حافي القدمين (42% من GC) ويزداد هذا التأخر كلما ازداد ارتفاع الكعب. ويعود سبب هذا التأخر إلى أن الشخص يعاني من مقاومة أثناء دوران كتلة جسمه حول مركز الضغط (CP) من أجل انتقال مركز الثقل من الخلف إلى الأمام، وإن سبب هذه المقاومة يعود إلى سببين أساسيين: الأول هو انبساط الجذع الكبير عند HS والثاني هو أن الكعب العالي يزيد من ارتفاع مركز ثقل الجسم عن الأرض وهذا يولد عزوما أكبر على المفاصل ويحتاج طاقة أكبر لنقل مركز ثقل الجسم من الخلف إلى الأمام وذلك بدورانه حول الرجل التي أصبحت أطول من حالة الكعب العادي أو حلة حافي القدمين.

إضافة إلى ذلك فإنه من الملاحظ أن مجال حركة مفصل الكاحل من لحظة PO الموافقة لأكبر زاوية قبض خلال طور التلامس إلى اللحظة الموافقة لأكبر زاوية بسط خلال طور التأرجح (عند 64% من GC) يتناقص كلما ازداد ارتفاع كعب الحذاء. أي أن حركة المفصل تصبح مقيدة عند ارتداء الكعب العالي ويزداد هذا التقييد كلما ازداد ارتفاع كعب الحذاء. وأن سبب هذا التقييد ممكن أن يرد إلى الصعوبة في إنهاء طور التلامس عند الرجل المدروسة بسبب صعوبة تقدم الجسم إلى الأمام عند الرجل الثانية، وهذا قد يسبب أيضاً ضعف في قوة الدفع التي تتأثر بمجال حركة مفصل الكاحل وتؤثر بدورها على حركة القدم خلال طور التأرجح.

ولدى مقارنة نتائج هذه الدراسة مع الدراسات السابقة تبين أن النتائج تتوافق مع نتائج الأبحاث [2, 7] وخاصة في مجال حركة مفصل الكاحل من لحظة PO خلال طور التلامس إلى اللحظة الموافقة لأكبر زاوية بسط خلال طور التأرجح، حيث أن هذا المجال يتناقص مع ازداد ارتفاع كعب الحذاء، وهذا يؤكد أن حركة مفصل الكاحل تصبح مقيدة عند ارتداء الكعب العالي ويزداد هذا التقييد كلما ازداد ارتفاع الكعب.

5-2 زاوية مفصل الركبة:

الشكل (2) يبين منحنيات تغير زاوية مفصل الركبة خلال دورة المشي وفقا لتغير الارتفاعات المدروسة لكعب الحذاء.



الشكل (2) منحنيات تغير زاوية مفصل الركبة في المستوي السهمي خلال دورة المشي وفقا لتغير ارتفاعات (بالسم) كعب الحذاء.

يتميز مخطط زاوية الركبة خلال دورة المشي بأن فيه انقباضين رئيسيين: الأول خلال طور التلامس والثاني خلال طور التأرجح. نلاحظ من الشكل (2) أن زاوية الركبة متطابقة إلى حد كبير في الشكل والقيم بين حالات حافي القدمين وحالات ارتداء كعب بارتفاع قدره (3) سم، وهي متطابقة أيضاً مع حالات الإنسان الطبيعي وذلك في طوري التلامس والتأرجح. وسبب هذا التطابق هو أن الارتفاع 3 سم قريب جداً من الارتفاعات العادية التي يرتديها الناس في حياتهم الطبيعية. أما عند ارتداء أحذية بباقي الارتفاعات (5 و 7 و 9 و 12 سم) فإننا نلاحظ أن انقباض مفصل الركبة خلال طور التلامس يزداد مع ازدياد ارتفاع الكعب (27 درجة لحالة 12 سم ارتفاع) مقارنة مع حالة حافي القدمين (17 درجة)، وأن لحظة ظهور قمة هذا الانقباض تتأخر مع زيادة ارتفاع الكعب (18% من GC لارتفاع 12 سم) مقارنة مع حالة حافي القدمين (10% GC). إن سبب ازدياد قيمة هذا الانقباض هو محاول من الشخص المدروس لتصغير

المسافة بين مركز ثقل الجسم (CG) ونقطة مركز الضغط بين القدم والأرض (CP) حيث أن هذه المسافة قد ازدادت بسبب الكعب العالي وإن ازديادها يؤدي إلى زيادة في الطاقة المصروفة خلال المشي، كما أن ازدياد هذه المسافة يؤدي أيضا إلى صعوبة في تقدم الجسم إلى الأمام وهذا هو سبب تأخر ظهور قمة هذا الانقباض مقارنة مع حالة حافي القدمين.

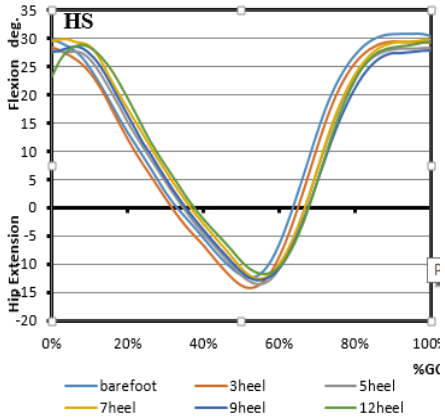
ومن الملاحظ أيضا أنه عند ارتداء أحذية بارتفاعات (5 و 7 و 9 و 12 سم) فان انقباض مفصل ل الركبة خلال طور التأرجح يتناقص مع ازدياد ارتفاع الكعب (51 درجة لحالة 12 سم ارتفاع) مقارنة مع حالة حافي القدمين (66 درجة). ويعود سبب هذا التناقص في الانقباض إلى انخفاض سرعة الأشخاص مع ازدياد ارتفاع الكعب، وقد يكون أيضاً بسبب ضعف قوة الدفع التي تتأثر بحرية حركة عضلات مفصل الكاحل وأن هذه الحركة قد تم تقييدها بسبب الكعب العالي.

ولدى مقارنة نتائج هذه الدراسة مع الدراسات السابقة تبين أن النتائج اتفقت مع البحث [7] في طوري التلامس والتأرجح واتفقت مع البحث [2] خلال طور التلامس فقط لكنها اختلفت معه خلال طور التأرجح بشكل واضح.

5-3 زاوية مفصل الورك:

الشكل (3) يبين منحنيات تغير زاوية مفصل الورك خلال دورة المشي وفقا لتغير الارتفاعات المدروسة لكعب الحذاء.

من الشكل نلاحظ أن هناك تغيرات طفيفة لزاوية الورك مع تغيرات ارتفاع كعب الحذاء خلال دورة المشي، وان هذه التغيرات قد لا تكون ذات معنى من حيث قيمتها فهي بحدود (2±) درجة. إلا أنه يمكن الملاحظة بوضوح أن زاوية انقباض الورك تزداد بازدياد ارتفاع الكعب وذلك في الفترة من HS حتى منتصف طور التلامس. وأن سبب هذا الازدياد هو محاولة الشخص أن يعوض عن الانبساط الكبير الذي ظهر على مفصل الكاحل عند بداية تلامس القدم مع الأرض.

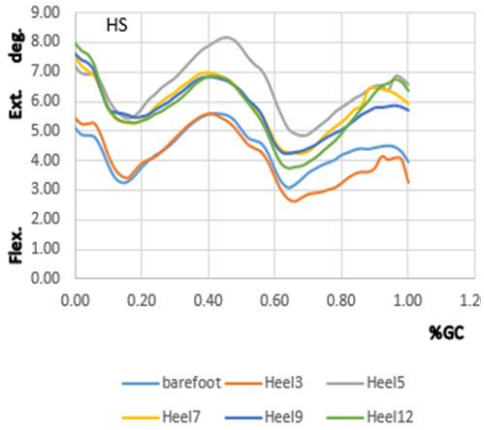


الشكل (3) منحنيات تغير زاوية مفصل الورك في المستوي السهمي خلال دورة المشي وفقا لتغير ارتفاعات (بالسم) كعب الحذاء.

هذه التغيرات الطفيفة على زاوية الورك توافقت إلى حد كبير مع نتائج المراجع [7 و 2].

5-4 زاوية الجذع:

الشكل (4) يبين منحنيات تغير زاوية الجذع خلال دورة المشي وفقا لتغير الارتفاعات المدروسة لكعب الحذاء.



الشكل (4) منحنيات تغير زاوية الجذع في المستوي السهمي خلال دورة المشي وفقا لتغير ارتفاعات (بالسم) كعب الحذاء.

نلاحظ هنا أيضا كما لاحظنا في مخطط الركبة أن مخطط الجذع لحالتي حافي القدمين وارتفاع عقب قدره 3 سم متشابهتين كثيرا ومشابهتين لحالة الانسان الطبيعي. أما باقي الحالات فهي متشابهة ولكنها تتميز بانبساط كبير للجذع عند HS وهذا يؤكد أن الشخص الذي يرتدي الكعب العالي يقوم ببسط جذعه إلى الخلف لكي ينقل مركز ثقل الجسم إلى الخلف من أجل تحقيق التوازن الذي تأثر بسبب انتقال مركز الثقل إلى الأمام نتيجة

لارتداء الكعب العالي. بعد تلامس عقب القدم مع الأرض يبدأ الجذع بالتحرك نحو الانقباض ليساعد في حركة الشخص نحو الأمام، وهذا يتوافق مع الشخص الطبيعي من حيث الشكل وأسلوب الحركة، لكننا نلاحظ أنه في حالات الكعب العالي يكون انقباض وانبساط الجذع كبيراً وكلما زاد الارتفاع زاد المجال بين أكبر وأصغر قمة للمنحني وهذا يفسر بأن الكعب العالي يؤثر على التوازن مما يجعل الشخص يغير من زاوية انقياض وانبساط الجذع لكي يحافظ على الاستقرار.

إذا يمكن القول بأن ارتداء الكعب العالي يجعل الشخص يسير وجذعه بحالة بسط رغم أن هذا البسط يزداد وينقص بحركة شبيهة بحركة البسط والقبض، وأن هذا البسط يؤثر على مكان مركز ثقل الجسم وقد يؤدي إلى آثار سلبية على الجسم بشكل عام وعلى العمود الفقري بشكل خاص.

6– الخاتمة:

في هذا البحث تم استخدام التجربة والقياس والتحليل من أجل تحديد تأثيرات ارتداء الكعوب العالية على مشية الإنسان وبالأخص على البارامترات الحركية لمشية الإنسان. بينت النتائج أن ارتداء كعب بارتفاع 3 سم لا يؤثر على بارامترات المشي. ولكن ارتداء الكعوب العالية من 5 إلى 12 سم تؤثر وبشكل كبير على جميع البارامترات الحركية للمشي، وكلما زاد الارتفاع كلما زاد التأثير، وإن أكثر البارامترات تأثرا هي زاوية مفصل الكاحل وزاوية الجذع في المستوي السهمي حيث أن كلاهما يتعرض لبسط زائد خلال دورة المشي وخاصة في بداية دورة المشي أي عند تلامس القدم مع الأرض، وهذا قد يوثر بشكل كبير وقد يؤدي إلى تشوهات في الجذع وفي المفاصل والأقدام وخاصة على المدى البعيد للاستخدام.

Reference

[1] 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.

[2] 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.

[3] Li J. X. and Lee S. (2012) Joint moment of lower limbs during walking with high heeled shoes and asymmetric load carrying in young females. 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports, Melbourne, Australia.

[4] Loredo J.B., Aguirre M.B.J., Ruano E.J.L. (2015) Influence of high heels on walking motion: gait analysis. ITESM, 2015.

[5] Nadège K.F.E., Jean-Marie F., Mansourou L.M., Polycarpe G., Gabriel A.Y., Sophia L. (2015) Wearing High Heel Shoes During Gait: Kinematics Impact and Determination of Comfort Height. American Journal of Life Sciences, 3(2), pp. 56-61.

[6] Wiedemeijer, M. M., & Otten, E. (2018). Effects of high heeled shoes on gait. A review. Gait & Posture, 61, pp. 423–430

[7] Esenyel M., Walsh K., Walden J. G., Gitter A. (2003) Kinetics of High-Heeled Gait. Journal of the American Podiatric Medical Association, 93(1), pp.27-32.

[8] Davis, R., Ounpuu, S., Tyburski, D., and Gage, J. (1991) "A Gait Analysis Data Collection And Reduction Technique", Human movement Science, pp. 575-587.

[9] 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.