**Normal Biomechanical Values of Walking for Healthy Saudi children in Riyadh City. (Original Study)**

**Abdulmohsen A. Awn**

**King Saud University**

**College of Sports Sciences and Physical Activity**

**Biomechanics Lab**

**Email:mooo7sen@hotmail.com**

**Abdulrhaman S. Alangari**

**King Saud University**

**College of Sports Sciences and Physical Activity**

**Biomechanics Lab**

**Email:asangari@ksu.edu.sa**

**Correspondence**

[**Mooo7sen@hotmail.com**](mailto:Mooo7sen@hotmail.com)

**00966554480806**

**القيم الاعتيادية لميكانيكية المشي لدى الأطفال السعوديين الأصحاء بمدينة الرياض**

# الملخص

إن دراسة ميكانيكية المشي الاعتيادي يوفر لنا بيانات مرجعية تسهم في تحديد ما هو غير اعتيادي، لذلك تم إجراء هذه الدراسة التي تهدف إلى تحديد القيم الاعتيادية لبعض المتغيرات الميكانيكية للمشي لدى الأطفال السعوديين الأصحاء بمدينة الرياض في المرحلة العمرية من 7-11 سنة، كما تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على الفروق في بعض المتغيرات الميكانيكية للمشي الاعتيادي بين الفئات العمرية محل الدراسة. وقد تكونت عينة الدراسة من 50 طفلاً من الأطفال السعوديين الأصحاء الخالين من التشوهات القوامية، ولم تصل كتلة الجسم لديهم إلى حدود الوزن الزائد، وتم تثبيت العلامات العاكسة للضوء على مفاصل الجانب الأيمن للأطفال؛ لتساعد على إيجاد الإحداثيات ثلاثية الأبعاد؛ باستخدام برنامج الحاسب الآلي (Mots 8, Peak Performance) ، بعد ذلك مشى الأطفال على مضمار المشي المثبت به لوحة القوة (AMTI-500Hz) وتم تصويرهم بكمرتي فيديو (Peak 50 Hz) إحدهما خلف المفحوص والأخرى مواجهة للجانب الأيمن. أشارت نتائج هذه الدراسة إلى أنه لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية في المتغيرات الكينيماتيكية بين المجموعات؛ تعود لاختلاف أعمارهم، سوى في المتغيرات: طول المشية، و طول الخطوة. وقد عزت الدراسة تلك النتيجة إلى تأثير طول الجسم وطول الطرف السفلي على طول المشية وطول الخطوة، كما أشارت النتائج إلى أنه لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية في المتغيرات الكيناتيكية بين المجموعات؛ تعود لاختلاف أعمارهم، سوى في المتغير القوة الأفقية (Y1). وقد عزت الدراسة تلك النتيجة إلى تأثير سرعة المشي و أسلوب المشي على (Y1)، كما أسفرت النتائج عن وجود علاقة ارتباطية عالية بين سرعة المشي ومعظم المتغيرات الكينيماتيكية، وعلاقة ارتباطية عالية بين سرعة المشي والقمم الثلاث للقوة (Fz)، وأظهرت نتائج مقارنة متغيرات المشي الميكانيكية للأطفال في الدراسة الحالية مع متغيرات المشي للأطفال في الدراسات المماثلة أن هناك اختلافاً في قيم متغيرات المشي بين الأطفال في الدراسة الحالية مع الأطفال في الدراسات المماثلة، مما يفسر أن أسلوب مشي الأطفال في المجتمع السعودي يختلف عن أسلوب مشي الأطفال في المجتمعات الأخرى، ومن هنا توصي الدراسة بالاستفادة من نتائج هذه الدراسة بوصفها بيانات مرجعية للتقييم الوظيفي للمشية الطبيعية والمرضية للأطفال السعوديين في مرحلة الطفولة من 7-11 سنة.

الكلمات المفتاحية: المشي، الكينيماتيكا، الكيناتيكا، الأطفال السعوديين، قيم اعتيادية.

Normal Biomechanical Values of Walking for Healthy Saudi children in Riyadh City.

Abstract

The study of Biomechanics of walking provides us with reference data needed to distinguish between normal and abnormal walking. The purpose of this study was to determine the normal values of some walking biomechanical variables of Saudi Arabian children between the ages of 7-11 years. The study also aimed at exploring the differences between age groups in walking biomechanical variables. The sample of the study consisted of 50 healthy Saudi children without any structural deformities and with a body mass index of less than overweight (BMI < 20). Before collecting data, reflective markers were attached to joints of the right side in order to help in digitizing and locating three-dimensional coordinates using Motus 8 program. Then, subjects walked on a raised walk way with an AMTI force plate (500Hz) in its middle and filmed by two cameras (50Hz) one to the right side and the other to the backside of the subject. Results indicated that there were no significant differences in kinematic variables between groups except in stride and step lengths. In addition, there were no significant differences in kinetic variables between groups except in push of force (Y1). Results also indicated a strong relationship between walking velocity and most of the kinematic variables and the three peaks of vertical force. In conclusion, the results of this study showed clear differences between Saudi children and children of other countries. It is recommended that the values of this study be used as normal values for evaluation of walking of Saudi children between the ages 7-11.

## المقدمة:

إن دراسة الحركة البشرية تتطلب العديد من القياسات الدقيقة من أجل تقييم الحقائق وتنظيم المعلومات، حيث يساعد التحليل الكمي للحركة على إيجاد العلاقات الحقيقية وبناء الأسس العلمية للحركة التي يقوم بها الإنسان، سواء في سبيل الارتقاء بها أو من أجل إيجاد طرق لعلاج ما يطرأ عليها من أخطاء أو إعادة تأهيلها.]1[

ويعد المشي من المهارات الحركية الأساسية، والتي يطلق عليها البعض المهارات الحركية الأصلية، فهو الوسيلة الطبيعية التي يستخدمها الإنسان للانتقال من مكان لآخر. فحركة المشي ينظر إليها على أنها حركة إنسيابية، ولكنها في حقيقتها حركة معقدة عند تحليلها، فهي تعد إنجازاً حقيقياً بالنظر إلى تصميم جسم الإنسان الذي يحتوى على مركز ثقل عالي وقاعدة صغيرة من الدعم. ]2[

## مشكلة الدراسة:

إن تقويم ميكانيكية الجسم لا تقتصر على الأوضاع الثابتة للقوام كالوقوف والجلوس والنوم، ولكن يجب أن تمتد إلى جميع أنواع الحركات التي يمارسها الفرد في حياته اليومية كالمشي والجري. ]3[

لذا تناول العديد من الباحثين تحليل حركة المشي تحليلاً ميكانيكياً (كينيماتيكي و كيناتيكي)؛ سعياً منهم إلى الإستفادة من دور منطق الميكانيكا الحيوية في الحفاظ على وضع وميكانيكية الجسم أثناء المشي.

وأضاف (علي) أن لدراسة ميكانيكية المشي عدة أسباب، منها: توفير بيانات مرجعية اعتيادية يمكن مقابلها الحكم على البيانات المرضية. ]4[ وتشمل كلمة (اعتيادي) العديد من المتغيرات كالجنس والعمر والمقاييس الجسمية، الأمر الذي يتطلب معه إيجاد قيم اعتيادية تتلائم مع الأفراد حسب مواصفاتهم الخاصة. ]5[ فوجود بيانات العمر المتناسبة مع الخطوة الطبيعية تعد من أهم عناصر فحص الخطوة السريرية. ]6[

كما وجد أن السرعة تعد من أهم المتغيرات التي تؤثر على أسلوب المشي. ]7،8[ حيث يشير (Voloshin) إلى أن السرعة تؤثر على متغيرات المشي الميكانيكية وتزيد من العبء الميكانيكي الملقى على عضلات الجسم الهيكلية. ]9[ كما أضاف (Chen & Bates), أن قوى رد الفعل تتأثر بأسلوب المشي وبسرعة المشي. ]10[ أيضاً أشار (Rodgers, Perry) إلى أن طول الجسم أحد العوامل المؤثرة على أسلوب المشي. ]11،12[

وبناء على ما سبق؛ فإن للمقاييس الجسمية أهمية بالغة عند تحليل حركة المشي، فبالنظر للمجتمع السعودي، فإن المقاييس الجسمية للأطفال السعوديين تختلف عن المقاييس الجسمية للأطفال في المجتمعات الأخرى التي تكثر فيها مثل هذه الدراسات. في دراسة مسحية لتقييم الحالة الغذائية لسكان المملكة العربية السعودية، وجد أن متوسط الطول والوزن قد بلغ 126.4سم، 24.8 كجم على التوالي. ]13[ كما وجد في دراسة مسحية أخرى للقياسات الجسمية للأطفال السعوديين أن متوسط الطول والوزن قد بلغ 127.6سم، 27كجم على التوالي. ]14[ بينما نجد أن متوسط الطول والوزن للأطفال في المجتمعات الغربية للفئة العمرية نفسها قد بلغ 135.1سم، 31.1 كجم على التوالي. ]15[ وفي دراسة أخرى بلغ متوسط الطول والوزن 132.4سم، 29.8كجم على التوالي. ]16[

ويتضح مما سبق أن الأطفال في المجتمع السعودي أقل في الطول والوزن من الأطفال في المجتمعات الغربية التي تكثر فيها مثل هذه الدراسات، وبما أن طول الجسم أحد العوامل المؤثرة على سرعة المشي، التي بدورها تؤثر على متغيرات المشي الميكانيكية، فقد استرعى انتباه الباحث أنه من المناسب التعرف على القيم الاعتيادية لميكانيكية المشي للأطفال السعوديين الذكور الأصحاء، وذلك من أجل توفير القيم الاعتيادية (الطبيعية) لميكانيكية المشي التي تتناسب مع أعمارهم ومقاييسهم الجسمية، وبما أنه لا يوجد أي دراسة عنيت بإيجاد قيم اعتيادية لميكانيكية المشي للأطفال السعوديين الأصحاء بمدينة الرياض- على حد علم الباحث- كان هدف هذه الدراسة إيجاد قيم اعتيادية لميكانيكية المشي لدى الأطفال السعوديين الأصحاء بمدينة الرياض، حتى يتم الاستفادة منها عند دراسة ميكانيكية المشي للأطفال الأصحاء والمرضى.

**الطريقة والإجراءات**

## مجتمع الدراسة:

شمل مجتمع الدراسة الأطفال السعوديين الأصحاء في المدارس الابتدائية الحكومية بمدينة الرياض، تتراوح أعمارهم من 7-11 سنة.

## عينة الدراسة:

## تم اختيار عينة الدراسة من مجتمع الدراسة على النحو التالي:

## 1- اختيار خمسة مكاتب للتربية والتعليم بالطريقة العمدية، تمثل خمس مناطق جغرافية مختلفة (الشمال، والجنوب، والوسط، والشرق، والغرب).

## 2- اختيار مدرسة واحدة بالطريقة العمدية من كل مكتب للتربية والتعليم.

## 3- اختيار خمسة فصول عشوائية من كل مدرسة، من الصف الثاني حتى الصف السادس الابتدائي.

## 4- تم استبعاد الأطفال غير السعوديين، والأطفال المصابين بأي تشوهات قوامية في العمود الفقري وفي الطرف السفلي من الجسم.

## 5- تم اختيار طفلين عشوائياً من كل صف دراسي من السعوديين الخالين من التشوهات القوامية، ليمثلوا الفئة العمرية المحددة وفقاً لهذه الدراسة ليبلغ إجمالي العينة من كل مدرسة عشرة أطفال.

## 6- بلغ إجمالي العينة من جميع المدارس خمسون طفلاً يمثلون الفئة العمرية 7-11 سنة، لكل فئة عمرية عشرة أطفال.

## 7- تم الحصول على الموافقة الخطية من أولياء أمور الأطفال لمشاركة أبنائهم في هذه الدراسة، بعد إشعارهم بأهمية الدراسة وإجراءاتها.

**قياسات الدراسة:**

**أولاً- العمر:**

تم تحديد العمر بالسنة الهجرية وأجزائها إلى أقرب سنة، وذلك بالرجوع إلى سجل ميلاد الطالب الموجود في المدرسة.

**ثانياً- القياسات الجسمية:**

اشتملت القياسات الجسمية على قياس الكتلة، وطول الجسم، وطول الطرف السفلي في مختبر الميكانيكا الحيوية بقسم التربية البدنية وعلوم الحركة، وكان المفحوص بدون حذاء.

1- الطول: تم قياسه بواسطة جهاز الطول المدرج لأقرب سنتيمتر.

2- الكتلة: تم قياسها بواسطة ميزان طبي معاير لأقرب 0.1كجم.

3- طول الطرف السفلي: تم قياسه بواسطة شريط قياس الطول المعدني من المدور الكبير إلى الأرض.

4- مؤشر كتلة الجسم: تم حسابه بواسطة المعادلة التالية: الكتلة (كجم)/ الطول( م2). ]17[

**ثالثاً- الكشف عن الانحرافات القوامية:**

قام طبيب العلاج الطبيعي بقسم التربية البدنية وعلوم الحركة بالكشف الطبي على الأطفال؛ للتأكد من خلوهم من أي تشوهات قوامية في العمود الفقري؛ وفي الطرف السفلي من الجسم، واشتمل الكشف على استبعاد الحالات التالية:

1- تفلطح القدمين.

2- تقوس الساقين.

3- اصطكاك الركبتين.

4- تشوهات العمود الفقري.

### وسائل جمع البيانات:

قبل البدء في تجميع البيانات؛ ارتدى المفحوص (شورت) ضاغطاً ليغطي منطقة الفخذ، بعد ذلك قام المفحوص بالمشي الاعتيادي على المضمار المعد للمشي، الذي يحتوي على لوحة القوة (AMTI-500Hz) في مختبر الميكانيكا الحيوية بكلية التربية بجامعة الملك سعود، من أجل أن يتعود المفحوص على بيئة المشي دون أن يغير من سرعته أو طول خطوته، بعد ذلك تم وضع العلامات المضيئة لتساعد على إيجاد الإحداثيات أوتوماتيكياً من قبل برنامج الحاسب الآلي لمفاصل الجانب الأيمن من الجسم وهي: الكتف (النتوء الأخرمي)، الورك (المدور الكبير)، الركبة، الكاحل (العقب الوحشي)، رأس عظم المشط الخامس للقدم، وكاحل الرجل اليسرى (العقب الأنسي).

### أولاً- التصوير:

تم استخدام النظام ثلاثي الأبعاد (Motus 8, Peak Performance) وذلك بوضع كاميرتي فيديو سريعتين (50 Hz)؛ الأولى خلف المفحوص؛ والثانية على الجانب الأيمن للمفحوص؛ مع تزامن جميع البيانات آلياً مع لوحة القوة، وتم تصوير خمس محاولات ناجحة لكل مفحوص (من ارتطام عقب الرجل اليمنى على الأرض حتى ارتطامها مرة أخرى على لوحة القوة) والمفحوص بدون حذاء، وتم استخدام ثلاث محاولات منها عند تحليل البيانات؛ والاحتفاظ بمحاولتين بوصفها محاولات بديلة عند الحاجة لها.

### ثانياً- معالجة البيانات:

بعد الانتهاء من التصوير؛ تم نقل أشرطة الفيديو إلى جهاز الفيديو المتصل بجهاز الحاسب الآلي، وتم إيجاد الإحداثيات ثلاثية الأبعاد لكل علامة عاكسة على الجسم بواسطة برنامج الحاسب الآلي (Motus 8, Peak Performance)، حيث تم حساب متوسط ثلاث محاولات ناجحة لمتغيرات الدراسة الكينيماتيكية وهي: طول المشية، زمن المشية، طول الخطوة، زمن الخطوة، عرض الخطوة، زمن الاستناد الفردي، زمن الأرجحة، سرعة المشي، تردد الخطوة، زمن الاستناد المزدوج، المدى الحركي لمفصل الكاحل، المدى الحركي لمفصل الركبة، المدى الحركي لمفصل الورك، وحساب متوسط ثلاث محاولات ناجحة لمتغيرات الدراسة الكيناتيكية وهي: القوة العمودية، والقوة الأفقية.

### التحليل الإحصائي:

تم حساب البيانات الوصفية لأفراد العينة التي تضمنت (المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، والمدى) لمتغيرات الدراسة، أما عن الفروق بين الفئات العمرية الخمس في المتغيرات الميكانيكية، فتم استخدام تحليل التباين الأحادي (one-way ANOVA)، وللكشف عن مصدر الفروق الناتجة من تحليل التباين الأحادي تم استخدام اختبار (LSD) مع تحديد قيمة ألفا عند مستوى الدلالة ≤ 0.05، كما تم الحصول على معاملات الارتباط بين القياسات الجسمية والسرعة من جانب ومتغيرات الدراسة الميكانيكية من الجانب الآخر، باستخدام معامل الارتباط سبيرمان، وتم تحديد قيمة ألفا عند مستوى الدلالة ≤ 0.05

**النتائج**

شارك في هذه الدراسة خمسون طفلاً بلغ متوسط العمر لديهم 9 ±1.43سنوات، وبلغ متوسط الكتلة لديهم 31.22±6.50كجم، وأشارت نتائج الكتلة الزيادة مع التقدم في العمر حيث تراوحت ما بين 19-51كجم ، وتماثلت نتائج طول الجسم مع نتائج الكتلة من حيث الزيادة مع التقدم في العمر فبلغ متوسط الطول 1.36±0.08م، وتراوح ما بين 1.21-1.36م، بينما بلغ طول الطرف السفلي ومؤشر كتلة الجسم 72.98±6.38سم،16. ±1.96م/كجم2 على التوالي، وتراوح طول الطرف السفلي ومؤشر كتلة الجسم 60-76سم،13.01-20.37م/كجم2 على التوالي، كما يبين ذلك الجدول رقم (1).

ويبين الجدول رقم (2) متوسط جميع أفراد العينة في المتغيرات الكينيماتيكية، حيث بلغ متوسط جميع أفراد العينة في طول المشية وزمنها 1.29 ± 0.13م، 1± 0.08ث على التوالي، ويتضح الزيادة المطردة في طول المشية مع التقدم في العمر، ويتبع ذلك طول الخطوة مع انخفاض قليل لطولها في عمر 9 سنوات،وبلغ متوسط طول الخطوة وزمنها 0.61±0.7م،0.50±0.04ث على التوالي، بينما بلغ متوسط زمن الاستناد الفردي والمزدوج 0.62±0.06ث، 0.12±0.02ث على التوالي، وبلغ متوسط زمن الأرجحة 0.39±0.03 ث، أما سرعة المشي فقد بلغ متوسطها 1.29±0.17 م/ث، كما وصل متوسط تردد الخطوة إلى 121.62±11.24 خطوة/دقيقة، مع عدم وجود اتجاه محدد للزيادة أو النقصان مع التقدم في العمر حيث قل التردد في عمر 8 سنوات ثم ازداد عند عمر 9 سنوات ليقل مرة أخرى عند عمر 10 سنوات، وبلغ عرض الخطوة 0.19±0.03م، كما بلغ متوسط المدى الحركي لكل من مفصل الكاحل والركبة والورك 32.46±7.4 درجة، 61.91± 4.62 درجة، 18.71± 4.58 درجة، على التوالي.

كما يتضح من الجدول رقم (3) متوسط جميع أفراد العينة في المتغيرات الكيناتيكية، حيث بلغ مقدار القوة للانخفاض الأفقي (X1) 0.01N/BW، وحدث عند الزمن 13 % من زمن الاستناد، بينما بلغ مقدار القوة للقمة الأولى الأفقية (X2) 0.04 N/BW، وحدثت عند الزمن 41 % من زمن الاستناد، وبلغ مقدار القوة للقمة الثانية الأفقية (X3) 0.05 N/BW، وحدثت عند الزمن 81 % من زمن الاستناد، كما يتضح من الجدول مقدار القوة للانخفاض الأفقي (Y1) حيث بلغ 0.15 N/BW، وحدث عند الزمن 29% من زمن الاستناد، وبلغ مقدار القوة للقمة الأفقية (Y2) 0.17 N/BW، وحدثت عند الزمن 93% من زمن الاستناد، ويظهر الجدول مقدار القوة للقمة الأولى العمودية (Z1) حيث بلغت 1.13 N/BW، وحدثت عند الزمن 34 % من زمن الاستناد، وبلغ مقدار القوة للقمة الصغرى العمودية (Z2) 0.80 N/BW، وحدثت عند الزمن 54 % من زمن الاستناد، وبلغ مقدار القوة للقمة الثانية العمودية (Z3) 1.10 N/BW، وحدثت عند الزمن 84 % من زمن الاستناد، وتشير نتائج القوة العمودية إلى أن هناك إنخفاض في القمة (Z1) مقارنة بـالقمة (Z3) في الأعمار 7 ،8 ،9 سنوات ، وتساوت في عمر 10 سنوات، أما في عمر 11 سنة فكان مقدار الزيادة في (Z3) أعلى من (Z1) .

ولمعرفة الفروق بين الفئات العمرية المختلفة في المتغيرات الكينيماتيكية فقد أظهرت نتائج تحليل التباين الأحادي في الجدول رقم (4) عدم وجود فروق ذات دلالة احصائية في جميع المتغيرات الكينيماتيكية ما عدا في المتغير طول المشية وطول الخطوة حيث كانت طول المشية دالة احصائياً عند مستوى دلالة 0.01 فأقل، وطول الخطوة دالة احصائياً عند مستوى دلالة 0.05 فأقل.

ونحت نتائج تحليل التباين الأحادي في المتغيرات الكيناتيكية في الجدول رقم (5) نحو المتغيرات الكينيماتيكية من حيث عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية ما عدا في المتغير الافقي (Y1) والذي كان دالاً عند مستوى دلالة 0.05 فأقل.

وأظهرت نتائج معاملات الارتباط بين سرعة المشي ومتغيرات الدراسة الكينيماتيكية لجميع أفراد عينة الدراسة أن هناك علاقة طردية (موجبة) بين سرعة المشي والمتغيرات (طول المشية، طول الخطوة، تردد الخطوة)، وهي علاقات دالة إحصائياً عند مستوى دلالة 0.01 فأقل، كما أظهرت النتائج أن هناك علاقة عكسية (سالبة) بين سرعة المشي والمتغيرات (زمن المشية، وزمن الخطوة، وزمن الاستناد الفردي، وزمن الاستناد المزدوج، وزمن الأرجحة) وهي علاقات دالة إحصائياً عند مستوى دلالة 0.01 فأقل، كما يبينها الجدول رقم (6).

أما مايتعلق بالعلاقة بين سرعة المشي والمتغيرات الكيناتيكية فيوضح الجدول رقم (7) أن هناك علاقة طردية (موجبة) دالة إحصائياً عند مستوى 0.01 فأقل بين سرعة المشي والمتغيرات (القوة للقمة الأولى العمودية (Z1)، والقوة للقمة الثانية العمودية (Z3))، ودالة إحصائياً عند مستوى 0.05 فأقل بين سرعة المشي والمتغيرات (الزمن للقمة الأولى الأفقية (X2)، والزمن للقمة الصغرى العمودية (Z2))، كما يتضح من الجدول أن هناك علاقة طردية (سالبة) دالة إحصائياً عند مستوى دلالة 0.01 فأقل بين سرعة المشي والمتغير (القوة للقمة الأولى العمودية (Z1)).

### المناقشة:

رغم أن عدد من الدراسات سبق وأن حددت متغيرات المشي. ]18،19،20[ وتناولت دراسات أخرى أسلوب مشي الأطفال والكبار على حد سواء، إلا أنه لا يوجد دراسات مماثلة تصف أسلوب المشي للأطفال الأصحاء في المجتمع السعودي؛ لذا هدفت هذه الدراسة إلى تحديد القيم الاعتيادية لميكانيكية المشي لدى الأطفال السعوديين الأصحاء بمدينة الرياض للفئات العمرية 7-11سنة، كما هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على الفروق بين متغيرات المشي الميكانيكية للمشي الاعتيادي بين الفئات العمرية 7-11سنة.

أشارت نتائج الدراسة الحالية الموضحة في الجدول رقم (4) إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعات تعود لاختلاف أعمارهم في المتغيرات الكينيماتيكية (طول المشية، وطول الخطوة )، وأظهرت نتائج اختبار مصدر الفروق (LSD) أن طول المشية للأطفال في الفئة العمرية 11 سنة أطول من طول المشية للأطفال في الفئات العمرية 7 ,8 ،9 ،10 سنوات، وقد يعود السبب إلى أن طول الجسم للأطفال في الفئة العمرية 11 سنة كان أطول من طول الجسم للأطفال في الفئات العمرية 7، 8، 9، 10 سنوات، ويتبين ذلك من خلال الجدول رقم (1)، فقد أظهرت نتائج طول الجسم بأن الأطفال في الفئة العمرية 11 سنة متوسط طولهم 1.45م مقارنة بالأطفال في الفئات العمرية 7، 8، 9، 10 سنوات، في حين أن متوسط أطوالهم 1.29م ، 1.33م ، 1.35م ، 1.40م ، على التوالي، أيضاً أشير إلى أن طول الطرف السفلي أحد العوامل المؤثرة على طول المشية، فعند النظر إلى طول الطرف السفلي للأطفال في هذه الدراسة؛ كما يبينها الجدول رقم (1)، يتضح أن طول الطرف السفلي للأطفال في الفئة العمرية 11 سنة 79.70سم أطول من طول الطرف السفلي للأطفال في الفئات العمرية 7، 8، 9 ،10 سنوات 65.70سم، 71.30سم، 73.20سم، 75سم، على التوالي، ويتفق ذلك مع ما أشار إليه (Stephensen et al) إلى أن طول الطرف السفلي أحد العوامل المؤثرة على متغيرات المشي الكينيماتيكية.]21[ كما أضاف (Pretkiewicz et al) إلى أن متغيرات المشي الكينيماتيكية ترتبط بشكل مباشر بطول الطرف السفلي وبشكل غير مباشر بطول الجسم.] 6[  ويؤكد ذلك ما أشار إليه (زهران) إلى أنه في مرحلة الطفولة المتأخرة التي تمتد من 9-12 سنة، يكون النمو في طول الجسم ناتجاً عن النمو في طول الطرف السفلي (الساقان) أكبر من النمو في الجزء العلوي (الجذع) .]22[ كما أشار أيضاً (Rodgers, Perry) إلى أنه من العوامل المؤثرة على أسلوب المشي أو طريقة المشي طول الجسم وخاصة طول الطرف السفلي.]11،12[

وأظهرت نتائج اختبار مصدر الفروق (LSD) أن طول الخطوة للأطفال في الفئة العمرية 10 سنوات أطول من طول الخطوة للأطفال في الفئة العمرية 7 سنوات، وقد يعود السبب أيضاً إلى طول الجسم، فيبين الجدول رقم (1) أن طول الجسم للأطفال في الفئة العمرية 10 سنوات 1.40م أطول من طول الجسم للأطفال في الفئة العمرية 1.29م، كما أظهرت نتائج اختبار مصدر الفروق (LSD) أن طول الخطوة للأطفال في الفئة العمرية 11 سنة أطول من طول الخطوة للأطفال في الفئات العمرية 7، 8، 9 سنوات، وقد يعود السبب كما تمت الإشارة إليه سابقاً إلى أن طول الجسم للأطفال في الفئة العمرية 11 سنة أطول من طول الجسم للأطفال في الفئات العمرية 7، 8، 9 سنوات.

يعد طول الخطوة من المتغيرات الهامة التي ينظر إليها عند تقييم المشي.]23[ فأي اختزال في حركة المفصل الوظيفية أو وجود ألم أو ضعف في العضلات قد يؤدى إلى اختزال في طول الخطوة وبالتالي يتأثر طول المشية .]24[ كما يعد طول المشية من أهم متغيرات المشي الميكانيكية والمتعلقة بالمعايير .]23[ كما أن السرعة وتردد الخطوة من المتغيرات الهامة في التقييم السريري.]25[ وبما أن المتغيرات السابقة من أهم متغيرات المشي الكينيماتيكية التي ينظر إليها عند تقييم المشي فقد تم مقارنتها مع مثيلاتها من المتغيرات في الدراسات المماثلة، فوجد أن طول المشية في الدراسة الحالية لجميع الفئات العمرية ضمن المدى الاعتيادي للمشي والمشار إليها في دراسة (Suthreland et al).]26[ كما وجد أن طول المشية في الدراسة الحالية للفئة العمرية 7 سنوات، أعلى من 1.11م التي حصل عليها (Stozle et al ).]27[ الأمر متشابه تماماً في طول المشية للفئة العمرية 8 سنوات فوجد أنها أعلى من 0.99م التي حصل عليها (Bannon & Quanbury ).]28[ وربما يعود سبب الاختلاف في طول المشية إلى ما أشرنا إليه سابقاً في كون ذلك ناتجاً عن الاختلاف في طول الجسم؛ وخاصة طول الطرف السفلي، كما أن متوسط العمر في دراسة (Stozle) هو متوسط للفئة العمرية 6-7 سنوات، وقد يكون ذلك أحد الأسباب المؤدية للاختلاف في طول المشية.

وأشارت العديد من الدراسات إلى أن متوسط المدة التي تستغرقها دورة المشي تقدر بحوالي ثانية واحدة. ]12،29،30[ ويتفق ذلك مع الدراسة الحالية، حيث أظهرت النتائج أن زمن المشية لجميع أفراد العينة في الدراسة الحالية ضمن المدى الاعتيادي لزمن المشية والمشار إليه في دراسة (Suthreland et al). ]26[ كما أن زمن المشية للفئة العمرية 7 سنوات في الدراسة الحالية قريب من 1.01ث في دراسة (Stozle et al). ]27[ ولكنها في الفئة العمرية 8 سنوات في الدراسة الحالية أعلى من 0.84ث، التي حصل عليها (Bannon & Quanbury). ]28[ وقد يعود السبب الى أن الأطفال في الدراسة الحالية مشوا بسرعة ابطأ من الأطفال في دراسة (Bannon). ]28[

تم مقارنة طول الخطوة وزمنها للأطفال في الفئة العمرية 10 سنوات في الدراسة الحالية مع دراسة(Katz et al). ]31[ واتضح أن الأطفال في الدراسة الحالية حصلوا على مقدار أقل في طول الخطوة مقارنة بالأطفال في دراسة (Katz)، بينما الأطفال في الدراسة الحالية قضوا زمناً أطول في الخطوة مقارنة بالأطفال في دراسة (Katz)، كما تم مقارنة طول الخطوة وزمنها للأطفال في الفئة العمرية 11 سنوات في الدراسة الحالية مع دراسة (Stephen et al). ]21[ واتضح أن الأطفال في الدراسة الحالية حصلوا على زمن أطول في الخطوة وخطوة أطول مقارنة بالأطفال في دراسة (Stephen). ]21[

وأظهرت النتائج في الدراسة الحالية أن تردد الخطوة لجميع الفئات العمرية ضمن المدى الاعتيادي لتردد الخطوة والمشار إليها في دراسة (Suthreland et al). ]26[ بينما وجد أن تردد الخطوة في الدراسة الحالية للفئة العمرية 11 سنة كانت أقل من 130.36 خطوة/الدقيقة، مقارنة بتردد الخطوة في دراسة (Stephen et al). ]21[

أشارت العديد من الدراسات إلى أن سرعة المشي تؤثر على معظم متغيرات المشي الميكانيكية. ]34،32،33[ ويتضح ذلك من خلال الجدول رقم (6) الذي يبين مدى العلاقة بين سرعة المشي ومتغيرات الدراسة الكينيماتيكية في هذه الدراسة، حيث أعطت نتائج هذه العلاقات دلالات إحصائية، فسرعة المشي مؤشر ذو دلالة عالية للقدرة على المشي، فالتقصير في السرعة له علاقة بأمراض المفاصل ومستويات البتر والكثير من الأمراض الحادة، ولأن السرعة تؤثر على العديد من متغيرات المشي فالوصف المثالي للحركة الطبيعية أن تكون السرعة مختارة ذاتياً. ]24[ –كما في هذه الدراسة- وعند مقارنة سرعة المشي في الدراسة الحالية بالدراسات المماثلة يتضح أن سرعة المشي لجميع أفراد العينة في الدراسة الحالية ضمن المدى الاعتيادي لسرعة المشي المشار إليها في دراسة (Suthreland et al). ]26[ بينما سرعة المشي في الدراسة الحالية للفئة العمرية 7 سنوات كانت أعلى من 1.10م/ث التي حصل عليها (Stozle et al). ]27[ وقد يعود السبب إلى أن طول المشية في الدراسة الحالية للفئة العمرية 7 سنوات كانت أطول من طول المشية في دراسة (Stozle). ]27[ ويؤكد ذلك مدى العلاقة الارتباطية بين طول المشية والسرعة من خلال الجدول رقم (6)، حيث يتضح أن هناك علاقة طردية دالة إحصائياً بين طول المشية والسرعة؛ مفادها أنه كلما زاد طول المشية، أدى ذلك الى الزيادة في السرعة، أيضاً هناك متغير آخر يدخل في الزيادة في السرعة وهو تردد الخطوة، ويتضح ذلك من خلال العلاقة الارتباطية الطردية الدالة إحصائياً بين سرعة المشي وتردد الخطوة، كما يؤكد ذلك ما أشار إليه (Grieve & Gear) بأن هناك علاقة بين السرعة وطول المشية وتردد الخطوة حيث تتناسب السرعة طردياً مع طول المشية وتردد الخطوة، وتحدث الزيادة في السرعة إما عن طريق الزيادة في تردد الخطوة أو عن طريق الزيادة في طول المشية. ]35[ وفي الدراسة الحالية كانت الزيادة في السرعة، كما في الجدول رقم (2)، ناتجة عن الزيادة في طول المشية. وأظهرت النتائج أن سرعة المشي في الدراسة الحالية للفئة العمرية 8 سنوات كانت قريبة من 1.20م/ث التي حصل عليها (Bannon & Quanbury). ]28[ كما نجد أن سرعة المشي في الدراسة الحالية للأطفال في الفئة العمرية 10 سنوات كانت أقل من 1.37م/ث التي حصل عليها (Katz et al). ]31[ والأمر مختلف تماماً لسرعة المشي للفئة العمرية 11سنة، فنتائج الدراسة الحالية كانت أعلى من 1.36 التي حصل عليها (Stephen et al). ]21[ كما يبين الجدول رقم (6) أن هناك علاقة عكسية دالة إحصائياً بين سرعة المشي والمتغيرات الزمانية (زمن المشية، زمن الاستناد الفردي، زمن الاستناد المزدوج، زمن الأرجحة) فالزيادة في السرعة يقود إلى انخفاض زمن المتغيرات الزمانية .

وتعد نسبة زمن الاستناد والأرجحة من أهم المتغيرات التي ينظر إليها عند تحليل حركة المشي، فقد أظهرت النتائج أن نسبة زمن الاستناد والأرجحة في الدراسة الحالية لجميع الفئات العمرية متقاربة مع نتائج الدراسات المماثلة، وتعد ضمن المدى الاعتيادي المشار إليه في تلك الدراسات، حيث أشارت إلى أن نسبة زمن الاستناد الفردي تبلغ حوالي 60-65% من دورة المشي، ونسبة زمن الأرجحة تبلغ حوالي 35-40% من دورة المشي، بينما نسبة الاستناد المزدوج تبلغ حوالي 12-15% من دورة المشي.] 2،12،24،33،36،37[

من المناسب قبل مناقشة نتائج الدراسة الكيناتيكية؛ الإشارة الى أنه من أجل مقارنة نتائج هذه الدراسة مع الدراسات المماثلة والمقارنة بين أشخاص مختلفين؛ تم قسمة القوة إلى وزن الجسم بالنيوتن. ]25[ حيث إن هذا الإجراء يمكننا من تحييد تأثير الوزن. ]38[

لم تشر نتائج هذه الدراسة الموضحة في الجدول رقم (5) إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية في المتغيرات الكيناتيكية بين المجموعات؛ تعود لاختلاف اعمارهم سوى في المتغير القوة الأفقية (Y1).

فقد أظهرت نتائج اختبار مصدر الفروق (LSD) أن الأطفال في الفئة العمرية 9 سنوات قد حققوا قوة أعلى في المتغير (Y1) قدرها 0.17 N/BW، مقارنة بالأطفال في الفئة العمرية 7و10 سنوات 0.14N/BW ، لكل منهما، وقد يعود السبب إلى أسلوب مشي الأطفال في الفئة العمرية 9 سنوات، فقد أشار (Chen & Bates) إلى أن قوى رد الفعل تتأثر بأسلوب المشي وبسرعة المشي. ]10[ وبما أن سرعة المشي متقاربة بين الفئات العمرية 7، 9، 10 سنوات، كما يظهرها الجدول رقم (2)، حيث حققوا سرعة قدرها 1.27م/ث، 1.28م/ث، 1.29م/ث، على التوالي، من ذلك نستطيع القول بأن العامل المؤثر على (Y1) هو أسلوب المشي أو طريقة مشي الأطفال في الفئة العمرية 9 سنوات، أيضاً يتضح من خلال الجدول رقم (3) أن الأطفال في الفئة العمرية 9 سنوات مقارنة بالأطفال في الفئة العمرية 7و10 سنوات قد حققوا قيماً أعلى في القمم (Z1) و(Z3)، فالأطفال في الفئة العمرية 9 سنوات، قد حصلوا على قوة أعلى في القمة الأولى (Z1) قدرها 1.19N/BW مقارنة بالأطفال في الفئة العمرية 7و10 سنوات 1.13N/BW، 1.10N/BW على التوالي، كما حصل الأطفال في الفئة العمرية 9 سنوات قوة أعلى في القمة الثانية (Z3) قدرها 1.16N/BW مقارنة بالأطفال في الفئة العمرية 7و10 سنوات 1.08N/BW، 1.10N/BW على التوالي، ونعزو ذلك كله إلى أسلوب مشي الأطفال في الفئة العمرية 9 سنوات من خلال قوة ارتطام أقدامهم بالأرض أثناء المشي.

أما عن نتائج اختبار مصدر الفروق(LSD) في المتغير (Y1) بين الأطفال في الفئة العمرية 7 سنوات و 10 سنوات والفئة العمرية 11 سنة، التي كانت لصالح الأطفال في الفئة العمرية 11 سنة، فنستطيع القول بأن ذلك يعود إلى سرعة المشي، فيبين الجدول رقم (2) أن الأطفال في الفئة العمرية 11 سنة قد حصلوا على سرعة أعلى 1.41م/ث، مقارنة بالأطفال في الفئة العمرية 7 سنوات 1.27م/ث والأطفال في الفئة العمرية 10 سنوات 1.29م/ث ، وكان تأثير السرعة واضحاً على المتغير (Y1)، فيبين الجدول رقم (3) أن الأطفال في الفئة العمرية 11 سنة قد حصلوا على قوة أعلى في المتغير (Y1) قدرها 0.16 N/BW مقارنة بالأطفال في الفئة العمرية 7 و10 سنوات 0.14 N/BW لكل منهما، وهذا تأكيد لما أشار إليه (Chen & Bates) إلى أن قوى رد الفعل تتأثر بأسلوب المشي وبسرعة المشي. ]10[ أيضاً، كان تأثير السرعة للفئة العمرية 11 سنة واضحاً من خلال القمة الصغرى (Z2)، فيبين الجدول رقم (3) أن الأطفال في الفئة العمرية 11 سنة قد حصلوا على قوة أقل قدرها 0.77N/BW مقارنة بالأطفال في الفئة العمرية 7 و 10 سنوات 0.79 N/BW ، 0.80N/BW على التوالي، ويؤكد ذلك نتائج العلاقة الارتباطية في الجدول رقم (7) بأن هناك علاقة عكسية دالة إحصائياً بين السرعة والقمة الصغرى، وهذا يتفق مع ما أشار إليه (Perry) بأن القمة الصغرى تقل مع الزيادة في السرعة وتزداد مع التقليل في السرعة حتى تصل إلى مستوى وزن الجسم. ]12[

عند النظر إلى النسق العام لمنحنى المتغيرات الكيناتيكية في الجدول رقم (3)؛ نجد أن القوة العمودية (Fz) للفئات العمرية قد تراوحت مابين 1.08-1.19 من وزن الجسم ثم انخفضت إلى مابين 0.77-0.81 من وزن الجسم لترتفع مرة أخرى إلى مابين 1.05-1.16 من وزن الجسم ويتضح من ذلك أن (Fz) في هذه الدراسة كانت ضمن المنحنى الاعتيادي والمشار إليها في الدراسات المماثلة. ]2،12،36[ حيث أشارت تلك الدراسات إلى أن (Fz) يرتفع إلى حد أقصى يقدر بـ 120% من وزن الجسم (BW) ثم ينخفض إلى حوالي 60-80% من وزن الجسم (BW) خلال فترة الاستناد الفردي، ثم تزيد القوى العمودية مرة أخرى لتصبح 120% من وزن الجسم (BW). ومن خلال مقارنة نتائج هذه الدراسة مع الدراسات المماثلة، تبين أن (Fz) كانت تسير المسار نفسه؛ وفقاً لهذه الدراسات. ]40،38،39 [

تعد القوة الأفقية مكوناً صغيراً من إجمالي قوى رد الفعل الأرضية ((GRF حيث تعطي نتائج أصغر بعشر مرات تقريباً من القوة العمودية. ]41[ ويبين الجدول رقم (3) القوة الأفقية (أمام خلف) (Fy) حيث يتضح من الجدول أنها كانت أقل من 25% من وزن الجسم بالنيوتن ويتفق ذلك مع ما أشارت إليه بعض الدراسات إلى أن(Fy) تصل قوتها إلى أقل من 25% من وزن الجسم بالنيوتن. ] 2،12،30،37،42[ وعند مقارنتها مع نتائج دراسات أخرى. ] 36،38[ نجد أنها كانت تسير المسار نفسه للمنحنى العام للقوة (Fy) .

كما يبين الجدول رقم (3) نتائج القوة الأفقية (يمين يسار) (Fx)، التي يتبين أنها كانت أقل من 10% من وزن الجسم بالنيوتن، وذلك وفقاً إلى ما أشارت إليه بعض الدراسات. ] 2،12،30،37،42 [كما حققت نتائج مماثلة لدراسات أخرى. ] 38،39[ حيث كانت أقل من 10% من وزن الجسم بالنيوتن.

أما ما يتعلق بزمن حدوث القوى، فأظهرت نتائج المقارنة مع الدراسات المماثلة، أن زمن حدوث القوة في هذه الدراسة كانت مختلفة عن زمن حدوثها في دارسة (العنقري). ]38[ ونعزو ذلك إلى أن السرعة كانت أعلى في دارسة (العنقري) 1.35م/ث، مقارنة بالدراسة الحالية 1.29م/ث، ويتفق ذلك مع ما أشارت إليه دراسة أخرى. ]41[ بأن الزيادة في السرعة تؤدي إلى انخفاض مرحلة الاستناد.

**الاستنتاجات:**

أن حدود متغيرات المشي الميكانيكية للأطفال في الدراسة الحالية، والأطفال في الدراسات المماثلة؛ واقعة ضمن حدود المدى الاعتيادي للمشي، ولكن هناك اختلاف في قيم متغيرات المشي داخل المدى بين الأطفال في الدراسة الحالية مع الأطفال في الدراسات المماثلة ، مما يفسر أن أسلوب مشي الأطفال في المجتمع السعودي يختلف عن أسلوب مشي الأطفال في المجتمعات الأخرى.

## التوصيات:

1- عند الرغبة في إجراء دراسات للأطفال في ميكانيكية المشي فإنه؛ من المناسب إجراء الدراسات وفقاً؛ لمراحل الطفولة المتوسطة من 7-9 سنوات والطفولة المتأخرة من 10-11 سنة.

2- الاستفادة من نتائج هذه الدراسة، بوصفها بيانات مرجعية للتقييم الوظيفي للمشية الطبيعية والمرضية للأطفال في مرحلة الطفولة من 7-11 سنة.

3- إجراء دراسات مماثلة على الأطفال في مرحلة الطفولة المبكرة و على الأطفال في مرحلة المراهقة.

4- إجراء دراسات مماثلة تتضمن دراسة المستوى الأمامي والعرضي.

**جدول رقم (1) المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والمدى للقياسات الجسمية لعينة الدراسة موزعة وفق الفئة العمرية:**

| العينة | العدد | القياسات الجسمية | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | أقل قيمة | أعلى قيمة |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| جميع العينة | 50 | العمر (سنة) | 9.00 | 1.43 | 7 | 11 |
| الكتلة (كجم) | 31.22 | 6.50 | 19 | 51 |
| الطول (م) | 1.36 | 0.08 | 1.21 | 1.61 |
| طول الطرف السفلي (سم) | 72.98 | 6.38 | 60 | 86 |
| مؤشر كتلة الجسم (م/كجم2) | 16.63 | 1.96 | 13.01 | 20.37 |
| الفئة العمرية  (7 سنوات) | 10 | الكتلة (كجم) | 25.20 | 3.82 | 19 | 30 |
| الطول (م) | 1.29 | 0.04 | 1.21 | 1.36 |
| طول الطرف السفلي (سم) | 65.70 | 4.85 | 60 | 76 |
| مؤشر كتلة الجسم (م/كجم2) | 15.12 | 1.79 | 13.01 | 17.75 |
| الفئة العمرية  (8 سنوات) | 10 | الكتلة (كجم) | 29.00 | 4.45 | 22 | 35 |
| الطول (م) | 1.33 | 0.05 | 1.27 | 1.41 |
| طول الطرف السفلي (سم) | 71.30 | 3.13 | 67 | 77 |
| مؤشر كتلة الجسم (م/كجم2) | 16.29 | 1.84 | 13.01 | 18.43 |
| الفئة العمرية  (9 سنوات) | 10 | الكتلة (كجم) | 30.60 | 4.38 | 23 | 37 |
| الطول (م) | 1.35 | 0.04 | 1.30 | 1.41 |
| طول الطرف السفلي (سم) | 73.20 | 4.78 | 67 | 82 |
| مؤشر كتلة الجسم (م/كجم2) | 16.76 | 1.73 | 13.60 | 18.87 |
| الفئة العمرية  (10 سنوات) | 10 | الكتلة (كجم) | 33.80 | 5.49 | 25 | 42 |
| الطول (م) | 1.40 | 0.07 | 1.31 | 1.49 |
| طول الطرف السفلي (سم) | 75.00 | 5.40 | 69 | 85 |
| مؤشر كتلة الجسم (م/كجم2) | 17.19 | 1.67 | 13.58 | 19.44 |
| الفئة العمرية  (11 سنة) | 10 | الكتلة (كجم) | 37.50 | 6.98 | 27 | 51 |
| الطول (م) | 1.45 | 0.07 | 1.37 | 1.61 |
| طول الطرف السفلي (سم) | 79.70 | 4.45 | 74 | 86 |
| مؤشر كتلة الجسم (م/كجم2) | 17.77 | 2.00 | 14.43 | 20.37 |

**جدول رقم (2) المتوسطات والانحرافات المعيارية للمتغيرات الكينيماتيكية لعينة الدراسة موزعة وفق الفئة العمرية:**

| المتغيرات الكينيماتيكية | الفئة العمرية  (7 سنوات) | | الفئة العمرية  (8 سنوات) | | الفئة العمرية  (9 سنوات) | | الفئة العمرية  (10 سنوات) | | الفئة العمرية  (11 سنة) | | جميع العينة | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| م | ع | م | ع | م | ع | م | ع | م | ع | م | ع |
| طول المشية (م) | 1.21 | 0.11 | 1.25 | 0.08 | 1.26 | 0.10 | 1.30 | 0.14 | 1.42 | 0.13 | 1.29 | 0.13 |
| زمن المشية (ث) | 0.97 | 0.11 | 1.04 | 0.08 | 0.99 | 0.07 | 1.01 | 0.07 | 1.00 | 0.04 | 1.00 | 0.08 |
| طول الخطوة (م) | 0.57 | 0.06 | 0.59 | 0.06 | 0.58 | 0.06 | 0.63 | 0.06 | 0.65 | 0.08 | 0.61 | 0.07 |
| زمن الخطوة (ث) | 0.48 | 0.06 | 0.50 | 0.04 | 0.50 | 0.04 | 0.52 | 0.05 | 0.49 | 0.02 | 0.50 | 0.04 |
| زمن الاستناد الفردي (ث) | 0.60 | 0.06 | 0.64 | 0.06 | 0.61 | 0.05 | 0.62 | 0.05 | 0.61 | 0.03 | 0.62 | 0.06 |
| زمن الاستناد المزدوج (ث) | 0.12 | 0.02 | 0.14 | 0.03 | 0.11 | 0.02 | 0.11 | 0.02 | 0.12 | 0.02 | 0.12 | 0.02 |
| زمن الأرجحة (ث) | 0.37 | 0.04 | 0.40 | 0.04 | 0.38 | 0.03 | 0.39 | 0.03 | 0.40 | 0.03 | 0.39 | 0.03 |
| سرعة المشي (م/ث) | 1.27 | 0.18 | 1.21 | 0.16 | 1.28 | 0.15 | 1.29 | 0.16 | 1.41 | 0.18 | 1.29 | 0.17 |
| تردد الخطوة (خطوة/دقيقة) | 126.80 | 16.61 | 119.90 | 9.85 | 122.00 | 9.81 | 117.30 | 11.66 | 122.10 | 5.32 | 121.62 | 11.24 |
| عرض الخطوة (م) | 0.19 | 0.02 | 0.19 | 0.02 | 0.17 | 0.04 | 0.20 | 0.04 | 0.19 | 0.03 | 0.19 | 0.03 |
| المدى الحركي لمفصل الكاحل (درجة) | 33.79 | 8.91 | 33.11 | 7.41 | 33.48 | 7.12 | 31.87 | 6.84 | 30.05 | 7.90 | 32.46 | 7.48 |
| المدى الحركي لمفصل الركبة (درجة) | 64.09 | 4.36 | 62.91 | 3.80 | 60.74 | 5.58 | 61.19 | 3.97 | 60.64 | 5.06 | 61.91 | 4.62 |
| المدى الحركي لمفصل الورك (درجة) | 17.94 | 5.64 | 18.85 | 4.61 | 19.73 | 4.58 | 18.94 | 4.24 | 18.08 | 4.45 | 18.71 | 4.58 |

م= المتوسط الحسابي

ع= الانحراف المعياري

**جدول رقم (3) المتوسطات والانحرافات المعيارية للمتغيرات الكيناتيكية لعينة الدراسة موزعة وفق الفئة العمرية:**

| المتغيرات الكيناتيكية | | | الفئة العمرية  (7 سنوات) | | الفئة العمرية  (8 سنوات) | | | | | الفئة العمرية  (9 سنوات) | | الفئة العمرية  (10 سنوات) | | | | الفئة العمرية  (11 سنة) | | | جميع العينة | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| م | ع | | م | | ع | | م | ع | | م | | ع | م | | ع | م | | ع |
| الانخفاض  الأفقي X1 | القوة N/BW | 0.01 | | 0.00 | | 0.01 | 0.01 | | 0.01 | | 0.01 | | 0.01 | 0.01 | | 0.01 | 0.01 | | | 0.01 | 0.01 |
| الزمن % | 12 | | 0.05 | | 11 | 0.07 | | 16 | | 0.03 | | 15 | 0.03 | | 13 | 0.04 | | | 13 | 0.05 |
| القمة الأولى  الأفقية X2 | القوة N/BW | 0.05 | | 0.02 | | 0.05 | 0.02 | | 0.04 | | 0.02 | | 0.04 | 0.02 | | 0.04 | 0.01 | | | 0.04 | 0.02 |
| الزمن % | 40 | | 0.08 | | 41 | 0.07 | | 43 | | 0.07 | | 41 | 0.06 | | 40 | 0.07 | | | 41 | 0.07 |
| القمة الثانية  الأفقية X3 | القوة N/BW | 0.05 | | 0.01 | | 0.05 | 0.02 | | 0.05 | | 0.02 | | 0.05 | 0.02 | | 0.04 | 0.01 | | | 0.05 | 0.02 |
| الزمن % | 80 | | 0.07 | | 80 | 0.04 | | 81 | | 0.06 | | 82 | 0.05 | | 82 | 0.10 | | | 81 | 0.06 |
| الانخفاض  الأفقي Y1 | القوة N/BW | 0.14 | | 0.03 | | 0.15 | 0.03 | | 0.17 | | 0.02 | | 0.14 | 0.03 | | 0.16 | 0.02 | | | 0.15 | 0.03 |
| الزمن % | 30 | | 0.05 | | 29 | 0.04 | | 29 | | 0.04 | | 28 | 0.04 | | 28 | 0.03 | | | 29 | 0.04 |
| القــمة  الأفقية Y2 | القوة N/BW | 0.15 | | 0.04 | | 0.16 | 0.04 | | 0.17 | | 0.03 | | 0.18 | 0.03 | | 0.18 | 0.04 | | | 0.17 | 0.03 |
| الزمن % | 91 | | 0.03 | | 91 | 0.04 | | 94 | | 0.07 | | 93 | 0.03 | | 94 | 0.06 | | | 93 | 0.05 |
| القمة الأولى  العمودية Z1 | القوة N/BW | 1.13 | | 0.08 | | 1.12 | 0.12 | | 1.19 | | 0.22 | | 1.10 | 0.13 | | 1.08 | 0.07 | | | 1.13 | 0.13 |
| الزمن % | 34 | | 0.04 | | 33 | 0.04 | | 34 | | 0.05 | | 36 | 0.03 | | 34 | 0.04 | | | 34 | 0.04 |
| القمة الصغرى العمودية Z2 | القوة N/BW | 0.79 | | 0.08 | | 0.81 | 0.06 | | 0.81 | | 0.07 | | 0.80 | 0.08 | | 0.77 | 0.07 | | | 0.80 | 0.07 |
| الزمن % | 54 | | 0.07 | | 53 | 0.06 | | 54 | | 0.06 | | 56 | 0.03 | | 54 | 0.06 | | | 54 | 0.05 |
| القمة الثانية العمودية Z3 | القوة N/BW | 1.08 | | 0.07 | | 1.05 | 0.09 | | 1.16 | | 0.12 | | 1.10 | 0.07 | | 1.11 | 0.08 | | | 1.10 | 0.09 |
| الزمن % | 83 | | 0.04 | | 83 | 0.04 | | 84 | | 0.03 | | 85 | 0.03 | | 85 | 0.06 | | | 84 | 0.04 |

م= المتوسط الحسابي

ع= الانحراف المعياري

N/BW= نسبة القوة إلى وزن الجسم بالنيوتن

%=نسبة الزمن إلى الزمن الكلي لمرحلة الاستناد

**جدول رقم (4) تحليل التباين الأحادي (ف) لدلالة الفروق في المتغيرات الكينيماتيكية باختلاف العمر:**

| المتغيرات الكينيماتيكية | مصدر التباين | مجموع المربعات | درجات الحرية | متوسط المربعات | قيمة ف | مستوى الدلالة | التعليق |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| طول المشية (م) | بين المجموعات | 0.26 | 4 | 0.06 | 4.81 | 0.003 | دالة عند مستوى 0.01 |
| داخل المجموعات | 0.60 | 45 | 0.01 |
| زمن المشية (ث) | بين المجموعات | 0.02 | 4 | 0.01 | 0.89 | 0.478 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.28 | 45 | 0.01 |
| طول الخطوة (م) | بين المجموعات | 0.05 | 4 | 0.01 | 3.14 | 0.023 | دالة عند مستوى 0.05 |
| داخل المجموعات | 0.18 | 45 | 0.00 |
| زمن الخطوة (ث) | بين المجموعات | 0.01 | 4 | 0.00 | 0.78 | 0.543 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.09 | 45 | 0.00 |
| زمن الاستناد الفردي (ث) | بين المجموعات | 0.03 | 4 | 0.01 | 2.26 | 0.077 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.13 | 45 | 0.00 |
| زمن الاستناد المزدوج (ث) | بين المجموعات | 0.00 | 4 | 0.00 | 1.74 | 0.157 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.02 | 45 | 0.00 |
| زمن الأرجحة (ث) | بين المجموعات | 0.00 | 4 | 0.00 | 0.91 | 0.468 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.05 | 45 | 0.00 |
| سرعة المشي (م/ث) | بين المجموعات | 0.22 | 4 | 0.06 | 2.01 | 0.110 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 1.23 | 45 | 0.03 |
| تردد الخطوة (خطوة/دقيقة) | بين المجموعات | 488.28 | 4 | 122.07 | 0.96 | 0.437 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 5701.50 | 45 | 126.70 |
| عرض الخطوة (م) | بين المجموعات | 0.01 | 4 | 0.00 | 1.28 | 0.292 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.04 | 45 | 0.00 |
| المدى الحركي لمفصل الكاحل (درجة) | بين المجموعات | 93.62 | 4 | 23.41 | 0.40 | 0.809 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 2647.75 | 45 | 58.84 |
| المدى الحركي لمفصل الركبة (درجة) | بين المجموعات | 92.47 | 4 | 23.12 | 1.09 | 0.373 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 953.98 | 45 | 21.20 |
| المدى الحركي لمفصل الورك (درجة) | بين المجموعات | 20.91 | 4 | 5.23 | 0.23 | 0.918 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 1007.23 | 45 | 22.38 |

**جدول رقم (5) تحليل التباين الأحادي (ف) لدلالة الفروق في المتغيرات الكيناتيكية باختلاف العمر:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| المتغيرات الكيناتيكية | | مصدر التباين | مجموع المربعات | درجات الحرية | متوسط المربعات | قيمة ف | مستوى الدلالة | التعليق |
| الانخفاض الأفقي X1 | القوة  N/BW | بين المجموعات | 0.00 | 4 | 0.00 | 1.58 | 0.196 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.00 | 45 | 0.00 |
| الزمن % | بين المجموعات | 0.02 | 4 | 0.01 | 2.37 | 0.067 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.09 | 45 | 0.00 |
| القمة الأولى الأفقية X2 | القوة  N/BW | بين المجموعات | 0.00 | 4 | 0.00 | 0.73 | 0.576 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.01 | 45 | 0.00 |
| الزمن % | بين المجموعات | 0.01 | 4 | 0.00 | 0.29 | 0.884 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.22 | 45 | 0.01 |
| القمة الثانية الأفقية X3 | القوة  N/BW | بين المجموعات | 0.00 | 4 | 0.00 | 0.07 | 0.991 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.01 | 45 | 0.00 |
| الزمن % | بين المجموعات | 0.01 | 4 | 0.00 | 0.27 | 0.897 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.20 | 45 | 0.00 |
| الانخفاض الأفقي Y1 | القوة  N/BW | بين المجموعات | 0.01 | 4 | 0.00 | 3.04 | 0.027 | دالة عند  مستوى0.05 |
| داخل المجموعات | 0.03 | 45 | 0.00 |
| الزمن  % | بين المجموعات | 0.00 | 4 | 0.00 | 0.22 | 0.926 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.08 | 45 | 0.00 |
| القــمة  الأفقية Y2 | القوة  N/BW | بين المجموعات | 0.01 | 4 | 0.00 | 1.12 | 0.358 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.05 | 45 | 0.00 |
| الزمن  % | بين المجموعات | 0.01 | 4 | 0.00 | 0.88 | 0.484 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.10 | 45 | 0.00 |

**(يتبع) الجدول رقم (5) تحليل التباين الأحادي (ف) لدلالة الفروق في المتغيرات الكيناتيكية باختلاف العمر:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| المتغيرات الكيناتيكية | | مصدر التباين | مجموع المربعات | درجات الحرية | متوسط المربعات | قيمة ف | مستوى الدلالة | التعليق |
| القمة الأولى العمودية Z1 | القوة  N/BW | بين المجموعات | 0.07 | 4 | 0.02 | 0.95 | 0.444 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.81 | 45 | 0.02 |
| الزمن  % | بين المجموعات | 0.00 | 4 | 0.00 | 0.58 | 0.681 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.08 | 45 | 0.00 |
| القمة الصغرى العمودية Z2 | القوة  N/BW | بين المجموعات | 0.02 | 4 | 0.00 | 0.75 | 0.563 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.24 | 45 | 0.01 |
| الزمن  % | بين المجموعات | 0.01 | 4 | 0.00 | 0.43 | 0.786 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.14 | 45 | 0.00 |
| القمة الثانية العمودية Z3 | القوة  N/BW | بين المجموعات | 0.07 | 4 | 0.02 | 2.38 | 0.065 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.34 | 45 | 0.01 |
| الزمن  % | بين المجموعات | 0.00 | 4 | 0.00 | 0.60 | 0.667 | غير دالة |
| داخل المجموعات | 0.08 | 45 | 0.00 |

**جدول رقم (6) معاملات ارتباط سبيرمان لقياس العلاقة بين سرعة المشي والمتغيرات الكينيماتيكية (جميع العينة: ن=50)**

|  |  |
| --- | --- |
| **سرعة**  **المشي**  **المتغيرات**  **الكينيماتيكية** | **معامل الارتباط** |
| طول المشية (م) | 0.804\*\* |
| زمن المشية (ث) | -0.661\*\* |
| طول الخطوة (م) | 0.461\*\* |
| زمن الخطوة (ث) | -0.585\*\* |
| زمن الاستناد الفردي (ث) | -0.59\*\* |
| زمن الاستناد المزدوج (ث) | -0.441\*\* |
| زمن الأرجحة (ث) | -0.374\*\* |
| تردد الخطوة (خطوة/دقيقة) | 0.585\*\* |
| عرض الخطوة (م) | 0.189 |
| المدى الحركي لمفصل الكاحل (درجة) | 0.224 |
| المدى الحركي لمفصل الركبة (درجة) | 0.175 |
| المدى الحركي لمفصل الورك (درجة) | 0.104 |

\*\* دالة عند مستوى 0.01

**جدول رقم (7) معاملات ارتباط سبيرمان لقياس العلاقة بين سرعة المشي والمتغيرات الكيناتيكية (جميع العينة: ن=50)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **سرعة**  **المشي**  **المتغيرات**  **الكيناتيكية** | | **معامل الارتباط** |
| الانخفاض الأفقي X1 | القوة N/BW | 0.071 |
| الزمن % | 0.110 |
| القمة الأولى الأفقية X2 | القوة N/BW | 0.001 |
| الزمن % | 0.311\* |
| القمة الثانية  الأفقية X3 | القوة N/BW | -0.094 |
| الزمن % | 0.223 |
| الانخفاض الأفقي Y1 | القوة N/BW | 0.166 |
| الزمن % | 0.229 |
| القــمة الأفقية Y2 | القوة N/BW | 0.108 |
| الزمن % | -0.120 |
| القمة الأولى  العمودية Z1 | القوة N/BW | 0.441\*\* |
| الزمن % | -0.007 |
| القمة الصغرى  العمودية Z2 | القوة N/BW | -0.533\*\* |
| الزمن % | 0.312\* |
| القمة الثانية العمودية Z3 | القوة N/BW | 0.404\*\* |
| الزمن % | 0.124 |

\* دالة عند مستوى 0.05 \*\* دالة عند مستوى 0.01

1. حلمي، عصام.دراسات علمية في البيوميكانيك.مصر:دار المعارف.(1977)
2. Adrian MJ. Cooper JM. Biomechanics of human movement. Benchmark Press, Indianapolis. Indiana.(1989)
3. حسنين، محمد. راغب، محمد.القوام السليم للجميع.مصر:دار الفكر العربي.(2003م)
4. علي، عادل.التحليل البيوميكانيكي لحركات جسم الإنسان أسسه وتطبيقاته. الإسكندرية:المكتبة المصرية.(2004)
5. Whittle. W. Michael.Gait Analysis: An introduction. (Third Ed). Reed Educational and professional pub. Great Britain.( 2002).
6. Pretkiewicz E, Abacjew, W. S. Erdmann. Kinematics of walking of six-year-old healthy children. J. HUM. kineti. ( 2000) 3: 115-130
7. Andercacchi TP. Ogle JA. Galant JO. Walking speed as a basis for normal abnormal gait measurements. J Biomech.(1977) 10: 261-268.
8. Winter AD. Kinematic and kinetic patterns in human gait: variability and compensating effects. HUM. MOV. SCI .(1984) 3: 51-76.
9. Voloshin A. The influence of walking speed on dynamic loading on the human musculoskeletal system. Med SCI Sports Exerc .(2000) 32: 1156-1159.
10. Chen B, Bates BT. Comparison of F-scan in sole and AMTI foree plaet system in measuring vertical rround reaction force during gait. Physiotherapy Theory and practice.( 2000) 16:43-53.
11. Rodgers M. Dynamic biomechanics of the nunning Phys Ther.( 1988) 68:1822-1829.
12. Perry J. Gait Analysis: Normal & Pathological function.(1992).
13. King Abdulaziz city for science and technology. Evaluation of the nutritional status of the people of Saudi Arabia. Final report.(1996).
14. [Al-Hazzaa HM](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=%22al-Hazzaa%20HM%22%5BAuthor%5D). Anthropometric measurements of Saudi boys aged 6-14 years. Ann. HUM boil.( 1989). V 17,N 1, 33-40.
15. Robert M. Malina, Peter V. Hamill, Stanley Lemeshow. Selected body measurements of children 6-11 years, United States. National Center for Health Statistics. ( 1973). V 123: iv, 48 p.
16. Bulent Sabri Cığalı, Enis Ulucam, Cuneyt Bozer. 3D Motion Analysis of Hip, Knee and Ankle Joints of Children Aged Between 7-11 Years During Gait. Balk. Med. J( 2011) 28: 197-201.
17. الهزاع، هزاع.فسيولوجيا الجهد البدني الأسس النظرية والإجراءات المعملية للقياسات الفسيولوجية. الرياض: جامعة الملك سعود.( 2009)
18. Murray MP, Drought AB, and Kory RC. Walking patterns of normal men. J Bone Joint Surg [A](1964) 46-A: 35-60.
19. Murray MP. Gait as a total pattern of movement. Am. J. Phys. Med (1967) 46-I: 209-327
20. Murray MP, Kory RC, Clarson BH. Walking patterns in healthy old men. J. Gerontol (1969) 24: 169-178.
21. [Stephensen D](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Stephensen%20D%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19347991), [Drechsler W](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Drechsler%20W%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19347991), [Winter M](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Winter%20M%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19347991), [Scott O](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Scott%20O%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=19347991). Comparison of biomechanical gait parameters of young children with haemophilia and those of age-matched peers. Haemophilia (2009) 15: 509–518
22. زهران، حامد عبدالسلام. علم نفس النمو " الطفولة والمراهقة"،مصر،القاهرة،عالم الكتب.(2005)
23. Ohmichi, Hitoshi, Miyashita, Mitsumasa. Relationships between in human gait. Biomechanics IX-A(1983) 5A:480-484
24. Edmond Ayyappa, CPO. [Normal Human Locomotion, Part 1: Motion, Ground Reaction Force and Muscle Activity](http://www.oandp.org/jpo/library/1997_02_049.asp). J. PO (1997) Vol. 9, Num. 2
25. Pasparakis D, Darras N. Normal walking- Principles, basic concepts, terminology: 3-dimensional clinical gait analysis. Journal of the Hellenic Association of Orthopaedic and Traumatology (2009) V 60 N 4: 183-194.
26. Sutherland DH, Olshen RA, Biden EN et al. The Development of Mature Walking. London: MacKeith Press(1988).
27. Stolze H., Kuhtz - Buschbeck J. P., Mondwurf C., Jonk K., Friege L. Retest reliability of spatiotemporal gait parameters in children and adults. Gait Posture(1997) 7: 126 - 130.
28. Bannon M.A., Quanbury A.O. Comparision of Childhood Schizophrenic and Normal Gait. Human Locomotion (1980) I: 44 - 45.
29. Soames RW, and Richardson RPS.. Stride length and cadence: their influence on ground reaction forces during gait. Biomechanics IX-A. (1983) PP: 406-410.
30. Vaughan CL, Davis BL, and O’Connor JC. Dynamics of Human Gait. (Second Edition) Cape Town, South Africa. Kiboho Publishers. (1999).
31. [Katz-Leurer M](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Katz-Leurer%20M%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21876295), [Rotem H](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Rotem%20H%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21876295), [Keren O](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Keren%20O%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21876295), [Meyer S](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Meyer%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21876295). The effect of variable gait modes on walking parameters among children post severe traumatic brain injury and typically developed controls. [Neuro rehabilitation](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21876295) (2011) 29(1):45-51
32. [Schwartz MH](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Schwartz%20MH%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18466909), [Rozumalski A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Rozumalski%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18466909), [Trost JP](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Trost%20JP%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18466909). The effect of walking speed on the gait of typically developing children. Journal of Biomech (2008) 41: 1639–1650
33. Ostrosky KM, VanSwearingen JM, Burdett RG, Gee Z. A comparison of gait characteristics in young and old subjects. Phys Ther .(1994) 74 :637-46.
34. Spyropoulos P, Pisciotla Jc, Konstantin NP, Caims MA. Biomechanieal gait analysis in obese men. Areh Phys Med Rehabil (1991) 72: 1065-1070
35. Grieve DW, Gear RJ. The relationships between length of stride, step frequency, time of swing and speed of walking for children and adults. Ergonomics , Sep (1996) 9(5):379-99
36. Mann RA and Hagy, J. Running, Jogging, and Walking: A Comparative Electromyographic and Biomechanical Study The Foot and Ankle(1980a) PP: 167-175.
37. Inman VT, Ralston HJ, Todd F. Human walking. Baltimore, USA.Williams & Wilkins.(1981).
38. العنقري، عبدالرحمن. القيم الاعتيادية لميكانيكية المشي لدى عينة من السعوديين الرجال بمدينة الرياض : الدورية السعودية للطب الرياضي (2005).
39. Pauk, J. Griskevicius, J. Ground reaction force and support moment in typical and flat-feet Children. MECHANIKA (2011) 17(1): 93-96
40. [Shasmin](http://www.researchgate.net/researcher/2003016163_H_N_Shasmin/) H N,  [Abu Osman](http://www.researchgate.net/researcher/56255310_N_A_Abu_Osman/) N A, [Razali](http://www.researchgate.net/researcher/77519525_R_Razali/) R, [Usman](http://www.researchgate.net/researcher/79086837_J_Usman/) J,  [Wan Abas](http://www.researchgate.net/researcher/37626517_W_A_B_Wan_Abas/) W A B. THE EFFECT OF LOAD CARRIAGE AMONG PRIMARY SCHOOL BOYS: A PRELIMINARY STUDY. [J. Mech. Med. Biol](http://www.researchgate.net/journal/0219-5194_Journal_of_Mechanics_in_Medicine_and_Biology) (2007) V 7. N 3: 265-274
41. Stoquart G, Detrembleur C, Lejeune T. Effect of speed on kinematic, kinetic,electromyographic and energetic reference values during treadmill walking. Clin. Nephrol (2008) 38, 105—116
42. Winter DA. The biomechanics and motor control of human gait: Normal,elderly and pathological. Second edition. Waterloo, Canada. University of Waterloo Press.(1991).