مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد42 العدد (3) – 2026: 115- 125

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 42 number (3) -2026: 115-125

دراسة محددات المسافة والزمن لدى مرضى شاركوت

زبيدة عبد الحسيب صبح*[1] مصطفى الموالدي[2]

[1*]. مهندس مشرف أعمال في قسم الهندسة الطبية، جامعة دمشق، ميكانيك حيوي.
(zubida3.subh@damascusuniversity.edu.sy)

[2]. استاذ مساعد، دكتور في قسم الهندسة الطبية، جامعة دمشق، ميكانيك حيوي وأطراف صناعية،
(Moustafa.mawaldi@damascusuniversity.edu.sy)

الملخص:

يعتبر مرض شاركوت أحد أكثر الاضطرابات العصبية الوراثية شيوعًا، يتميز النمط الظاهري لهذا المرض بالهزال التدريجي وضعف عضلات الأطراف البعيدة وفقدان انعكاسات الأوتار العميقة مما يؤدي إلى حدوث تشوهات في المشي. تهدف هذه الدراسة إلى إيجاد الاختلافات في قيم محددات المسافة والزمن بين مجموعة مرضى شاركوت ومجموعة من الأشخاص السليمين من الفئة العمرية نفسها. تضمنت الدراسة (10) مرضى متوسط العمر لهم (7.05±20.8) سنة، و(20) شخص سليم متوسط العمر لهم (4.56±22.85) سنة. تم قياس محددات المسافة والزمن من خلال إجراء اختبار تحليل المشي ثلاثي الأبعاد المحوسب في مخبر الميكانيك الحيوي في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق باستخدام ست كاميرات تلفزيونية صنع شركة (BTS Bioengineering) الإيطالية وصفيحتي قوة صنع شركة (Kistler) السويسرية. أظهرت نتائج القياسات وجود اختلافات ذات مغزى إحصائي ($p\leq0.05$) بين مجموعتي الدراسة في أغلب محددات المسافة والزمن المدروسة فكانت قيمة السرعة، طول الخطوة، طول دورة المشي والإيقاع أقل لدى مرضى شاركوت بنسب تساوي على التتالي (7.86%، 23.26%، 27%، 36.75%). أما عرض الخطوة زمن دورة المشي، وزمن طور التلامس الثنائي وزمن طور التلامس فكان أعلى لدى مرضى شاركوت بنسب)، 10.71%، 22.22%،14.93%، 18.18%)على التتالي. لقد أعطت البيانات الناتجة من هذه الدراسة وصف كمي عن الاختلافات في محددات المسافة والزمن بين مرضى شاركوت والأشخاص السليمين، وهي قيمة ومهمة تستخدم من قبل الفيزيائيين لتوصيف تشوهات المشي واتخاذ القرار الأنسب لنوع المعالجة الواجب إجراؤها لهؤلاء المرضى لتجنب تأذي المزيد من المفاصل والوصول إلى حالة البتر وبالتالي يمكنهم العيش حياة اجتماعية أقرب للطبيعية قدر الامكان.

الكلمات المفتاحية: مرض شاركوت، تشوهات المشي، محددات المسافة والزمن، تحليل المشي.

تاريخ الإيداع:2023/9/2
تاريخ القبول: 2024/2/4

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

spatial-temporal gait parameters in Charcot Marie Tooth disease

Zuida Abdul-Hasib Subh*[1] Moustafa Al-Mawaldi[2]

*[1.] Supervising engineer in the Department of Medical Engineering, Damascus University, Biomechanics.

(zubida3.subh@damascusuniversity.edu.sy)

[2.] Assistant Professor, Dr, Department of Medical Engineering, Damascus University, Biomechanics and artificial limbs.

(Moustafa.mawaldi@damascusuniversity.edu.sy)

Received: 2/9/2023
Accepted: 4/2/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a

CC BY- NC-SA

Abstract:

Charcot's disease is one of the most common inherited neurological disorders. The phenotype of this disease is characterized by progressive wasting, weakness of distal extremity muscles, and loss of deep tendon reflexes, resulting in gait abnormalities. This study aims to find the differences in the values of spatial-temporal gait parameters between a group of Charcot patients and a group of healthy people of the same age group. The study included (10) patients with an average age of (20.8 ± 7.05) years, and (20) healthy subjects with an average age of (22.85 ± 4.56) years. The spatial-temporal gait parameters were measured by the three-dimensional computerized gait analysis test in the biomechanics laboratory at the Faculty of Mechanical and Electrical Engineering at Damascus University, using six television cameras made by the Italian company (BTS Bioengineering) and two force plates made by the Swiss company (Kistler). The results of the measurements showed that there were statistically significant differences ($p \leq 0.05$) between the two study groups in most of the studied distance and time parameters, The value of speed, step length, gait cycle length and cadence were lower in Charcot's patients in ratio, (7.86%, 23.26%, 27%, 36.75%) Respectively. As for the step width, the time of the gait cycle, the double support time, and the time of the contact phase, they were higher in Charcot patients in ratio (10.71%, 22.22%, 14.93%, 18.18%) respectively. The data obtained from this study gave a quantitative description of the differences in the spatial-temporal gait parameters between Charcot's patients and healthy people, which is valuable and important used by physicists to characterize gait deformities and make the most appropriate decision for the type of treatment to be performed for these patients to avoid further joint damage and amputation. Thus, they can live a social life as close to normal as possible.

Keywords: Charcot Marie Tooth disease, Gait abnormities, Spatial- temporal parameters, Gait analysis.

المقدمة (Introduction):

مرض شاركوت هو اعتلال عصبي) حسي وحركي)، ويوصف بأنه مجموعة من الاضطرابات في النظام العصبي العضلي، كما يعبر عنه بأنه فقدان تدريجي للنسيج العضلي والإحساس اللمسي العصبي الطرفي في أجزاء محددة من الجسم(Veerapaneni,2016).

يعد مرض شاركو ماري توث أكثر أنواع الاعتلال العصبي الوراثي شيوعًا (CMT) ويُظهر المرضى فيه عادةً تنكسًا تدريجيًا بطيئا ويعتمد على طول الأعصاب المحيطية مما يؤدي إلى ضعف العضلات، وضمور في القدمين والساقين يمتد لاحقًا إلى اليدين (Kim,2020)

اكتشف هذا المرض من قبل ثلاثة أطباء Howard Henry Tooth- Pierre Marie- Jean-Martin Charcot لذلك أطلق عليه CMT.

بلغت نسبة الإصابة فيه 40 شخص لكل 100000 شخص أي 1 لكل 2500 (Veerapaneni,2016)

يتألف التصنيف الرئيسي من النمطين: CMT1, CMT2واللذان يعتبران الأكثر شيوعا من أنماط هذا المرض العصبي المحيطي الوراثي يعتبر حدوث طفرة على أحد الجينات أو تضاعف الحمض النووي أو حذفه أحد أهم أسباب مرض شاركوت، وتؤثر هذه الطفرات عادة على أحد جينات المايلين ولكن يؤثر البعض على المحور. وتكون هذه المورثات إما سائدة أو متنحية أو مرتبطة (Juneja,2019).

ولقد أظهرت المقاييس السريرية عدم قدرتها على كشف التدهور التدريجي الذي يطرأ على مرضى شاركوت لذلك تم اللجوء إلى أساليب وطرق أخرى تساعد على ذلك منها تحليل حركة المريض من خلال استخدام تحليل المشي الذي أثبت قدرته على تحديد العجز الحركي لدى مرضى شاركوت بشكل موثوق (Charcot-Marie-Tooth,2018)يعد تحليل الحركة السريرية أحد المجالات التي غيرت فيها التطورات التكنولوجية الطريقة التي نقيم بها ونفهم أمراض المشي والحركة، من خلال استخدام تحليل المشي الآلي، حيث توفر خصائص المشي بيانات كمية جيدة تساعد في اتخاذ القرارات السريرية.. يتم تقييم المرضى الذين يعانون من حالات عصبية عضلية، باستخدام تحليل المشي قبل إجراء التدخلات العلاجية وبالتالي يمكن لتحليل المشي أن يكون أداة فعالة لتطوير الإرشادات السريرية لقرارات العلاج وتقييم نتائج التدخلات العلاجية (Carollo,2020) فتحليل المشي يمكن الطبيب من تحليل وتفسير وظائف المشي بسهولة لدى مرضى شاركوت (Coghe,2018) ويساهم في اتخاذ القرارات السريرية وتوجيه العلاج نحو العمل الجراحي أو البرامج التدريبية أو تصميم جهاز تقويمي (Wojciechowski,2017) من هنا تنبع أهمية هذا البحث الذي يهدف إلى استخدام تحليل المشي ثلاثي الأبعاد في قياس محددات المسافة والزمن لأشخاص مصابين بمرض شاركوت ومقارنتها مع أشخاص سليمين مما يساعد في توصيف وتصنيف أنماط المشي لدى مرضى شاركوت ومن ثم تطبيق العلاج المناسب في الوقت المناسب دون تأخير كي لا يصل المريض إلى حتمية البتر.

وتتضمن المحددات المدروسة (السرعة، الإيقاع، زمن دورة المشي، طور التلامس، طور التأرجح، فترة الدعم المشترك، طول الخطوة، طول دورة المشي، وعرض الخطوة) سيتم التعريف بهذه المحددات في الفقرة التالية.

2–محددات المسافة والزمن (spatio temporal parameterهي الخصائص المكانية والزمانية التي يمكن قياسها خلال دورة المشي ومنها: طول الخطوة، عرض الخطوة، أزمنة التلامس والتأرجح، زمن دورة المشي، طول دورة المشي وسرعة المشي وغيرها..(Cicirelli,2021)

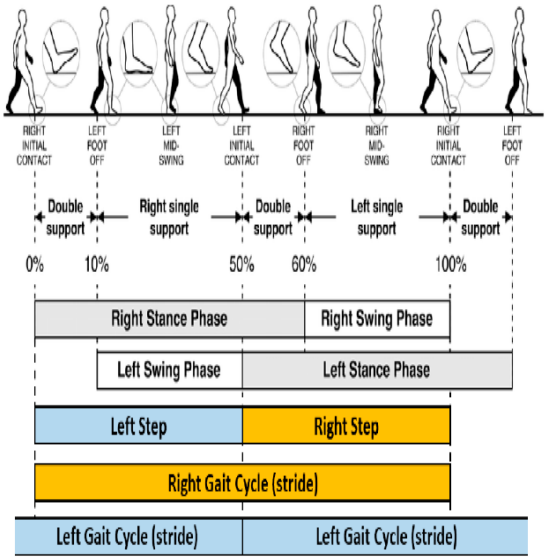
-1- زمن طور تلامس القدم مع الأرض (Stance Phase Duration): الزمن المقطوع من لحظة تلامس عقب القدم مع الأرض حتى لحظة مغادرة أصابع نفس القدم للأرض.

-2- زمن طور التأرجح :(Swing Phase Duration) الزمن المقطوع من لحظة مغادرة أصابع القدم للأرض وحتى لحظة

ملامسة هذه القدم للأرض مرة ثانية

-3-زمن التلامس الثنائي(Double Support Duration): الفترة التي تكون فيها كلتا القدمين في تلامس مع الأرض ويحسب للقدم اليسرى بالزمن المقطوع من لحظة تلامس عقب القدم اليسرى مع الأرض وحتى لحظة مغادرة القدم اليمنى للأرض بنفس الطريقة يحسب زمن التلامس الثنائي للقدم اليمنى من لحظة تلامس عقب القدم اليمنى مع الأرض وحتى لحظة مغادرة القدم اليسرى للأرض(Bourke,2020)

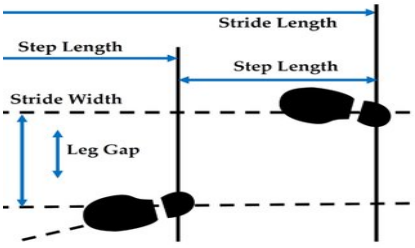
-4-سرعة المشي : (Speed of walking) المسافة المقطوعة في واحدة الزمن عندما يكون الإنسان ماشياً، وهي السرعة التي يسير بها الشخص بارتياح ودون أية رغبة في زيادتها أو نقصانها . (Robertson,2006)



الشكل (1) أطوار وأحداث دورة المشي الطبيعية عند الإنسان (Bourke, 2020)

-5- طول الخطوة (Step Length): المسافة المقطوعة بالأرجل المتأرجحة بالهواء، وتحسب المسافة بين عقبي قدمين متتالين وغالباً ما يتساوى تقريباً طول الخطوة للقدم اليمنى مع طول الخطوة للقدم اليسرى عند الإنسان الطبيعي.(Bourke, 2020)

-6-عرض الخطوة (Step Width): وهي المسافة بين عقبي االقدمين عندما يكونان في نفس الحدث، وكثيراً ما تقاس بالمسافة بين مركزي وصلة الكاحل للرجل اليمنى والرجل اليسرى عندما تكون القدم في حالة مستوية كما هو مبين في الشكل(2)..(Bourke, 2020)



الشكل(2) طول وعرض الخطوة ضمن دورة المشي للإنسان الطبيعي(Chheng, 2021)

-7- طول دورة المشي (Stride length): وهي المسافة بين حدثين متتاليين لنفس الرجل وغالباً ما تقاس بين أثري عقب القدم في طوري تلامس متتاليين لنفس الرجل كما هو مبين في الشكل(2) ..(Bourke, 2020)

-8- زمن دورة المشي (Cycle Duration): وهو الزمن اللازم لإنجاز طول دورة مشي واحدة ويحسب: من لحظة التلامس الأول لعقب القدم مع الأرض إلى لحظة التلامس الثاني لعقب نفس القدم مع الأرض..(Bourke, 2020)

-9-الإيقاع :(Cadence)يعبر عن عدد الخطوات المنجزة في الدقيقة الواحدة عند المشي بسرعة طبيعية..(Bourke, 2020)

2-الدراسات المرجعية:

درس Sylvia ورفاقه عام 2020 كيفية تأثير مرض شاركو ماري توث على خصائص المسافة والزمن للمرضى باستخدام تحليل المشي.

تمت الدراسة على 57 مريض متوسط العمر 12 سنة، الانحراف المعياري 3.7 وكان عدد الأصحاء 76 بمتوسط عمر 10.1 سنة وانحراف معياري 3.4 جمعت بيانات تحليل المشي باستخدام 12 كاميرا Vicon Motion Systems, Inc., (Oxford, United Kingdom

وجدت هذه الدراسة أنه لدى مرضى شاركوت تناقصت سرعة المشي حيث كانت$p <0.001$ وهذا سببه تناقص طول دورة المشي) $p <0.001$) ووجد الباحثون تناقص قيمة الإيقاع عند

المرضى مقارنة مع الأشخاص السليمين (p=0.03) .وقد كانت قيمة الاختلاف بين مجموعتي المرضى والأصحاء أكبر نسبيا بالنسبة لطول دورة المشي مقارنة مع الإيقاع (Õunpuu,2020) درس Daniel ورفاقه عام 2021 محددات المسافة والزمن لدى مرضى شاركوت وكان عددهم 31 مريض باستخدام أربع حساسات(OPALs, APDM© Portland Oregon) بالإضافة إلى مقاييس التسارع. جمعوا البيانات عند تردد 128 هرتز واستخدموا خوارزميات خاصة لحساب زمن الخطوة والإيقاع وطول دورة المشي ووجدوا من خلال هذه الدراسة انخفاض سرعة المشي لدى مرضى شاركوت حيث كانت قيمة p=0.008 كما انخفض الايقاع وكانت قيمة p<0.001 في حين زاد زمن الخطوة وكانت قيمة p<0.001، لكن لم يذكر في هذا البحث تفصيل التجهيزات والأدوات المستخدمة في المخبر وكذلك لم نجد قياسات لأشخاص سليمين لمقارنتها مع بيانات المرضى.(Peterson,2021)

الجدول (1) محددات المسافة والزمن لمجموعتي البحث

المحدد	مرضى شاركوت Mean± SD	أشخاص سليمين Mean ± SD	Mann-Whitney
طول دورة المشي (متر)	1.0±0.21	1.34 ±0.17	0.001
الإيقاع (خطوة/دقيقة)	95.00 ±17.18	110.11 ±10.25	0.006
السرعة (متر/ثانية)	0. 82±0.29	1.24±0.24	0.001
عرض الخطوة (متر)	0.20±0.03	0.19±0.03	0.618
طورالتلامس(% من دورة المشي)	61.63±3.72	59.28±1.18	0,024
طور التأرجح (%من دورة المشي)	38.08± 3.34	40.71±1.18	0.013
طور التلامس الثنائي (%من دورة المشي)	12.52±3.50	9.55±1.91	0.008

أجرى Mehrpouya وزملاؤه دراسة عام 2022 تهدف إلى توصيف المحددات الحركية والتحريكية لمرضى شاركوت من أجل الحصول على معيار تشخيصي موضوعي لهذا المرض من خلال هذه المحددات، تم استخدام ثمان كاميرات /التردد هرتز/ وطبق تحليل المشي على خمسة أشخاص سليمين وخمسة أشخاص مرضى. وجد الباحثون نقصان على مجال حركة الركبة والكاحل وزيادة على الفترة الزمنية لدورة المشي وعلى زمن التلامس الثنائي لمرضى شاركوت، وتؤخذ على هذه الدراسة عدم ذكر قيم بارامترات المسافة والزمن للمرضى بشكل واضح(Mehrpouya,2022)

قام الباحث Giancarlo Coghe وزملاؤه عام 2018 بدراسة حول امكانية استخدام تحليل المشي كطريقة فعالة للتمييز بين المصابين بمفصل شاركوت والأشخاص السليمين.

تطوع لهذا البحث عشرون شخص مصاب بمفصل شاركوت (10 ذكور و10 إناث) وكذلك عشرون شخص سليم(10ذكور و10 إناث) تم استخدام ثمان كاميرات نوع Smart-D, BTS (Bioengineering, Italy) و تركيب 22 ماركر على جلد المريض وفق توزيع Dvis .

قام الباحثون في هذا البحث بقياس بارامترات المسافة والزمن ووجدوا نقصان على قيمة كل من طول الخطوة وسرعة المشي والإيقاع عند المصابين بمرض شاركوت كما هو واضح في الجدول(1).(Coghe,2018)

4-المواد والطرق المستخدمة :(Materials and methods)

أجريت الاختبارات على (30) شخص يندرجون ضمن مجموعتين: المجموعة الأولى (10) أشخاص مصابين بمرض شاركوت (CMT) بمتوسط عمر (20.8±7.05) سنة، والمجموعة الثانية (20) شخص سليم بمتوسط عمر (22.85±4.56)سنة، ويشترط في مرضى شاركوت أن يكون لديهم تشخيص بالإصابة بمرض شاركوت وقادرين على المشي بدون استخدام مساعدات المشي، يتمتعون بمشية طبيعية وأن يكونوا ضمن نفس الفئة العمرية للعينات المريضة.

تم إجراء تحليل الحركة في مخبر الميكانيك الحيوي في قسم الهندسة الطبية كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق. باستخدام جهاز قياس الحركة الذي يعتمد نظام (SMART-D Motion Capture System). وهو مصنف كجهاز طبي وفق التوصية الأوربية (CE/ 42/ 93)

يتألف من ست كاميرات تلفزيونية صنع شركة (BTS Bioengineering) الإيطالية، صفيحتي قوة من صنع شركة (Kistler)السويسرية، وبرنامج حاسوبي متطور (BTS SMART Clinic) من شركةBTS Bioengineering الإيطالية. يعد هذا الجهاز نظام متكامل من أجل تحليل مشية الإنسان، حيث يعيد بناء المسار ثلاثي البعد لعدد معين من المعلمات (كرات صغيرة مغلفة بمادة عاكسة للأشعة تحت الحمراء) (markers) التي تثبت على جسم العينة (الشخص الذي يخضع لتحليل المشي). وتلتقط الحركة ضمن حجم محدد من قبل كاميرات تستقبل الأشعة تحت الحمراء المنعكسة عن المعلمات بتردد التقاط Hz (200) لتسجل إحداثياتها وتنقلها إلى الحاسب حيث يتم استخدام برامج متطورة للحصول على البيانات المطلوبة.

يمكننا هذا المخبر من الحصول على المحددات الحركية (الانتقالات الزاوية لمفاصل الأطراف السفلية أثناء المشي في المستويات الثلاثة)، المحددات التحريكية (القوى والعزوم التي تسبب الحركة وتحافظ على توازن الإنسان) بالإضافة إلى محددات المسافة والزمن موضوع هذا البحث.

5-الجانب العملي:

تضمنت الدراسة قياس لمحددات المسافة والزمن لمجموعة من الأشخاص السليمين وأشخاص مصابين بمرض شاركوت والجدول (2) يعطي الصفات العامة للمجموعتين:

الجدول(2) الصفات العامة لمجموعتي البحث

وجه المقارنة	الأشخاص السليمين Mean ± SD	مرضى شاركوت Mean ± SD
العدد	20	10
العمر)سنة)	22.85±4.56	20.8±7.05
الطول (سم)	168±0.09	158.6±19.89
الوزن (كغ)	63.55±13.53	55.17±22.30

أنجز تحليل المشي لمرضى شاركوت والأشخاص السليمين على مراحل كما يلي:

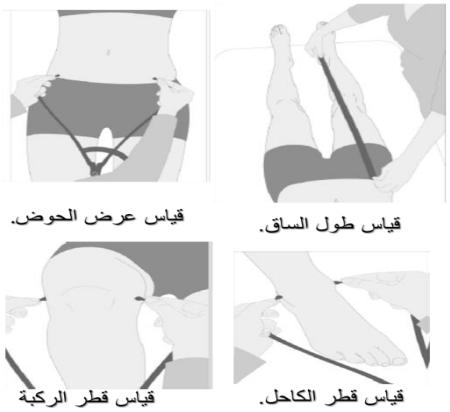
1-اجراء معايرة للمخبر وتتضمن معايرة الصفائح والمحاور وحجم القياس بهدف الحصول على نتائج صحيحة ودقيقة.

2- تسجيل كافة البيانات المتعلقة بالعينة المريضة وهي: العمر، الجنس، وأنواع العلاج المستخدم، وبالنسبة للعينات السليمة تم تسجيل البيانات التالية: العمر، الجنس، الوضع الصحي العام.

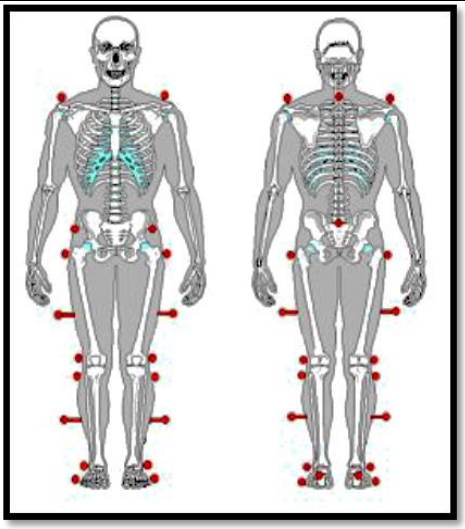
3- إجراء مجموعة من القياسات على العينة تتضمن:

الوزن- الطول- طول الساق اليمنى واليسرى- عرض الحوض- عمق الحوض الأيمن والأيسر- قطر الركبة اليمنى واليسرى- قطر الكاحل الأيمن والأيسر. ويظهر الشكل(3) طريقة إجراء بعض القياسات المطلوبة لإنجاز تحليل المشي.

4- تركيب مجموعة من المعلمات على جسم العينة مباشرة عدها 22 معلم توضع وفق بروتوكول .(Davis Heel) كما هو مبين في الشكل (4)، وهي كما يلي: اثنتين على الكتفين، واحدة على الفقرة الرقبية السابعة، وثلاث معلمات على الحوض النتوء الحرقفي الأعلى في الحوض (اليميني واليساري) وعلى الظهر في مكان عظم العجز ثلاثة على كل فخذ وكذلك ثلاثة على كل ساق واثنتين على كل قدم ويوضح الشكل (4) هذا التوزيع



الشكل (3) طريقة إجراء بعض القياسات المطلوبة لإنجاز تحليل المشي.



الشكل(4) أماكن وضع المعلمات وفقاً لبروتوكول (Davis heel) .(SMART-D Motion capture system,2009)

5- يبدأ إجراء التجربة وفق مرحلتين هما:

اختبار الوقوف:

يطلب إلى العينة الوقوف على إحدى صفيحتي القوة بشكل مستقيم وكلتا يديه إلى جانبيه ونظره للأمام وقدميه متجاورتين لفترة زمنية لا تتجاوز الخمس ثواني.

اختبار المشي:

يطلب من العينة المشي حافي القدمين وبسرعته الذاتية على ممشى بطول (8) m لعدة مرات.

ثلاث تجارب مشي ناجحة، ثم يحسب المتوسط الحسابي للتجارب الثلاث للحصول على النتائج النهائية لتحليل المشي لكل عينة. والشكل(5) يظهر مريض شاركوت أثناء إجراء التجربة.

الشكل(5) أماكن وضع المعلمات على العينة.

3-النتائج: (results):

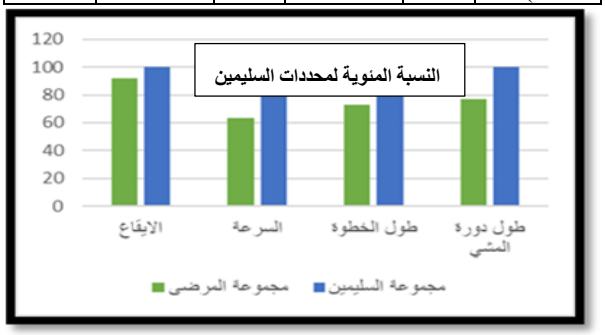
بعد إجراء اختبارات تحليل المشي تمت معالجة البيانات وفق خطوات محددة لنحصل على قيم محددات المسافة والزمن للعينات المريضة والسليمة، ثم تمت الدراسة الاحصائية لهذه القيم بهدف المقارنة فيما بينها واستخلاص خصائص المشي لدى مرضى شاركوت أظهرت النتائج اختلافات في قيم محددات المسافة والزمن بين مرضى شاركوت والأشخاص السليمين كما يظهر في الجدول (3) والجدول(4)، حيث نلاحظ من الجداول أن السرعة لدى مرضى CMT أقل منها للأشخاص السليمين بنسبة(36.5%) والإيقاع لدى مرضى CMT أقل بنسبة (7.86%) كما تناقصت محددات المسافة ممثلة بطول دورة المشي وطول الخطوة لدى مرضى CMT بنسبة (27%)، (23.26%) على التتالي كما هو مبين في الشكل(6). حيث ظهرت قيم محددات المرضى كنسبة مئوية لمحددات السليمين، حيث تتوافق نتائجنا مع نتائج الكثير من الدراسات المرجعية التي درس فيها الباحثون.

محددات المسافة والزمن لمرضى شاركوت.

الجدول (3) المحددات الزمنية لمجموعتي البحثالمحددات الزمنية	المجموعة				p-value
	مرضى شاركوت		أصحاء		
	متوسط	انحراف معياري	متوسط	انحراف معياري	
زمن دورة المشي(ثانية)	1.24	0.14	1.12	0.07	0.024
زمن طور التلامس(ثانية)	0.77	0.11	0.67	0.05	0.01
زمن طور التأرجح(ثانية)	0.46	0.06	0.44	0.03	0.307
زمن التلامس الثنائي(ثانية)	0.13	0.03	0.11	0.02	0.039
طور التلامس (%من دورة المشي)	62.43	3.16	60.26	1.38	0.12
طور التأرجح (%من دورة المشي(	37.31	3.11	39.65	1.40	0.074
طور التلامس الثنائي (%من دورة المشي)	10.83	1.78	10.26	1.27	0.61
الإيقاع (خطوة/دقيقة)	99.18	10.36	107.64	7.47	0.031
السرعة (متر/ثانية)	0.74	0.17	1.17	0.13	0.001

الجدول (4) محددات المسافة لمجموعتي البحث

محددات المسافة	المجموعة				p-value
	مرضى شاركوت		أصحاء		
	متوسط	انحراف معياري	متوسط	انحراف معياري	
طول دورة المشي(متر)	0.99	0.11	1.29	0.11	0.001
عرض الخطوة(متر)	0.22	0.04	0.18	0.03	0.01
طول الخطوة(متر)	0.46	0.05	0.63	0.05	0.001



الشكل (6) العلاقة بين الإيقاع، السرعة، طول دورة المشي طول الخطوة لمرضى شاركوت مقارنة مع الأشخاص السليمين

الشكل (7) العلاقة بين طور التلامس، طور التلامس الثنائي، زمن دورة المشي، عرض الخطوة لمرضى شاركوت مقارنة مع الأشخاص السليمين.

بينما ارتفع لدى مرضى الـــCMT كل من زمن دورة المشي وزمن طور التلامس وفترة التلامس الثنائي بنسب (18.18%, 14.93%, 10.71%)على التتالي، كما ازداد عرض الخطوة لدى مرضى CMT بنسبة (22.22%). كما هو مبين في الشكل البياني(7) حيث ظهرت قيم محددات المرضى كنسبة مئوية لمحددات السليمين.

7- المناقشة:

هدف هذا البحث هو إيجاد الفروقات في قيم محددات المسافة والزمن بين مجموعتين من الأشخاص: المجموعة الأولى أشخاص مصابون بمرض شاركوت والمجموعة الثانية تتألف من أشخاص سليمين من نفس الفئة العمرية لمجموعة أشخاص الـ cmt. أظهرت نتائج التجارب عدم وجود اختلافات ذات دلالة إحصائية بالنسبة للسمات العامة وهي العمر والوزن والطول بين مجموعتي مرضى الـــcmt والأشخاص السليمين. حيث كانت قيمة المعامل الإحصائي ($0.05<p$) للسمات السابقة كما هو مبين في الجدول (1) وهذا يدل على تجانس العينات بين المجموعتين مما يعطي المصداقية لنتائج المقارنة.

بينما ظهر وجود فروقات ذات مغزى إحصائي لمحددات المسافة والزمن بين مجموعتي البحث حيث كانت قيمة المعامل الإحصائي ($p\leq 0.05$) وذلك للسرعة، الإيقاع، طول دورة المشي، طول الخطوة، عرض الخطوة، زمن دورة المشي، وطور التلامس الثنائي، وهذا يتوافق مع نتائج الكثير من الدراسات المشابهة لموضوع البحث. (Peterson,2021) ((Coghe,2018)(Mehrpouya,2022) Õunpuu,2020)

بينت نتائج هذا البحث أن متوسط سرعة المشي لدى مرضى شاركوت أقل منها لدى الأشخاص السليمين، ويفسر ذلك بأن سرعة المشي للإنسان إنما تتعلق بشكل أساسي بتغيرات طول الخطوة بدلا من الإيقاع حيث يزداد طول الخطوة مع تقدم العمر ولكن ليس بالشكل الكافي ليعوض نقصان الايقاع الواضح عند مرضى شاركوت وبالتالي لا تظهر سرعة المشي عند مرضى شاركوت الزيادة النموذجية المرتبطة بالنمو مع تقدم العمر مما يؤددي إلى انخفاض تدريجي في سرعة المشي، كما عزا آخرون نقصان سرعة المشي لدى مرضى شاركوت إلى الاختلافات في

المحددات الحركية والتحريكية منها نقصـــان قيمة الذروة في مخطط العزم والقوة لـدى الكـاحـل وهـذا يتوافق مع ضـــعف العضـــلات لدى هؤلاء المرضـــى(Õunpuu,2020) . كما أن انخفاض السـرعة لدى مرضـى شـاركوت يتعلق بنقصـان طول دورة المشـي حيث أظهرت نتائج هذا البحث نقصـان قيمة طول دورة المشـــي لدى مرضـــى شـــاركوت عنها لدى الأشـــخاص السليمين، ويعود هذا النقصـان إلى انخفاض القوة العضـلية لدى مرضـى شاركوت فيسـعى هؤلاء المرضـى إلى تحقيق دورة مشـي قصيرة بهدف زيادة التوازن والاحساس بالأمان.(Õunpuu,2020) كما أظهرت نتائج البحث نقصـــان طول الخطوة لدى مرضـــى شـــاركوت الذي قد يكون ناتجا عن ضـــعف العضـــلات وعدم بالنسبة لعرض الخطوة فهي أكبر عند مرضـى شاركوت بسبب ضعف التوازن والتحكم الإرادي مما يجعل المرضى يلجؤون إلى خطوة أعرض أثناء المشـــي لتأمين قاعدة دعم أكبر من أجل ثبات وتوازن مركز الجسم. كذلك الأمر بالنسبة لطور التلامس فهو أكبر لدى مرضـى شـاركوت بهدف تعزيز الاسـتقرار وتقليل مراحل المشي مع ارتفاع مخاطر السقوط.(Coghe,2018)

8- الخاتمة:

1. قدمت هذه الدراسة دليل موضوعي وواضح على وجود اختلافات في قيم محددات المسافة والزمن بين مرضى شـاركوت والأشـخاص السـليمين من خلال اسـتخدام تقنيات تحليل المشـي ثلاثي الأبعاد المحوسـب. حيث أظهرت النتائج انخفاض قيمة السـرعة وطول الخطوة الاسـتقرار المرتبط بها حول الكاحل وهذا معروف لدى مرضـى شـــاركوت(Õunpuu,2020) كما أن تناقص مجال الحركة لمفصـــلي الكاحل والركبة يســـهم في إنقاص طول الخطوة أيضـــا.(Mehrpouya,2022) أدى انخفـاض طول الخطوة والسـرعة إلى زيادة زمن دورة المشـي فبسـبب معاناة مرضـى شـاركوت من تشـوهات في القدم فهم يجدون صـعوبة في قبض وبسط القدم وكذلك المشي على الكعب وهذه الاضطرابات تؤدي إلى زيادة في زمن دورة المشـــي لديهم (Mehrpouya,2022) وبالتالي تناقص الإيقاع لدى مرضـــى شـــاركوت كاســـتراتيجية متبعة للحصول على أفضل طريقة ممكنة للمشي الآمن. أما وطول دورة المشـي والإيقاع عند مرضـى شـاركوت بينما كانت قيم عرض الخطوة وزمن دورة المشـــي وزمن طور التلامس الثنائي أعلى لدى هؤلاء المرضى مقارنة معها لدى الأشـخاص السـليمين. وهي نتائج قيمة ومهمة لتوصـيف تشـوهات المشـي واتخاذ القرار الأنســـب لنمط المعـالجـة الواجـب إجراؤهـا لهؤلاء المرضى..

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشـق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

[1]Bourke, A. K., Scotland, A., Lipsmeier, F., Gossens, C., & Lindemann, M. (2020). Gait characteristics harvested during a smartphone-based self-administered 2-minute walk test in people with multiple sclerosis: test-retest reliability and minimum detectable change. Sensors, 20(20), 5906.

[2]Carollo. J, Sayan De. P, Akuthota. V, (2020) "Clinical Decision-Making With Instrumented Gait Analysis "American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation Volume 99, Number 3

[3]Charcot-Marie-Tooth Disease Fact Sheet", NINDS, Publication date June 2018. NIH Publication No. 18-NS-4897

[4].Chheng, C., & Wilson, D. (2021). Abnormal gait detection using wearable hall-effect sensors. Sensors, 21(4), 1206..

[5].Cicirelli, G., Impedovo, D., Dentamaro, V., Marani, R., Pirlo, G., & D'Orazio, T. R. (2021). Human gait analysis in neurodegenerative diseases: a review. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 26(1), 229-242

[6].Coghe. G, Pau. M, Mamusa. E, Pisano. C, Corona. F, Pilloni. G, Porta. M, Marrosu. G, Vannelli. A, Frau. J, Lorefice. L, Fenu. G, Marrosu. MG, Cocco . E, (2018)" Quantifying gait impairment in individuals affected by Charcot-Marie-Tooth disease: the usefulness of gait profile score and gait variable score" Disability and Rehabilitation

[7].Juneja. M, Burns. J, Saporta. MA, Timmerman. V, (2019) "Challenges in modelling the Charcot-Marie-Tooth neuropathies for therapy development" Neurogenetics, 90:58-67

[8].Kim. JW, Choi. JH, Kim. G, Ryu. KH, Park. SG, Jeong. CY, Park. DH, (2020) "Anesthetic Management of Charcot-Marie-Tooth Disease" Archives of Clinical and Medical Case Reports, 4 (1): 138-152

[9].Mehrpouya, A., Dashtbayaz, M. H., Allali, A. Z., Yazdi, A. A., & Boostani, R. (2022). "A Gait Analysis Study on Charcot-Marie-Tooth Patients". International Journal of Clinical and Experimental Medicine Research, 6(1), 74-80.

[10] Õunpuu, S., Pierz, K. A., Acsadi, G., & Wren, T. A. (2020). Changes in walking velocity and stride parameters with age in children with Charcot-Marie-Tooth disease. Neuromuscular Disorders, 30(10), 825-832.

[11]Peterson, D. S., Moore, A., & Ofori, E. (2021). Performance fatigability during gait in adults with Charcot-Marie-Tooth disease. Gait & Posture, 85, 232-237.

[12] Robertson, K. R., Parsons, T. D., Sidtis, J. J., Hanlon Inman, T., Robertson, W. T., Hall, C. D., & Price, R. W, (2006)"Timed Gait test: normative data for the assessment of the AIDS dementia complex" Journal of clinical and experimental neuropsychology, 28(7), 1053-1064.

[13]SMART-D Motion capture system. User manual English version 1.12. Document number: ERSD1-00220-12. published December 2008. Copy right BTS S.P.A 2000-2009.

[14]Veerapaneni. K, (2016) "CHARCOT-MARIE TOOTH DISEASE" Department of Neurology, University of Kansas Medical Center, Kansas City, USA [15] Wojciechowski. E, Sman. A, Cornett. K, Raymond. J, Refshauge.K, Menezes. M, Burns. J, (2017) "Gait patterns of children and adolescents with Charcot-Marie-Tooth disease" Gait & Posture.