استجابة عدد من متغيرات تبادل الغازات لجهد بدني هوائي متدرج الشدة للأطفال بعمر (١٠-١٢) سنة

م. عمر علاء الدين أحمد النقيب omaralnakeeb@uomosul.edu.iq
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة / جامعة الموصل
أ.د. أحمد عبد الغني طه الدباغ aat@uomosul.edu.iq
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة / جامعة الموصل

تاريخ تسليم البحث ٢٠٢٠/١٠/١١..... تاريخ قبول النشر ٢٠٢٠/١١/٢٤
DOI:

الملخص

هدف البحث الحالي الى التعرف على االفروق في متغيرات (حجم استهلاك الأوكسجين النسبي ($V'O_2$)، حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($V'CO_2$)، نسبة التبادل التنفسي (RER)، المكافئ الايضي (MET)) عند الانتقال من الراحة إلى جهد بدني هوائي متدرج الشدة لدى عينة من الأطفال بعمر (١٠–١٢) سنة. وافترض الباحثان وجود فروق ذات دلالة إحصائية في متغيرات (حجم استهلاك الأوكسجين النسبي ($V'O_2$)، حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($V'CO_2$)، نسبة التبادل التنفسي (RER)، المكافئ الايضي (MET)) عند الانتقال من الراحة إلى جهد بدني هوائي متدرج الشدة لدى عينة من الأطفال بعمر (١٠–١٢) سنة.

استخدم الباحثان المنهج الوصفي بالأسلوب المقارن لملائمته وطبيعة الدراسة، أما عينة البحث فقد تكونت من (١٠) أطفال بأعمار(١٠–١٢) سنة من تلاميذ المرحلة الابتدائية في مدرسة (الجوادين) الابتدائية للعام الدراسي (٢٠١٩–٢٠٢٠) من محافظة الديوانية، أجريت التجربة الرئيسة في ظرف حرارة محيطة معتدلة (22°C ± 1)ورطوبة تتراوح (30%–20) على عينة البحث في الراحة التامة وأثناء الجهد البدني المتدرج باستخدام برتوكول (Bruce) للوصول إلى الاستهلاك الاقصى للأوكسجين (جهد هوائي متدرج الشدة) في مختبر الفسلجة في كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/ جامعة القادسية، ولمعالجة البيانات استخدم الباحثان الوسائل الإحصائية الآتية للوصول إلى النتائج (الوسط الحسابي، الانحراف المعياري، معامل الاختلاف، تحليل التباين بطريقة القياسات المتكررة).

وتوصل الباحثان إلى الاستنتاجات التالية:

- إن الجهد البدني الهوائي متدرج الشدة من شأنه أن يحدث زيادة ملحوظة عند الانتقال من الراحة إلى مرحلة الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى مرحلة العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين في متغيرات حجم الأوكسجين المستهلك النسبي.
- إن الجهد البدني الهوائي متدرج الشدة من شأنه أن يحدث زيادة ملحوظة عند الانتقال من الراحة إلى مرحلة الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى مرحلة العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين في متغير حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي.
- إن الجهد البدني الهوائي متدرج الشدة من شأنه أن يحدث زيادة ملحوظة عند الانتقال من الراحة إلى مرحلة الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى مرحلة العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين في متغير نسبة التبادل التنفسي.

- إن الجهد البدني الهوائي متدرج الشدة من شأنه أن يحدث زيادة ملحوظة عند الانتقال من الراحة إلى مرحلة الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى مرحلة العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين في متغير المكافئ الايضي.

الكلمات المفتاحية: (التبادل التنفسي، الاوكسجين، ثاني اوكسيد الكاربون، المكافئ الايضي، نسبة التبادل التنفسي).

Response of a Number of Gas Exchange Variables to Aerobic Physical Exertion of Varying Intensity Children Aged (10-12) Years

Lect. Omar Ala-Ulddin Al-Naqeeb omaralnakeeb@uomosul.edu.iq
Prof. Dr. Ahmed A. Chani Taha aat@uomosul.edu.iq

ABSTRACT

Identify the differences in the variables (relative oxygen consumption volume (V̇O2), relative carbon dioxide volume (V̇CO2), respiratory exchange ratio (RER), and metabolic equivalent (METs)) when moving from rest to physical aerobic exertion of increasing intensity in children aged (10-12) years old, and The researchers hypothesized statistically significant differences in the variables (relative oxygen consumption volume (V̇O2), relative volume of carbon dioxide (V)CO2), respiratory exchange ratio (RER), metabolic equivalent (METs)) when moving from rest to aerobic physical exertion of gradient intensity In children aged (10-12) years.

The two researchers used the descriptive approach in a comparative style for its suitability and the nature of the study, as for the research sample, it consisted of (10) children of (10-12) years of age from primary school students in the (Al-Jawadin) primary school for the academic year (2019-2020) from Diwaniyah governorate, The final experiment was conducted under a condition of moderate ambient temperature (22°C ± 1) and humidity ranging (20-30%) on the research sample in complete rest and during physical exertion gradient using the Bruce protocol to reach the maximum oxygen consumption (air voltage with gradient intensity) in Physiology Lab at the College of Physical Education and Sports Sciences / University of Al-Qadisiyah, and to process the data, the researcher used the following statistical methods to arrive at the results (arithmetic mean, standard deviation, coefficient of variation, body mass index, body surface area, and variance analysis using repeated measurements).

The researchers reached the following conclusions:

- The escalating intensity of aerobic physical exertion would cause a noticeable increase in the transition from rest to the phase of air voltage, and from the air stress phase to the anaerobic threshold phase, and from the anaerobic threshold phase to the maximum oxygen consumption phase in the relative oxygen volume variable
- The escalating intensity of aerobic physical exertion would cause a noticeable increase in the transition from rest to the phase of air voltage, and from the air stress phase to the anaerobic threshold phase, and from the anaerobic threshold stage to the maximum oxygen consumption stage in the proportional carbon dioxide volume variable
- The escalating intensity of aerobic physical exertion would cause a noticeable increase in the transition from rest to the phase of air tension, and from the air stress phase to the anaerobic threshold stage, and from the anaerobic threshold

stage to the maximum oxygen consumption stage in the variable respiratory exchange rate.

- The escalating intensity of aerobic physical exertion would cause a noticeable increase in the transition from rest to the phase of air voltage, and from the air stress stage to the anaerobic threshold stage, and from the anaerobic threshold stage to the maximum oxygen consumption stage in the metabolic equivalent.

Keywords: (Respiratory Exchange, Oxygen, Carbon Dioxide, Metabolic Equivalent, Respiratory Exchange Rate)

١- التعريف بالبحث

١-١ المقدمة وأهمية البحث

يعد موضوع تبادل الغازات وصرفيات الطاقة في أثناء الجهد البدني من أهم المواضيع قيد الدراسة والبحث في الوقت الحالي لأنها تعبر وبشكل دقيق عن كفاءة الجهاز التنفسي والقلبي الوعائي، إذ حددت كلية الطب الرياضي الأمريكية (ACSM) القياس المباشر للاستهلاك الاقصى للأوكسجين (Vo_{2max}) بوصفه قياسا دقيقا لصرفيات الطاقة، كما حددت نفس الكلية وحدة مطلقة لصرفيات الطاقة وهي المكافئات الايضية (MET) والمقدرة لدى الشخص البالغ (3.5مللتر/كغم.دقيقة) (Koutlianoset al, 2013, pp.136-137)، كما وتستخدم قيم التبادل التنفسي لتقدير النقطة التي يحدث عندها تراكم اللكتات في الدم وهذا ما يعرف بالعتبة الفارقة اللاكتاتية او اللاهوائية، وأشار القحطاني (٢٠١٣) بهذا الصدد بان قياس الاستهلاك الاقصى للأوكسجين باستخدام قياس تحليل التبادل الغازي أثناء الجهد البدني المتدرج الأقصى من أكثر الاختبارات موثوقية لتقييم الوظائف القلبية التنفسية ومستويات اللياقة البدنية (القحطاني، ٢٠١٣، ب.ت).

تناولت العديد من الدراسات والبحوث متغيرات التبادل الغازي ومصروفات الطاقة وأولت بها اهتماما كبيرا، فمن خلال استعراض تلك البحوث والدراسات والاطلاع عليها يتضح ان معظم تلك الدراسات قد أجريت على البالغين من الذكور ومن هذه الدراسات: دراسة Kozey وآخرون (2010) والتي توصلت الى اكتشاف ألاخطاء في تقدير صرفيات الطاقة للأنشطة البدنية باستخدام (٣.٥ مللتر/كغم.دقيقة) كاستهلاك (O2) الأساسي (Kozey et al., 2010, pp. 508-516)، ودراسات أخرى أجريت على الإناث ومن هذه الدراسات: دراسة Hopkins وآخرون(٢٠٠٠) والتي توصلت الى استجابات النساء للتمرين في متغيرات "التبادل التنفسي (Hopkinsetal., 2000, pp. 721-730)، ودراسات أخرى أجريت على كلا الجنسين ومن هذه الدراسات: دراسة Mendes وآخرون ٢٠١٨)) والتي توصلت الى ايجاد معايير للمكافئات الايضية (METs) كمؤشر لشدة النشاط البدني (Mendes, 2018, pp. 1-10)، ودراسات أخرى أجريت على الأطفال بهذا المجال بأعمار فوق (١٠) سنوات ومن هذه الدراسات: دراسة Dilber وآخرون ((٢٠١٥ التي توصلت الى ايجاد قيم مرجعية لمتغيرات التبادل التنفسي كالاستهلاك الأقصى للأوكسجين لدى الأطفال والمراهقين في شمال غرب كرواتيا بأعمار (١١-١٧) سنة (Dilber et al, 2015, pp. 195-202).

نلحظ من البحوث والدراسات واردة الذكر أنها قد تنوعت في استخدام الوسائل والطرق في التعرف على مصروفات الطاقة والتبادل التنفسي، ومنهم من استخدم الشباب والأطفال والنساء والرجال فقد تباينت هذه البحوث من حيث اختيارهم للعينة والاختبار المستخدم في حساب هذه المتغيرات وكذلك الأجهزة والأدوات المستخدمة في هذه الدراسات، وعلاوة على ذلك منهم من وضع مستويات لبعض المتغيرات على أساس جغرافي.

كما وجد الباحثان أن هناك اختلافا في قيم متغيرات التبادل التنفسي ومصرفات الطاقة المقدرة ب (MET) إذ أن قيم البالغين تختلف عن قيمها في الأطفال، حتى في البحوث التي أجريت على الأطفال هناك فروق قد تكون كبيرة في حساب تكلفة مصروفات الطاقة من الأوكسجين وخصوصا في الراحة، وكما هو معروف أن قيمة (MET) هي (٣.٥ مللتر/كغم.دقيقة) لدى الشخص البالغ في الراحة، أما لدى الأطفال فهي تختلف عن قيمتها لدى البالغين، فكم تبلغ قيم مصروفات الطاقة للأطفال في الراحة وخلال الجهد البدني؟ إذ لا توجد قيمة ثابتة معتمدة كما لدى الشخص البالغ تعبر عن مصروفات الطاقة عند الأطفال في الراحة إضافة إلى ذلك هناك تباين واضح في نتائج هذه البحوث قد تعود إلى عدة عوامل منها: الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر، والبنية الجسمية، والعرق، والوراثة، والجنس، والعمر، وغيرها من العوامل التي يجب الأخذ بها بنظر الاعتبار، فمن خلال ما سبق ذكره وجد الباحثان بان هناك ندرة في الدراسات التي تختص بالتعرف على قيم التبادل التنفسي ومصروفات الطاقة بدلالة استهلاك الأوكسجين في الراحة وأثناء الجهد البدني على الأطفال، وان معرفة نتائج البحث الحالي من شانه أن يقدم المعلومات التي تتميز بأهميتها توضح للمجتمع والباحثين والمهتمين في مجال علم وظائف الجهد البدني وعلم التدريب الرياضي نتائج علمية رصينة والتي يمكن الاعتماد عليها والاستفادة منها في وضع وبناء البرامج التدريبية الخاصة للأطفال باعتبارهم الركيزة الأساسية في المستقبل، والأخذ بنظر الاعتبار حالة الأطفال الوظيفية أثناء التدريب في الظروف البيئية المختلفة وهنا تكمن أهمية البحث.

١-٢ مشكلة البحث

هناك حاجة إلى الكثير من الدراسات على الأطفال نظرا للصعوبات التي تواجه الباحثين في مجتمعنا في إجراء بحوثهم، لهذا نجد أن اغلب الباحثين يلجئون إلى التعامل مع البالغين في اغلب بحوثهم ودراساتهم، إذ نلاحظ ندرة الدراسات التي تتعلق بالجهاز التنفسي والتبادل الغازي وصرفيات الطاقة وعلى هذا الأساس تتحدد مشكلة البحث في الأسئلة التالية:

- ما هي قيم متغيرات تبادل الغازات ومصروفات الطاقة من الأوكسجين للأطفال بعمر (١٠-١٢) سنة في ظروف الراحة التامة.
- ما هي استجابات متغيرات تبادل الغازات ومصروفات الطاقة من الأوكسجين بعمر (١٠-١٢) سنة من خلال تأثير جهد بدني هوائي متدرج الشدة.

١-٣ أهداف البحث

١-٣-١ التعرف على الفروق في متغيرات (حجم استهلاك الأوكسجين النسبي ($V\dot{O}_2$)، حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($V\dot{C}O_2$)، نسبة التبادل التنفسي (RER)، المكافئ الايضي (MET) عند الانتقال من الراحة إلى جهد بدني هوائي متدرج الشدة لدى عينة من الأطفال بعمر (١٠-١٢) سنة.

١-٤ فروض البحث

١-٤- ١وجود فروق ذات دلالة إحصائية في متغيرات (حجم استهلاك الأوكسجين النسبي ($V\dot{O}_2$)، حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($V\dot{C}O_2$)، نسبة التبادل التنفسي (RER)، المكافئ الايضي (MET) عند الانتقال من الراحة إلى جهد بدني متدرج الشدة لدى الأطفال بعمر (١٠-١٢) سنة.

١-٥ مجالات البحث

١-٥-١ المجال البشري: عينة من الأطفال والبالغ عددهم (١٠) من ذوي الصحة الجيدة بعمر (١٠-١٢) سنة.

١-٥-٢ المجال المكاني: مختبر كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/ جامعة القادسية.

١-٥-٣ المجال ألزماني: للفترة من ٢٠١٩/١١/١٧ ولغاية ٢٠١٩/١١/٢٦.

٢ الإطار النظري والدراسات السابقة

٢-١ الدراسات السابقة

٢-٢-١ دراسة Cooper & Weiler (1984) بعنوان: "استجابات التبادل الغازي للتمرين عند الأطفال"

هدفت الدراسة إلى التعرف على استجابات بعض متغيرات التبادل الغازي لتمرين متدرج الشدة لدى الأطفال من الذكور والإناث، تم قياس استجابات تبادل الغازات أثناء التمرين لدى عينة قوامها (١٠٩) من الأطفال الأصحاء متكونين من (٥١ إناث) و (٥٨ ذكور) تتراوح أعمارهم مابين (٦-١٧) سنة باستخدام احدث الأجهزة لقياس التبادل التنفسي، بالنسبة للتمرين الذي نفذه الأطفال عبارة عن جهد متدرج الشدة باستخدام برتوكول دراجة الجهد، للوصول إلى أقصى جهد وحتى التعب، تم قياس الاستهلاك الأقصى للأوكسجين($V\dot{O}_{2max}$) وكذلك ($V\dot{O}_2$) عند الوصول إلى العتبة الفارقة اللاهوائية (AT)، وجد الباحثين بان هناك علاقة خطية بين المتغيرات المقاسة ومعدل الجهد البدني، فعند زيادة شدة الجهد البدني تم ملاحظة وجود زيادة هذه المتغيرات بطريقة خطية، وكذلك وجد الباحثين من خلال النتائج التي ظهرت لديهم بان العتبة الفارقة اللاهوائية (AT) والاستهلاك الاقصى للأوكسجين ($V\dot{O}_{2max}$) لها علاقة وثيقة بطول الطفل، كانت فيها قيم الذكور أعلى بكثير من الإناث.تمت مقارنة النتائج التي تم الوصول إليه المتغير($V\dot{O}_{2max}$) مع النتائج التي توصل إليها (Astrand) قبل أكثر من ٣٠ عاما باستخدام تقنيات مختلفة تم استخدامها آنذاك لقياس التبادل الغازي، لم تكن هناك فروق بين القيم التي توصل إليها الباحثين وبين دراسة (Astrand)، ومع ذلك كانت قيم الإناث في هذه الدراسة

لديهن اقل بكثير في ($V\dot{O}_{2max}$) مقارنة بالإناث في دراسة (Astrand)(Cooper & Welier, 1984, pp. 47-48).

٢-٢-٢ دراسة Do Prado وآخرون(2010) بعنوان: "استجابات الجهازين الدوري والتنفسي أثناء اختبار التمرين البدني الأقصى المتدرج لدى الأطفال الأصحاء"

هدفت الدراسة في التعرف على استجابات جهازي الدوري والتنفسي أثناء اختبار الجهد البدني المتدرج الأقصى لدى الأطفال ومقارنتها مع البالغين باستخدام جهاز (SensorMedics-modelo$V\dot{O}_{2max}$) لتحليل الغازات، خضع خمسة وعشرون من الأطفال والأصحاء بعمر(10.2 ± 0.2)، ٢٠ من البالغين الأصحاء بعمر (0.4 ± 27.5) إلى اختبار تدريجي للجهازين القلبي التنفسي على جهاز السير المتحرك حتى التعب لتحديد السعة الهوائية القصوى والعتبة الفارقة اللاهوائية (AT)، ومن النتائج التي توصل إليها الباحثون بان زمن التمرين كان (0.4 ± 9.8) للأطفال مقابل (0.4 ± 10.2) دقيقة للبالغين، وكان أقصى استهلاك للأوكسجين(2.1 ± 39.4 مللتر/كغم.دقيقة) للأطفال، مقابل (2.0 ± 39.1 مللتر/كغم.دقيقة) للبالغين، إذ كانت هذه القيمة متشابهة في الأطفال والبالغين، أما في (AT, HR, $V\dot{O}_2$, RR)كانت قيم هذه المتغيرات أعلى عند الأطفال، بينما كان حجم النفس أقل في قمة التمرين، أظهر الأطفال ارتفاع في قيم (RR) ومع ذلك، كانت قيم ($V\dot{O}_2$, TV, $V\dot{E}$, RER) أقل عند الأطفال مقارنة بالبالغين، واستنتج الباحث بان الاستجابات القلبية التنفسية وعملية الايض أثناء اختبار التمرين المتدرج مختلفة عند الأطفال مقارنة مع البالغين،كما تشير هذه الاختلافات إلى أن الأطفال لديهم كفاءة الجهازين القلبي والتنفسي أقل بالمقارنة مع البالغين ومع ذلك، أظهر الأطفال كفاءة في معدل الايض أعلى أثناء تنفيذ التمرين، وعلى الرغم من الاختلافات التي لوحظت، أظهر الأطفال مستويات مماثلة من القدرة على أداء الاختبار بالمقارنة مع البالغين(do Prado et al, 2010, pp. 477-483).

٣- إجراءات البحث

٣-١ منهج البحث

استخدم الباحثان المنهج الوصفي بالأسلوب المقارن لملاءمته وطبيعة البحث.

٣-٢ عينة البحث:

تكونت عينة البحث من (١٠) أطفال بأعمار(١٠-١٢) سنة من تلاميذ المرحلة الابتدائية في مدرسة (الجوادين) الابتدائية للعام الدراسي (٢٠١٩-٢٠٢٠) من محافظة الديوانية، والذين يمثلون صفوف الرابع والخامس والسادس الابتدائي، تم اختيارهم بصورة عمدية من الممارسين للنشاط الرياضي وممن يمتازون بصحة جيدة وغير زائدي الوزن (اعتمادا على مؤشر كتلة الجسم) (Rowland, 2018, PP.197-198)، وتم اخذ موافقة أولياء أمور التلاميذ للمشاركة في (التجربة الرئيسية)، والجدول (١) يبين مواصفات عينة البحث.

الجدول (١) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لمتغيرات العمر، الطول، الكتلة، والمساحة السطحية للجسم ومؤشر كتلة الجسم لعينة البحث

المتغيرات / المعالم الإحصائية		العمر (سنة)	الطول (سم)	الكتلة (كغم)	المساحة السطحية للجسم(م٢)	مؤشر كتلة الجسم
عينة البحث	(سَ)	١١.٢٠٠	١٤٠.٥٥٠	٣٤.٥٦٠	١.١٦٦	١٧.٤١٣
	(+ع)	٠.٧٨٩	٦.٦٢٧	٥.٥٥١	٠.١١٤	٠.٧٨٩
	(خ)	٧.٠٤٣	٤.٧١٥	١٦.٠٦١	٩.٨٠٦	٧.٠٤٣

يتبين من الجدول (١) تجانس العينة في المتغيرات (الطول, العمر, الوزن، المساحة السطحية للجسم، مؤشر كتلة الجسم), إذ كانت قيم معامل الاختلاف بين أفراد العينة أقل من (30%) مما يدل على تجانس العينة (التكريتي والعبيدي, ١٩٩٩، ص ١٦١).

٣-٣ وسائل جمع البيانات

استخدم الباحثان الاختبارات والقياسات، الملاحظة، المقابلة الميدانية[١]، وسائل لجمع البيانات.

٣-٤ الأجهزة والأدوات المستخدمة

- جهاز قياس الوزن الكتروني نوع (Arzum) تركي المنشأ يقيس لأقرب (0.1 Kg).
- شريط لقياس طول الجسم يقيس لأقرب (cm).
- جهاز السير المتحرك Treadmill كهربائي نوعTurbofit Exercise(X17028-1). أمريكي المنشأ.
- جهاز وحدة قياس الأيض (Wearable metabolic system) والمصنع من قبل شركة (COSMED) لقياس متغيرات التبادل التنفسي نوع (K5)، مع ملحقاته كافة، ايطالي المنشأ٢٠١٦.
- محرار رقمي (Thermo – Hygrometer) لقياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية للمحيط نوع (Delta trak) صيني المنشأ.
- لابتوب عدد (١).
- ساعة توقيت عن طريق الهاتف.
- معقمات خاصة للماسك.

[١] تم اجراء المقابلة الميدانية لكل من السادة:
- أ.د ريان عبد الرزاق الحسو
- أ.د محمد توفيق عثمان محمد توفيق
- أ.د فلاح حسن عبد الله
- أ.م.د نشوان ابراهيم النعيمي

٣-٥ وصف القياسات والإختبارات

٣-٥-١ القياسات الجسمية وتشمل قياس الطول والكتلة

٣-٥-١-١ قياس الطول

٣-٥-١-٢ قياس كتلة الجسم

٣-٥-٢ قياس متغيرات الجهاز التنفسي

تم الحصول على بيانات متغيرات التبادل التنفسي في الراحة وأثناء الجهد عن طريق منظومة قياس وحدة الأيض المحمول (Wearable metabolic system) نوع (K5) الجيل الرابع والمعد من شركة (COSMED) الايطالية، هذه المنظومة تعمل على قياس تبادل الغازات عن طريق التنفس بطريقة (Breath by Breath) باستخدام محللات (O_2) و(CO_2)، تتم عملية الاختبار في البداية بتسخين جهاز (K5) ومعايرته وفق التعليمات التي توفرها الشركة المصنعة وتنفذ هذه المعايرة من قبل المشرف على الجهاز.

بعد الانتهاء من معايرة الجهاز يتم أولا إدخال البيانات الخاصة بكل مختبر وهي الطول والوزن وتاريخ الميلاد والجنس على البرنامج في الحاسوب، حيث يقوم الجهاز بحساب مؤشر كتلة الجسم والمساحة السطحية للجسم بعد إدخال متغيرات الطول والكتلة والعمر، أما بالنسبة للحرارة والرطوبة فيتم قياسها بشكل آلي من قبل الجهاز بواسطة حساسات موجودة في الجهاز، تم بعدها معايرة الجهاز على اخذ معدل قراءات كل (١٠ ثا)، ففي فترة الراحة يكون الطفل جالس على كرسي وفي وضع راحة تامة ونقوم بوضع القناع الخاص بجهاز تحليل الغازات على وجه الطفل ونقوم بتثبيته بشبكة خاصة على الرأس, بعدها نقوم بقياس متغيرات الجهاز التنفسي في وضع الراحة وذلك بالضغط على زر (rest) ثم (start) في البرنامج، أما في الجهد البدني يبدأ الاختبار بالنقر على زر (exercise) ثم (Start) وعندها يبدأ الجهاز بأخذ القراءات آليا التي تظهر على شاشة الحاسوب، وفي نهاية الاختبار ننقر على (Stop Test)، وتم تنفيذ هذه التجربة على مرحلتين مرة بظرف حراري ($22 \pm 1°C$)، ومرة في ظرف حراري ($30 \pm 1°C$)، وقد شملت متغيرات الدراسة على ما يأتي:

- حجم الأوكسجين النسبي ($\dot{V}O_2$) (مللتر/كغم.دقيقة).
- حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($\dot{V}CO_2$) (مللتر/كغم.دقيقة).
- نسبة التبادل التنفسي (Respiratory Exchange Ratio)(RER).
- المكافئ الأيضي (Metabolic Equivalents)(METs).

(https://fccid.io/SN7-COSMED-K5)

٣-٥-٣ اختبار الجهد الهوائي (اختبار بروس)

يعد هذا الاختبار من اكثر الاختبارات شيوعا واستخداما في الاطفال كما ويعد ملائما ومناسبا لجميع الاعمار وهو معبر وبشكل كبير عن ($\dot{V}O_2max$) و (AT) مقارنة ببقية البروتوكولات (Rowland, 2018, p. 17). يبدأ الاختبار بمستوى حمل بسيط ثم يتدرج الحمل بالازدياد خلال

وحدات زمنية معينة حتى ينتهي الاختبار عند استنفاذ الجهد للمختبر وهي المرحلة التي لا يستطيع معها المختبر بالاستمرار نتيجة التعب, ويتم تحليل البيانات أو المتغيرات الخاصة في المرحلة الهوائية من الجهد والعتبة الفارقة اللاهوائية وما يليها وذلك من خلال استخدام معادلة أو مؤشر العتبة الفارقة اللاهوائية.

– الهدف من الاختبار: يقيس الاختبار القيمة القصوى لاستهلاك الأوكسجين ($\dot{V}O_{2max}$) (بالطريقة المباشرة).

– الأدوات: جهاز سير المتحرك Treadmill، جهاز تحليل الغازات، قناع ، أنبوب مطاطي.

– مواصفات الاختبار:

١. يقوم المختبر بإجراء عملية الإحماء لمدة (٥) دقائق، وذلك بالهرولة الخفيفة على الشريط الدوار بسرعة وانحدار معينيين (كم السرعة).
٢. إعطاء فترة راحة لا تزيد عن (٥) دقائق.
٣. يبدأ الاختبار بعد إعطاء الأمر لمشغل جهاز الركض على سرعة وانحدار وكما موضح في الجدول رقم (٢).
٤. عند بدء المختبر بالجري يبدأ المؤقت بتشغيل ساعة التوقيت.
٥. بعد كل ثلاث دقائق نقوم برفع درجة الانحدار والسرعة وحسب البرتوكول المثبت.
٦. يستمر الاختبار بزيادة السرعة أو الانحدار إلى أن يصل المختبر إلى مرحلة استنفاذ الجهد والتعب.
٧. يتوقف الاختبار بعد وصول المختبر إلى الإجهاد الإرادي من خلال زر توقيف على الحاسوب الجهاز سير المتحرك.
٨. مواصفات الاختبار: يتكون الاختبار من سبعة مراحل، لكل مرحلة سرعة وانحدار، ويستغرق أداء كل مرحلة ثلاث دقائق. والجدول (٢) يبين مراحل اختبار بروس للجهد الهوائي.

الجدول (٢) يبين مراحل اختبار بروس (Bruce Test)

مراحل الاختبار / المواصفات		الوقت الكلي(د)	الانحدار(%)	السرعة(كم/ساعة)
١	المرحلة الأولى	١ – ٣	١٠	٢,٧
٢	المرحلة الثانية	٣ – ٦	١٢	٤,٧
٣	المرحلة الثالثة	٦ – ٩	١٤	٥,٥
٤	المرحلة الرابعة	٩ – ١٢	١٦	٦,٨
٥	المرحلة الخامسة	١٢ – ١٥	١٨	٨,٠
٦	المرحلة السادسة	١٥ – ١٨	٢٠	٨,٨
٧	المرحلة السابعة	١٨ – ٢١	٢٢	٩,٦٥

(الهزاع، ٢٠٠٩، ص ٤٨٤)

٣-٦ التجارب الاستطلاعية

أجريت جميع التجارب الاستطلاعية في يومي الأحد والاثنين الموافق (١٧-١٨/ ١١/ ٢٠١٩).

٣-٦-١ التجربة الاستطلاعية الأولى

أجريت تجربة استطلاعية على عينة البحث، لغرض شرح الاختبار للعينة من خلال توضيح الطريقة التي سيقومون فيها بالاختبار إضافة إلى إجراء تمرين مبسط على جهاز السير المتحرك من اجل التكيف والتالف على الجهاز.

٣-٦-٢ التجربة الاستطلاعية الثانية:

تختص هذه التجربة للتأكد من صلاحية الأجهزة والأدوات المستخدمة في التجربة إضافة إلى شرح مبسط لفريق العمل المساعد[٢] بالمراحل التي ستنفذ فيها التجربة وتدريبهم على الأجهزة والأدوات وكيفية استخدامها وطريقة القياس وتوزيع المهام الخاصة بإجراءات التجربة عليهم.

٣-٦-٣ التجربة الاستطلاعية الثالثة

تم في هذه التجربة تطبيق جميع القياسات والاختبارات والإجراءات بشكل كامل على اثنين فقط من أفراد العينة فضلاً عن التعرف على المعوقات التي قد تظهر عند تنفيذ إجراءات تطبيق التجربة، والتعرف على الوقت التقريبي المستغرق للاختبار.

٣-٧ التجربة النهائية

أجريت التجربة النهائية في يوم الثلاثاء المصادف (٢٠١٩/١١/١٩) في مختبر فسلجة التربية الرياضية في محافظة الديوانية، تضمنت قياس متغيرات الدراسة في وضع الراحة التامة وأثناء الجهد البدني وبمساعدة فريق العمل المساعد وكما يلي:

اتبع الباحثان التسلسل الإجرائي التالي لتنفيذ تجربته:

- ضبط درجة حرارة المختبر إلى (22°C± 1).
- ضبط درجة الرطوبة تتراوح مابين (20-30%)
- التأكد من تأقلم عينة البحث للظرف الحراري من خلال وضعهم في غرفة الاختبار فترة لا تقل عن نصف ساعة (Ferguson et al, 2002, p.982).

[٢] **يتكون فريق العمل المساعد من السادة:**

ت	الاسم	الكلية والجامعة	التخصص
١.	أ.د. فلاح حسن عبد الله	كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/ جامعة القادسية	فسلجة التدريب الرياضي
٢.	أ.د. قيس سعيد دايم	كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/ جامعة القادسية	فسلجة التدريب الرياضي
٣.	م.د. حسن عبد الهادي	كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/ جامعة القادسية	فسلجة التدريب الرياضي
٤.	السيد حيدر خالد	كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/ جامعة القادسية	طالب ماجستير/ تربية بدنية
٥.	السيد قاسم بشير	كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/ جامعة القادسية	معلم تربية رياضية

- تم قياس متغيرات الدراسة في وضع الراحة قبل إجراء الاختبار من وضع الجلوس واستغرقت هذه التجربة عشرة دقائق لكل طفل، تؤخذ قراءات اخر (٥) دقائق لتقليل نسبة الخطأ (Winter, 2007, P. 57).
- إعطاء إحماء لمدة (٥) دقائق وبسرعة (٤) كم / ساعة وانحدار (٠) درجة على جهاز السير المتحرك.
- إعطاء راحة لمدة لا تقل عن (٥) دقائق.
- إعطاء جهد متدرج الشدة (اختبار بروس).
- قياس المتغيرات في أثناء مراحل الجهد البدني المتدرج وحتى التعب.

٣-٩ الوسائل الإحصائية:

تم استخدم الوسائل الإحصائية التالية:

- الوسط الحسابي (Arithmetic mean).
- الانحراف المعياري (Standard deviation).
- معامل الاختلاف (Coefficient of Variance).
- تحليل التباين بطريقة القياسات المتكررة (Measurements Repeated). وتمت معالجة البيانات باستخدام الحزمة الإحصائية SPSS الإصدار (25).

٤- عرض النتائج وتحليلها ومناقشتها

٤-١ عرض نتائج الفروق في متغير حجم الأوكسجين المستهلك ($\dot{V}O_2$) النسبي والمقاس بـ (مللتر/كغم.دقيقة) عند الانتقال من الراحة إلى جهد متدرج الشدة

جدول (٣) يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية في متغير حجم الأوكسجين المستهلك النسبي ($\dot{V}O_2$) في الراحة وتأثير الجهد البدني عليه في مراحل الجهد كافة

المتغير	مرحلة الاختبار	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مراحل انتقال الجهد البدني	نسبة التغير بين المراحل %
$\dot{V}O_2$ (مللتر/كغم.دقيقة)	الراحة	٤.٢٨٣	٠.٥٠٠	الراحة – الجهد الهوائي	↑٣٠٢.٨٧
	الجهد الهوائي	١٧.٠٤٨	١.٣٣٧	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	↑٩٧.٢٦
	العتبة اللاهوائية	٣٣.٤٥٨	١.٥٦٤		
	الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	٤٦.٥٥٢	٢.٠٤٧	العتبة اللاهوائية–الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	↑٣٩.٢٢

جدول (٤) يبين تحليل التباين لأثر التمرين المتدرج الشدة في متغير ($\dot{V}O_2$) النسبي بين مراحل الجهد كافة

الظرف	مراحل الجهد	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	درجة المعنوية
فترة الانتقال	الراحة – الجهد الهوائي	١٦٢٩.٥٠٣	١	١٦٢٩.٥٠٣	٧٩٩.٠١٩	٠.٠٠١**
	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	٢٦٩٢.٩١٤	١	٢٦٩٢.٩١٤	٧١١.٣٠٩	٠.٠٠١**
	العتبة اللاهوائية – الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	١٧١٤.٣٧١	١	١٧١٤.٣٧١	٨١٤.٤٩٠	٠.٠٠١**
نسبة خطأ فترة الانتقال	الراحة – الجهد الهوائي	١٨.٣٥٤	٩	٢.٠٣٩		
	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	٣٤.٠٧٣	٩	٣.٧٨٦		
	العتبة اللاهوائية – الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	١٨.٩٤٤	٩	٢.١٠٥		

* معنوي عند نسبة خطأ <(٠.٠١)

٤-٢-٢ عرض نتائج الفروق في متغير حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($\dot{V}CO_2$) والمقاس (مللتر/كغم.دقيقة)عند الانتقال من الراحة إلى جهد متدرج الشدة في بيئة حرارية معتدلة

جدول (٥) يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية في متغير حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($\dot{V}CO_2$) في الراحة وتأثير الجهد البدني عليه في مراحل الجهد كافة

المتغير	مرحلة الاختبار	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مراحل انتقال الجهد البدني	نسبة التغير بين المراحل %
$\dot{V}CO_2$ (مللتر/كغم.دقيقة)	الراحة	٣.٦٤٤	٠.٨٧٢	الراحة – الجهد الهوائي	↑٣٤٥.٠٣
	الجهد الهوائي	١٦.٢١٧	٢.٣٩٧	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	↑١٢٣.٧٠
	العتبة اللاهوائية	٣٦.٢٧٩	٧.٠٥١		
	الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	٥٦.٩٤٧	١١.٥٠٩	العتبة اللاهوائية–الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	↑٥٦.٩٦

جدول (٦) يبين تحليل التباين لأثر التمرين المتدرج الشدة في متغير حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($\dot{V}CO_2$) بين مراحل الجهد كافة في الظرف الحراري المعتدل (22°C ±1)

الظرف	مراحل الجهد	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	درجة المعنوية
فترة الانتقال	الراحة – الجهد الهوائي	١٥٨٠.٨٠٣	١	١٥٨٠.٨٠٣	٥٢٤.٢٩٣	٠.٠٠١**
	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	٤٠٢٤.٨٣٨	١	٤٠٢٤.٨٣٨	١٥٤.١٢٠	٠.٠٠١**
	العتبة اللاهوائية – الاستهلاك الاقصى للأوكسجين	٤٢٧١.٦٦٢	١	٤٢٧١.٦٦٢	١٩٢.٦٤٨	٠.٠٠١**
نسبة خطأ فترة الانتقال	الراحة – الجهد الهوائي	٢٧.١٣٦	٩	٣.٠١٥		
	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	٢٣٥.٠٣٤	٩	٢٦.١١٥		
	العتبة اللاهوائية – الاستهلاك الاقصى للأوكسجين	١٩٩.٥٦٠	٩	٢٢.١٧٣		

* معنوي عند نسبة خطأ <(٠.٠١)

4-٢-٣ عرض نتائج الفروق في متغير نسبة التبادل التنفسي (RER) عند الانتقال من الراحة إلى جهد متدرج الشدة في بيئة حرارية معتدلة

جدول (٧) يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية في متغير نسبة التبادل التنفسي (RER) في الراحة وتأثير الجهد البدني عليه في مراحل الجهد كافة

المتغير	مرحلة الاختبار	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مراحل انتقال الجهد البدني	نسبة التغير بين المراحل %
RER	الراحة	٠.٧٨٥	٠.٠١٧	الراحة – الجهد الهوائي	↑١٣.٣٩
	الجهد الهوائي	٠.٨٨٩	٠.٠١٦	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	↑١٣.٤٧
	العتبة اللاهوائية	٠.٠٠٩	٠.٠٠١		
	الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	١.١٣٤	٠.٠١٠	العتبة اللاهوائية–الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	↑١٢.٣٨

جدول (٨) يبين تحليل التباين لأثر التمرين المتدرج الشدة في متغير نسبة التبادل التنفسي(RER) بين مراحل الجهد كافة في الظرف الحراري المعتدل (22°C ±1)

الظرف	مراحل الجهد	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	درجة المعنوية
فترة الانتقال	الراحة – الجهد الهوائي	٠.١	١	٠.١١٠	١٩٥.٢١٢	٠.٠٠١*
	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	٠.١٤٣	١	٠.١٤٣	٥٢٧.٥٢٦	٠.٠٠١*
	العتبة اللاهوائية – الاستهلاك الاقصى للأوكسجين	٠.١٥٦	١	٠.١٥٦	١٥٠٥.٦٢١	٠.٠٠١*
نسبة خطأ فترة الانتقال	الراحة – الجهد الهوائي	٠.٠٠٥	٩	٠.٠٠١		
	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	٠.٠٠٢	٩	٠.٠٠١		
	العتبة اللاهوائية – الاستهلاك الاقصى للأوكسجين	٠.٠٠١	٩	٠.٠٠١		

* معنوي عند نسبة خطأ <(٠.٠١)

4-٢-٤ عرض نتائج الفروق في متغير المكافئ الايضي (MET) عند الانتقال من الراحة إلى جهد متدرج الشدة في بيئة حرارية معتدلة

جدول (٩) يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية في متغير المكافئ الايضي (MET) في الراحة وتأثير الجهد البدني عليه في مراحل الجهد كافة

المتغير	مرحلة الاختبار	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مراحل انتقال الجهد البدني	نسبة التغير بين المراحل %
MET	الراحة	١.٢٢٢	٠.١٤٣	الراحة – الجهد الهوائي	↑٣٠٦.٤٢
	الجهد الهوائي	٤.٨٧٠	٠.٣٨٢	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	↑٩٧.٢٥
	العتبة اللاهوائية	٩.٥٥٨	٠.٤٤٦		
	الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	١٣.٣١٩	٠.٦١٥	العتبة اللاهوائية–الاستهلاك الاقصى للاوكسجين	↑٣٩.٤٤

جدول (١٠) يبين تحليل التباين لأثر التمرين المتدرج الشدة في متغير المكافئ الايضي (MET) بين مراحل الجهد كافة في الظرف الحراري المعتدل (1± 22°C)

الظرف	مراحل الجهد	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	درجة المعنوية
فترة الانتقال	الراحة – الجهد الهوائي	١٣٣.١٠٨	١	١٣٣.١٠٨	٧٩٨.٤٩٧	٠.٠٠١*
	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	٢١٩.٧٣٦	١	٢١٩.٧٣٦	٧١٢.٢٠٧	٠.٠٠١*
	العتبة اللاهوائية – الاستهلاك الاقصى للأوكسجين	١٤١.٤٧٤	١	١٤١.٤٧٤	٧١٣.٦٣٢	٠.٠٠١*
نسبة خطأ فترة الانتقال	الراحة – الجهد الهوائي	١.٥٠٠	٩	٠.١٦٧		
	الجهد الهوائي – العتبة اللاهوائية	٢.٧٧٧	٩	٠.٣٠٩		
	العتبة اللاهوائية – الاستهلاك الاقصى للأوكسجين	١.٧٨٤	٩	٠.١٩٨		

*** معنوي عند نسبة خطأ <(٠.٠١)**

٤–٣ مناقشة نتائج تأثير الجهد البدني على متغيرات التبادل التنفسي عند الانتقال من الراحة إلى الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى الاستهلاك الاقصى للأوكسجين

يتبين من الجدول (٤) والتي تخص متغير حجم الأوكسجين النسبي ($\dot{V}O_2$) والمقاس (مللتر/كغم.دقيقة) أن هناك ارتفاعا في قيمة هذا المتغير عند الانتقال من مرحلة إلى أخرى وصولا لمرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين، سيتم التطرق إلى الآليات التي تعمل على زيادة استخدام (O_2) على مستوى العضلات العاملة دون المرور إلى كيفية نقل (O_2) من الرئة وتوافق عمل الجهاز القلبي الوعائي مع الية التبادل التنفسي على مستوى الرئة.

تتفق هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها كل من (do Prado et al., 2010)(Dilber et al., 2015) (Hopkins et al., 2000, pp. 721–730).

إذ يعزو الباحثان هذا الارتفاع إلى الزيادة المتدرجة في شدة الجهد البدني متمثلة في مراحل الجهد التي نفذها الأطفال انطلاقا من مرحلة الراحة مرورا في مرحلة الجهد الهوائي وأعقبها مرحلة العتبة اللاهوائية ومن ثم مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين وهذا ما أدى إلى زيادة الحاجة إلى (O_2) في كل مرحلة من هذه المراحل وخاصة من قبل العضلات العاملة لإنتاج الطاقة اللازمة للإيفاء بمتطلبات الجهد البدني، فمن خلال ملاحظة الأوساط الحسابية في الجدول (٣) نلاحظ انه كلما كان هناك زيادة في الجهد البدني عند الانتقال من مرحلة إلى أخرى ارتفعت معها الحاجة إلى كميات اكبر من (O_2)، وهذا يعتمد على الآليات المترابطة بين عمل الجهاز القلبي الوعائي والجهاز التنفسي، وهذا ما أشار إليه

Bongers وآخرون (2013) بان هناك عاملين رئيسيين يؤثران على ($\dot{V}O_2$) هما الناتج القلبي وأقصى فرق شريان وريدي للأوكسجين وهذا يتوقف على قدرة الجهازين القلبي والتنفسي لنقل (O_2) إلى العضلات العاملة، ومدى قدرة العضلات على استخلاص واستخدام (O_2) من الدم (Bongers, 2013, P.7).

ويذكر Burton وآخرون (2004) بان متطلبات العضلات العاملة من الأوكسجين ترتفع بشكل كبير فوق متطلبات الراحة، حيث يزداد استهلاك الأكسجين ($\dot{V}O_2$) بشكل متناسب مع عبء العمل المفروض، حتى يستقر ويصل إلى "القمة، وبعد ذلك لن يزيد استهلاك (O_2)، بغض النظر عن مقدار شدته، هناك عدة عوامل تؤثر على زيادة تسليم (O_2) إلى العضلات العاملة فبهذا الخصوص يذكر كل من Howley & Powers (2009) بأنه نتيجة لممارسة التمرين وزيادة شدته بشكل تدريجي فان الحاجة إلى(O_2)تزداد بشكل كبير نظرا لاستهلاكه من قبل العضلات العاملة وبالتالي تحتاج العضلات إلى المزيد من (O_2)، إذ أن هناك عدة عوامل تؤدي إلى زيادة تسليم (O_2) إلى العضلات العاملة عند ممارسة التمرين وبالتالي زيادة حجم استهلاكه من قبل العضلات ومن هذه العوامل:

- انخفاض الضغط الجزيئي لغاز الأوكسجين(PO_2) في الأنسجة.
- تأثير تغيير حالة حامضية الدم على تقارب الهيموغلوبين لـ (O_2) يضعف قوة الارتباط بين (O_2) والهيموجلوبين عن طريق انخفاض (PH) في الدم (زيادة الحموضة)،
- حامض ديفوسفوغليسيك (٣-DPG٢): العامل الذي يحتمل أن يؤثر على شكل منحنى الافتراق أوكسيهيموغلوبين هو تركيز ٢-٣ حامض دايفوسفوغليسيك (٣-٢ DPG) في خلايا الدم الحمراء.
- عامل آخر يؤثر على تقارب الهيموغلوبين ل (O_2) هو درجة الحرارة، وهذا يعني أن زيادة في درجة حرارة الدم يضعف الارتباط بين (O_2) والهيموغلوبين في العضلات، والتي تساعد في تفريغ (O_2) إلى العضلات، على العكس من ذلك، انخفاض في درجة حرارة الدم يؤدي إلى ارتباط أقوى بين (O_2) والهيموغلوبين، مما يصعب افتراق الأوكسجين (Powers&Howley, 2009, PP. 213-214).

أما بالنسبة لمتغير حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي ($\dot{V}CO_2$) فيتبين من الجدول (٦) وجود فروقا معنوية عند الانتقال من مرحلة جهد إلى أخرى، وصولا لمرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين ($\dot{V}O_{2max}$)، إذ أن قيمة ($\dot{V}CO_2$) ارتفعت كلما انتقل الأطفال من مرحلة إلى أخرى لاحظ الأوساط الحسابية في الجدول (٥)، تتفق هذه النتائج مع العديد من الدراسات (do Prado et al, 2010, pp. 477-483) (Hopkins et al., 2000, pp. 721-730)، ويعزو الباحثان هذه النتائج إلى تأثير الجهد البدني والذي كان بوتيرة متصاعدة مما زاد من عملية التمثيل الغذائي لإنتاج الطاقة اللازمة للعمل العضلي ونتيجة لعملية الايض هذه تنتج مخلفات منها (CO_2)، وهذا ما أكده غايتن وهول (1997) بأنه كلما زاد المجهود البدني ازدادت معه عمليات الايض داخل العضلات مما ينتج عنها زيادة في (H^+) و (CO_2)، ويضيف أيضا عندما تستعمل الخلايا (O_2) يتحول معظمه إلى (CO_2) وبذلك يرتفع الضغط الجزيئي لـ (CO_2) إلى درجة عالية داخل الخلايا مما يسبب انتشاره إلى شعيرات

الأنسجة بسبب ان (PCO_2) في الشعيرات أوطأ وبذلك ينتقل هذا الغاز عن طريق الدم إلى الاسناخ ليتم طرحه عن طريق الزفير (غايتن وهول، ١٩٩٧، ص ٦٠٧).

إذ يتم إنتاج ($\dot{V}CO_2$) من مصدرين أثناء التمرين، الأول وهو (CO_2 الايضي)، يتم إنتاجه عن طريق التمثيل الغذائي ألتأكسدي، يتم تحويل ما يقرب من (75%) من (O_2)الذي يستهلكه الجسم إلى(CO_2)، الذي يعود إلى الجانب الأيمن من القلب عن طريق الدم الوريدي، ثم يدخل الرئتين ويخرج من خلال عملية الزفير، الثاني يطلق عليه (CO_2 الغير ايضي)، ينتج عن تخزين اللاكتات في مستويات شدة عالية من التمرين، (Froelicher& Myers, 2006, p. 50)، وهذا ما يؤكده الربيعي (2017) نقلا عن (Wasserman, 1999) بأن معدل إنتاج الـ (CO_2) يكون في بداية التمرين البدني اقل من معدل استهلاك (O_2) وبازدياد الجهد البدني ومع الاقتراب من ($\dot{V}O_{2max}$) فان إنتاج الـ (CO_2) يتساوى أو يزيد عن استهلاك (O_2) وذلك لمحاولة الجسم التخلص من زيادة إنتاج الـ (CO_2) بسبب الزيادة المتدرجة لحامض اللبنيك في الدم، فعمليات التنفس الخلوي (العمليات الايضية) تكون مسئولة عن إنتاج الـ (CO_2) خلال الجهد البدني الذي تكون شدته ما دون ($\dot{V}O_{2max}$) أما عند تجاوز ($\dot{V}O_{2max}$) فان إنتاج (CO_2) يكون من قبل عمليات صد الحموضة الناتجة عن تراكم حامض اللبنيك في الدم (الربيعي، ٢٠١٧، ص ٣٤).

بالنسبة لمتغير نسبة التبادل التنفسي لـ (RER) وعند مراجعة الأوساط الحسابية للجدول (٧) نلاحظ أن قيمة (RER) قد ازدادت عند الانتقال من مرحلة جهد إلى أخرى وصولا لمرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين، تتفق هذه النتيجة مع العديد من الدراسات (do Prado et al, 2010, PP. 477-483) (Edvardse et al, 2014, pp. 1-8) (Armstrong et al, 1997, pp.1554-1560)(الربيعي، ٢٠١٧، ص ص ٥٤- ٥٩).

يعزو الباحثان هذه النتائج إلى طبيعة الجهد البدني الذي انعكس تأثيره من خلال الآليات الفسيولوجية التي يتخدها الجسم لمواجهة أعباء الجهد البدني، ومن هذه الآليات هي التخلص من (CO_2) الناتج من عمليات الايض مقارنة مع استهلاك الأوكسجين.

وهذا ما أكده كل من (Edvardsen et al., 2014) (Milani et al., 2006) (Rowland, 2018)(Williams& Armstrong, 2012)، إذ يزيد معدل (RER)عند الانتقال من الراحة إلى الجهد البدني المتدرج (Williams & Armstrong, 2012, P. 71) (Rowland, 2018, p. 37) ففي بداية الجهد يبقى منحنى إنتاج (CO_2) اقل من استهلاك (O_2) لغاية الوصول إلى مرحلة العتبة اللاهوائية (AT)، بمجرد الوصول لـ(AT)، يتم إنتاج (CO_2) الغير الايضي الإضافي، مما يؤدي إلى ارتفاع حاد في ($\dot{V}CO_2$) ويصاحبه ارتفاعا في (RER) إلى قيم تتجاوز (1.0) في نهاية الجهد (Edvardsen et al., 2014, p. 6)(Milani et al., pp. 2006, 1606)، وهذا ما اكده كل من (Kakutani et al., 2018) (Diebel et al., 2017) (Katch et al., 2011) فعند زيادة شدة الجهد البدني وعند الوصول إلى النقطة التي يتراكم فيها حامض اللاكتيك بشكل يفوق معدل إزالته،

بسبب تحول مصدر إنتاج الطاقة من الأحماض الدهنية إلى الجلوكوز، حامض اللاكتيك يتم تحويله في الدم إلى لاكتات، حيث ينتج عن التخزين المؤقت للاكتات حامض الكربونيك الأضعف، وعند وصول الدم إلى الشعيرات الدموية الرئوية،يتحلل حامض الكربونيك إلى مكوناته، وهو (CO_2)و (H_2O) للسماح لـ (CO_2) للخروج عن طريق الزفير، وبذلك يزيد (RER) فوق (1.0) لأن التخزين المؤقت لهذا الحامض يضيف "عاملا إضافيا أخر" من (CO_2) فوق الكمية التي يتم إطلاقها عادةً أثناء ايض الطاقة الخلوية (Katch et al., 2011, P.220) (Diebel et al., 2017, p. 636) (Kakutani et al., 2018, pp. 2753-2754).

بالنسبة لمتغير قيمة المكافئ الايضي (MET) فمن خلال ملاحظة الجدول (9) لقيمة الأوساط الحسابية في مرحلة الراحة كانت قيمة المكافئ الايضي (MET) هي اكبر من القيمة المعيارية المتفق عليها والتي تبلغ (3.5 مللتر/كغم.دقيقة) لشخص يزن (70 kg) ويبلغ من العمر (٤٠) سنة، والسبب يعود إلى عدة عوامل منها الجنس والعمر وتكوين الجسم والتي ستؤثر على مقاييس استهلاك الطاقة أثناء الراحة، وبالتالي فإن قيم (MET) الفعلية مختلفة من شخص لأخر، حيث أظهرت دراسة تجريبية حديثة أيضًا أن قيمة واحدة من المكافئ الأيضي (MET) لا يناسب جميع الأشخاص (Habibzadeh, 2015, p.2).

أما عند الانتقال من مرحلة الراحة إلى الجهد الهوائي مرورا بمرحلة العتبة اللاهوائية ووصولا إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين لاحظ الجدول (9)، نلاحظ أن هناك ارتفاعا ملحوظا عند كل مرحلة من مراحل الجهد يعزو الباحثان ذلك إلى أن المكافئ الايضي (METs) هو تعبير مبسط لكمية الطاقة المصروفة بدلالة استهلاك الأوكسجين النسبي في الدقيقة الواحدة إذ أن (1 MET) تساوي (3.5 مللتر/كغم.دقيقة)، وبذلك كلما كان هناك زيادة في استهلاك الأوكسجين ($\dot{V}O_2$) نتيجة الارتفاع التدريجي لشدة الجهد البدني كلما كان هناك ارتفاعا في قيمة المكافئ الايضي (MET) وبذلك فان العلاقة ستكون خطية.

وهذا ما يؤكده كل من (Jette et al, 1990) (Kozey et al, 2010) (Milani, 2006) بان الأنشطة البدنية التي تتطلب من (1.5 – 4 METs) تعتبر أنشطة منخفضة الشدة، أما الأنشطة البدنية التي تتطلب من (6 – 8 METs) فتعتبر متوسطة الشدة، أما الأنشطة البدنية التي تتطلب من (8 METs) فما فوق تعتبر من الأنشطة عالية الشدة. (Jette et al, 1990, pp.560-561) (Kozey et al, 2010, p. 508) (Milani, 2006, p.1603) وهذا ما يتطابق مع نتائج الدراسة، إذ أن الجهد البدني لبرتوكول بروس الذي استخدمه الباحثان يتسم بزيادة تدريجية للجهد البدني حيث تدرج من مرحلة الراحة إلى الجهد الهوائي الخفيف ثم استمرت الشدة بالارتفاع وصولا لأقصى جهد، وهذا ما أشار إليه Milani (2006) بان التمرين المتدرج عند استخدام برتوكول متدرج في الشدة على جهاز الركض يؤدي إلى زيادات مستمرة في المكافئ الايضي (MET) طوال فترة التمرين (Milani, 2006, p.1605)

٥- الاستنتاجات والتوصيات

٥-١ الاستنتاجات

- إن الجهد البدني الهوائي المتدرج الشدة من شأنه أن يحدث زيادة ملحوظة عند الانتقال من الراحة إلى مرحلة الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى مرحلة العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين في متغير حجم الأوكسجين المستهلك النسبي.
- إن الجهد البدني الهوائي المتدرج الشدة من شأنه أن يحدث زيادة ملحوظة عند الانتقال من الراحة إلى مرحلة الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى مرحلة العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين في متغير حجم ثاني اوكسيد الكاربون النسبي.
- إن الجهد البدني الهوائي المتدرج الشدة من شأنه أن يحدث زيادة ملحوظة عند الانتقال من الراحة إلى مرحلة الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى مرحلة العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين في متغير نسبة التبادل التنفسي.
- إن الجهد البدني الهوائي المتدرج الشدة من شأنه أن يحدث زيادة عند الانتقال من الراحة إلى مرحلة الجهد الهوائي، ومن مرحلة الجهد الهوائي إلى مرحلة العتبة اللاهوائية، ومن مرحلة العتبة اللاهوائية إلى مرحلة الاستهلاك الاقصى للأوكسجين في المكافئ الايضي.

٥-٢ التوصيات

- إجراء دراسات مشابهة للدراسة الحالية من حيث إجراءاتها بين الأطفال والبالغين.
- استخدام بروتوكولات جهد مختلفة بزيادة زمن الجهد البدني أو تقصيره لمعرفة تأثير هذه البرتوكولات على متغيرات البحث.
- إجراء دراسات مقارنة بين الأطفال الذكور والإناث بنفس الأعمار لمعرفة الفروق بين الجنسين في متغيرات التبادل التنفسي.
- توعية المدربين بأهمية قياس متغيرات التبادل الغازي للفئات العمرية الصغيرة فمن خلالها يمكن التعرف على قدرة الأطفال الهوائية والقابلية البدنية.

المصادر

١. التكريتي، وديع ياسين والعبيدي، حسن محمد عبد (١٩٩٩): التطبيقات الإحصائية واستخدامات الحاسوب في بحوث التربية الرياضية، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، العراق.
٢. الربيعي، حسام حازم (٢٠١٧): *دراسة مقارنة بين الأطفال البدناء وزائدي الوزن والأسوياء بعمر(١٠-١٢سنة) في العتبة الفارقة اللاهوائية والحد الاقصى لاستهلاك الأوكسجين لعدد من المتغيرات الوظيفية،*

رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، العراق.

٣. غايتون و هول (١٩٩٧): *المرجع في الفسيولوجيا الطبية*، ترجمة د. صادق الهلالي، دار أكاديمية انترناشيونال للطباعة والنشر، لبنان.

٤. القحطاني، شايع (٣٠-٦-٢٠١٣): *تأثير الإجهاد الفسيولوجي على المتغيرات الفسيولوجية أثناء الجهد البدني*، جامعة الملك سعود، تم الاسترجاع من موقع https://fac.ksu.edu.sa/shalkahtani/blog/131303 .

٥. الهزاع، هزاع بن محمد (٢٠٠٩): *فسيولوجيا الجهد البدني، الأسس النظرية والإجراءات المعملية للقياسات الفسيولوجية*، ج٢، جامعة الملك سعود، الرياض.

6. Armstrong, N., Kirby, BJ., McManus, AM., Welsman, JR., (1997). Prepubescents ventilatory responses to exercise with Refrence to six and body Size, *CHEST Journal*, Vol. 112, (6): 1554–1560. doi: https://doi.org/10.1378/chest.112.6.1554.

7. Bongers, B.C., (2013). *Pediatric exercise testing: in health and disease*,Thesis, Utrecht University, Utrecht, the Netherlands.ISBN 978905291111 3.

8. Cooper, D.M. &Weiler-Ravell, D., (1984). Gas exchange response to exercise in children, *Journal of the American Review of Respiratory Disease,129(2):47-48.Retrieved.from* https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/arrd.1984.129.2P2.S47.

9. Diebel, SR., Newhouse, I., Thompson, DS., Johnson, VBK., (2017).Changes in Running Economy, Respiratory Exchange Ratio and VO_2max in Runners following a 10-day Altitude Training Camp, *International Journal of Exercise Science*, 10(4): 629-639.

10. Dilber, D., Malčić, L., Ćaleta, T. and Zovko, *A.*, (2015). Reference values for cardiopulmonary exercise testing in children and adolescents in northwest Croatia, *Journal of Paediatr Croat*; 59:195-202. Retrieved from doi: http://dx.doi.org/10.13112/PC.2015.29.

11 do Prado, D., Braga, A., Rondon, M., Azevedo, L., Matos, L., Negrão, C.,..., Trombetta, I., (2010). Comportamiento Cardiorrespiratorio en Niños Saludables durante el Ejercicio Progresivo Máximo, *Arq Bras Cardiol*; 94(4): 477-483. Retrieved from https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000007.

12 Froelicher, V.F., Myers, J., (2006). *Exercise and the Heart* (fifth ed.). USA., Saunders Elsevier Inc.

13 Edvardsen, E., Hem, E., Anderssen, SA., (2014). End criteria for reaching maximal oxygen uptake must be strict and adjusted to sex and age: a cross-sectional study, *PLoS One*. 2014;9(1):e85276. Retrieved from doi:10.1371/journal.pone.0085276.

14 Ferguson, R.A. Ball, D., Sargeant, A.J., (2002). Effect of muscle temperature on rate of oxygen uptake during exercise in humans at different contraction frequencies, *Journal of Experimental Biology*, 205: 981-987.

15 Habibzadeh, N., (2015). The Relationship Between Physical Activity Guidelines and Metabolic Equivalent Tasks, *World Journal of Sport Sciences*: 10 (1): 01-04. DOI: 10.5829/idosi.wjss.2015.10.1.9299.

16 Hopkins S.R., Barker, R.C., Brutsaert, T.D., Gavin, T.P., Entin, P.L., Olfert, M.,... and, Wagner, P.D., (2000). Pulmonary gas exchange during exercise in women: effects of exercise type and work increment, *Journal of Applied Physiology*, 89(2):721-30. doi: 10.1152/jappl.2000.89.2.721.

17 Jette, M., Sidney, K., Blumchent, G., (1990). Metabolic Equivalents (METS) in Exercise Testing, Exercise Prescription, and Evaluation of Functional Capacity, *Journal of Clin. Cardiol*. 13: 555-565. Retrieved. fromhttps://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/clc.4960130809.

18 Kakutani, N., Fukushima, A., Yokota, T., Katayama, T., Nambu, H., Shirakawa, R., ..., and Anzai, T., (2018).Impact of High Respiratory Exchange Ratio During Submaximal Exercise on Adverse Clinical Outcome in Heart Failure, *Circulation Journal*, Vol.82: 2753–2760, doi:10.1253/circj.CJ-18-0103.

19 Katch, V.L., McArdle, W.D., Katch, F.I., (2011). *Exercise and the Heart* (Fourth ed.), China., Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer.

20 Koutlianos, N., Dimitros, E., Metaxas, T., Deligiannis, AS., Kouidi, E.,(2013). Indirect estimation of VO_2max in athletes by ACSM's equation: valid or not?, *Journel of Hippokratia*, 17(2):136-140. Retrieved fromhttps://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24376318.

21 Kozey, S., Lyden, K., Staudenmayer, J., Freedson, P., (2010). Errors in MET Estimates of Physical Activities Using 3.5 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ as the Baseline Oxygen Consumption, Journal of Physical Activity and Health, 7(4):508-516. doi: 10.1123/jpah.7.4.508.

22 Mendes, M, da Silva, I., Ramires, V., Reichert, F., Martins, R., Ferreira, R., and Tomasi, E, (2018). Metabolic equivalent of task (METs) thresholds as an indicator of physical activity intensity, *PLoS ONE*, 13 (7), Retrieved from https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.

23 Milani, RV., Lavie, CJ., Mehra, MR., Ventura, HO., (2006). Understanding the basics of cardiopulmonary exercise testing. *Mayo Clin Proc*.;81(12):1603-1611. doi:10.4065/81.12.1603.

24 Powers, S.K., & Howley, E.T., (2009). *Exercise Physiology*, Theory and Application to Fitness and Performance, The McGraw- Hill Companies, 7ed, USA.

25 Rowland, Thomas W., (201٨). *Cardiopulmonary exercise testing in children and adolescents*, Human Kinetics Publishers;1st ed, U.S.A.

26 Williams, C.A., Armstrong, N., (2012). *Children and Exercise*, The Proceedings of the xxvnth International, Symposium of the European Group of Pediatric Work, Physiology Routledge is an imprint of the Taylor & Francis Group, published in the USA and Canada.

27 Winter, E.M., Jones, A.M., Davison, R., Bromley, P.D., Mercer, T.H., (2007). *Sport and Exercise Physiology Testing Guidelines*, The British Association of Sport and Exercise Sciences Guide, Vol.2, 1st ed, USA and Canada, Taylor & Francis e-Library.

28 https://fccid.io/SN7-COSMED-K5/User-Manual/User-Manual-2701156.