تأثير تدريبات كتم النفس الديناميكي على بعض المتغيرات الفسيولوجية والمستوى الرقمي لسباحة المسافات القصيرة

د / احمد جمال حجازي

مدرس تدريب السباحة – كلية التربية الرياضية جامعة مطروح

مقدمة ومشكلة البحث :

كتم النفس ونقص الأكسدة يتعلق بالتحكم في التنفس مما يتسبب في احتباس ثاني أكسيد الكربون (CO2) داخل الجسم وزيادة ضغطه الجزئي (PCO2) في الحويصلات الهوائية بشكل أسرع من الدم الوريدي ، وهنا تطلق المستقبلات الكيماوية المحيطية في أجسام الشريان السباتي والشريان الأبهر لاحقًا رسائل واردة إلى مركز الجهاز التنفسي لجذع الدماغ لاستعادة توازن الأكسجين (O2) ، والمحفز لذلك هو الانخفاض في الضغط الجزئي للأكسجين (PO2) وزيادة أيونات الهيدروجين (H^+) الناتجة عن زيادة ثاني أكسيد الكربون في الدم. (١٥ : ٢١٦) (١٨ : ١٦٠) (١٤ : ٣٥٩)

تشبه خصائص كتم النفس حالات نقص الأكسجة الموجودة في المرتفعات العالية ؛ فعند مستوى سطح البحر يبلغ الضغط الجوي ٧٦٠ مم زئبق ، نظرًا لأن الأكسجين يشكل ٢٠.٩٣٪ من هواء الغلاف الجوي فإن ضغطه الجزئي (PO2) يبلغ حوالي ١٥٩ مم زئبق على الرغم من أن الارتباط بين الضغوط الجزئية لغازات الهواء لا يزال مستقرًا إلا أن قيمها المطلقة تنخفض عند الارتفاعات العالية ، حيث ينص قانون بويل على ما يلي: "في درجات الحرارة المستقرة ترتبط أحجام الغاز عكسياً بضغطها" ، لذلك في المرتفعات العالية تزداد أحجام الغاز بسبب الانخفاض في الضغط الجوي ، على سبيل المثال في جبل إيفرست – ٩٠٠٠ م يكون ~ ٢٥٠ مم زئبق ، وبالتالي فإن PO2 يساوي ثلث قيمته عند مستوى سطح البحر. (١٦ : ٩٧)

كتم النفس الديناميكي هو نظام حر حيث يحاول الرياضيون تغطية أطول مسافة ممكنة ، والسباحة في المياه الضحلة بزعانف (ديناميكية مع زعانف – dynamic with fins (DYN أو بدون زعانف (ديناميكي بدون زعانف – dynamic no fins (DNF أثناء حبس الأنفاس حيث تؤثر ثلاثة متغيرات فسيولوجية رئيسية على الأداء في جميع تخصصات كتم النفس(١) إجمالي سعة تخزين غازات الجسم في الرئتين والدم والأنسجة ، والمقصود منها أن تكون احتياطيًا إجماليًا لـــ O2 وقدرة تخزين CO2 ؛ (٢) تحمل الاختناق ، وهذا هو الحد الذي يؤدي بعده نقص تأكسج الدم إلى فقدان الوعي الذي يسمى "الإغماء" (٣) معدل الأيض ، الذي يرتبط

عكسيا بمدة كتم النفس ، مما يعني أن أي نشاط بدني يرفع من استهلاك الأكسجين أو مستويات اللاكتات قبل أداء التدريب الديناميكي لكتم النفس مباشرة سيكون له نتائج عكسية. (١٩ : ٢٩٨)

يُظهر الغطس أو كتم النفس الديناميكي الذي يحبس النفس استجابة فسيولوجية معقدة مع تغيرات في الجهاز التنفسي والدورة الدموية والتمثيل الغذائي ، استجابات القلب والأوعية الدموية لكتم النفس والمعروفة باسم استجابة الغطس أو "منعكس الغوص" رد فعل فسيولوجي متعدد الوجوه يحدث استجابة لغمر الماء ، بما في ذلك تضيق الأوعية المحيطية ، وزيادة ضغط الدم الشرياني ، وإعادة توزيع تدفق الدم من الدورة الدموية المحيطية إلى الدورة الدموية الدماغية وعضلة القلب وبطء القلب وانخفاض النتاج القلبي ، يؤدي تضيق الأوعية المحيطية إلى نقص تروية العضلات والجلد ، ويتجه تدفق الدم بشكل أساسي نحو الدماغ والقلب ، بينما يتلقى باقي الجسم كمية محدودة من الدم ، وبالتالي تتحول العضلات العاملة بسرعة إلى التمثيل الغذائي اللاهوائي ، في الواقع لوحظ ارتفاع مستويات اللاكتات في الدم في نهاية الأداء في جميع تخصصات كتم النفس خاصة في كتم النفس الديناميكي. (٧ : ١٥٤٣)

في الوقت نفسه ، يؤدي بطء القلب وانخفاض النتاج القلبي إلى تقليل معدل التمثيل الغذائي مما يؤدي إلى استنفاد أبطأ لكل من مخازن O2 في الرئة والدم ، لوحظ بطء القلب في جميع تخصصات كتم النفس ، وإن كان بمستويات مختلفة يكون انخفاض معدل ضربات القلب أكبر في حالة توقف التنفس أثناء الراحة منه في التخصصات التي تتميز بالحركة مثل كتم النفس الديناميكي ، لذلك قد تؤدي المتطلبات النشطة لعضلات العمل إلى توازن بين التمارين المعتمدة على الجهاز السمبثاوي والتي تزيد من معدل ضربات القلب ومحفزات استجابة الغطس السمبثاوي ، مما يؤدي إلى تحسين بطء القلب أثناء أداء كتم النفس الديناميكي. (١٥ : ٢٢٨)

خلال المرحلة الأولية من كتم النفس الديناميكي ، يحدث انخفاض في تقلب معدل ضربات القلب heart rate variability (HRV) بوساطة تحفيز العصب المبهم vagally mediated ، ربما بسبب التثبيط المبهم ؛ مما يدل على زيادة تدريجية في نهاية كتم النفس ، أن الزيادة في النشاط السمبثاوي كانت مصحوبة بزيادة في النشاط الودي المحيطي ، مما أدى إلى التنشيط المشترك اللاإرادي ، أن نمط التنشيط المشترك السمبثاوي والباراسمبثاوي في وقت واحد أثار ناتجًا قلبيًا أكبر مقارنةً بتنشيط الجهاز السمبثاوي وحده. (٦ : ١٤٧٥)

في تدريبات كتم النفس الديناميكي يظل الضغط المحيط أثناء الغوص في المسبح قريبًا من ضغط الهواء بسبب العمق المحدود وتأثيرات الضغط هامشية فقط ومع ذلك تحدث تأثيرات أخرى مثل استجابة الغوص ، تتكون استجابة الإنسان للغوص من ردود فعل مختلفة للقلب

والأوعية الدموية والجهاز التنفسي ، أبرزها انخفاض معدل ضربات القلب ، بطء القلب أثناء الغوص وتشمل العوامل الأخرى انخفاض النتاج القلبي ، وتضيق الأوعية المحيطية ، وزيادة الضغط الشرياني المتوسط ، وانخفاض امتصاص الأكسجين ، ومن المعروف أن بطء القلب في الغوص قوي بما يكفي لاستمراره حتى في ظل ظروف التمرين وبالتالي تجاوز المنبهات التي يسببها التمرين. (٤ : ١٠٠٥)

يتم الجمع بين حبس النفس والتمارين الديناميكية في السباحة تحت الماء في احواض السباحة وهذه الطريقة التدريبية لها تأثيرات فسيولوجية في الانشطة التي تتطلب مجهود بدني عالي وسريع مثل ٥٠ و١٠٠ متر سباحة ، غالباً ما يتم تفسير هذه التأثيرات القلبية الوعائية من منظور آلية توفير الأكسجين ، والتي يشار إليها أيضاً باسم "استجابة الغوص البشري" ، عند أداء التمارين الديناميكية تحت الماء مع كتم النفس ، فإن مناورات حبس النفس ستؤدي إلى تطور أسرع لفرط ثنائي أكسيد الكربون ونقص الأكسجة. (١٠ : ٤٢٦)

أثناء التدريب ، يقوم السباحون بإجراء جلسات بانتظام في كتم النفس حيث يفعلون ذلك لعدة أسباب ، أولاً : تعني أهمية الانغماس في السباحة أثناء المسابقات أنه من الضروري للسباحين تحسين مسافة الانزلاق أو كفاءتهم تحت الماء خلال هذا الجزء من السباق مما يقلل من سحب الأمواج وينتج عنه سرعة أعلى ، ثانياً : وخاصة في سباق الزحف الأمامي لمسافة ٥٠ متراً (م) ، يسعى السباحون أيضاً إلى تقليل عدد الأنفاس التي يتم التقاطها لأسباب ميكانيكية حيوية من أجل الحد من المقاومة للمضي قدماً علاوة على ذلك فإن كتم النفس أثناء السباحة له تأثير على أسلوب السباحة لأن استمرارية الدفع يكون أفضل ، ثالثاً : قد يكون استخدام كتم النفس الديناميكي (أي كتم النفس أثناء التمرين) أثناء التدريب مفيداً أيضاً لتحسين القدرة الهوائية واللاهوائية. (١١ : ٢) (١٣ : ٤١٣)

أن كتم النفس يمكن أن يؤدي إلى زيادة تركيز الإريثروبويتين ، والهيماتوكريت ، وكتلة الهيموجلوبين ، وأحجام الرئة ، يقلل من حموضة الدم ، الإجهاد التأكسدي ويمكن أن يحسن قدرة المنظمات الحيوية ، تشير هذه النتائج إلى أن أداء توقف التنفس أثناء التدريب على السباحة يمكن أن يحسن عملية التمثيل الغذائي glycolytic metabolism المؤكسد والجليكوليتيك.(٩ : ٥٢١)

من هنا تظهر مشكلة البحث في أنه يمكن استخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي للتعرف على التأثيرات الفسيولوجية المختلفة أثناء سباحة المسافات القصيرة مثل ٥٠ متر حرة ، حيث أن استخدام هذه الطريقة من التدريب لها تأثيرات فسيولوجية وبيوكيميائية وبيوميكانيكية تساعد

على تحسين كفاءة السباح في أداء السباق وبالتالي قعد ينعكس على المستوى الرقمي لديه ، لذا اقترح الباحث تنفيذ برنامج تدريبي للتعرف على تأثير تدريبات كتم النفس الديناميكي على بعض المتغيرات الفسيولوجية والمستوى الرقمي لسباحة المسافات القصيرة.

أهمية البحث :

التعرف على تأثير تدريبات كتم النفس الديناميكي في تحسين بعض المتغيرات الفسيولوجية والمستوى الرقمي لسباحي المسافات القصيرة ، وابراز الدور الحقيقي لهذه التدريبات في امكانية قدرة السباح على قطع المسافات القصيرة بأقل عدد من الانفاس ومدى انعكاس ذلك على المستوى الرقمي.

هدف البحث :

يهدف البحث إلى تصميم برنامج تدريبي باستخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي والتعرف على:

- تأثيره على بعض المتغيرات الفسيولوجية لسباحي المسافات القصيرة.
- تأثيره على المستوى الرقمي لسباحي المسافات القصيرة.

فروض البحث :

في ضوء هدف البحث استخدم الباحث الفروض الآتية :

- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي في بعض المتغيرات الفسيولوجية لسباحي المسافات القصيرة.
- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي في المستوى الرقمي لسباحي المسافات القصيرة.

بعض المصطلحات المستخدمة بالبحث :

تدريبات كتم النفس الديناميكي :

كتم النفس الديناميكي هو نظام حر حيث يحاول الرياضيون تغطية أطول مسافة ممكنة ، والسباحة في المياه الضحلة بزعانف (ديناميكية مع زعانف – dynamic with fins (DYN أو بدون زعانف (ديناميكي بدون زعانف – dynamic no fins (DNF أثناء كتم الأنفاس.

الدراسات السابقة :

- دراسة " سون هيجونغ " Son, Heejeong (٢٠٢٠) (١٧) بعنوان " آثار التدريب باستخدام كتم النفس الاستاتيكي على وظائف الرئة ، واستجابة اللاكتات في الدم وأداء

التمارين لسباحي النخبة " وهدفت الدراسة التعرف على تأثير التدريب على تحسين وظائف الرئة وأداء السباحة من خلال تنفيذ تدريب كتم النفس الساكن لمدة ٤ أسابيع في نخبة السباحين الذكور، أجرت مجموعة كتم النفس ١٠ مجموعات من حبس النفس يومياً بالإضافة إلى ذلك في جميع المشاركين تم تقييم اختبارات وظائف الرئة [السعة الحيوية القسرية (FVC) وحجم الزفير القسري في ثانية واحدة (FEV1)] تم قياس مستوى اللاكتات في الدم أيضاً بعد أن أكمل كل سباح السباحة ٥ لفات ، كان من أهم النتائج زيادة السعة الحيوية القسرية لمجموعة كتم النفس بشكل ملحوظ كذلك تتغير نسبة FEV1 / FVC كما أنه سياعد في تحسين سرعة السباح في سباحة ٥٠ متر. (١٧ : ٢٧٢)

- دراسة " غيمارد ، الكسندر " Guimard, Alexandre (٢٠١٨) (٨) بعنوان " تأثير شدة السباحة على الاستجابات لكتم النفس الديناميكي " كان الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير شدة السباحة على الاستجابات الحادة لكتم النفس الديناميكي ، حيث أجرى ٩ سباحين تجربة زحف أمامية بطول ٥٠ متراً في أربعة ظروف مختلفة: بسرعة ٤٠٠ متر (V400) مع التنفس الطبيعي (NB) ، في V400 في كتم النفس الكامل (Ap) ، بسرعة قصوى (Vmax) مع NB وفي Vmax في Ap ، حيث تم قياس ذروة معدل ضربات القلب (HRpeak) وتركيز اللاكتات في الدم بعد التمرين (Lacpost ex) وتصنيف Borg للإجهاد الملحوظ (RPE) و تشبع الأكسجين الشرياني (SpO2) ، كان من أهم النتائج أن السباحة في V400 تسببت في انخفاض كبير في HRpeak و Lacpost ex مقارنة بالسباحة في Vmax بينما لم تكن RPE وحركية SpO2 مختلفة في V400 وفي Vmax ، تم الوصول إلى الحد الأدنى لقيمة SpO2 في Ap من ١٠ إلى ١١ ثانية بعد نهاية V400 و Vmax ، أدت السباحة مع زحف أمامي بطول ٥٠ متراً في Apk إلى انخفاض كبير في SpO2 والذي حدث فقط بعد توقف التمرين ، يمكن أن تفسر المدة الأعلى لكتم التنفس أثناء التمرين دون الحد الأقصى سبب وصول SpO2 و RPE إلى نفس قيم التمرين الأقصى. (٨ : ١٠١٥)
- دراسة " غيمارد ، الكسندر " Guimard, Alexandre (٢٠١٧) (٩) بعنوان " الاستجابات الفسيولوجية لكتم النفس الديناميكي فيما يتعلق بقدرة كتم النفس في الرياضيين

الثلاثي " ، هدفت الدراسة التعرف على تأثير تدريبات كتم النفس الديناميكي على بعض الاستجابات الفسيولوجية كالتشبع الاكسجيني ولاكتات الدم ومعدل القلب وذلك باستخدام المنهج التجريبي على ١٨ سباح في منتصف العمر بأداء التجربة بالسباحة ٥٠ متر مع زعانف وكتم النفس وكان من أهم النتائج أن تدريبات كتم النفس حسنت من أداء السباحة مما أدى إلى زيادة الوقت بنسبة أكبر من ٢.٥٪ مع انخفاض اللاكتات في الدم وتكرار ضربات الذراع ، كما أن السعة الجيدة لكتم النفس مرتبطة بتغيرات القلب والأوعية الدموية وكتم النفس الأيضي لدى الرياضيين في منتصف العمر المدربين ترفيهياً. (٩ : ٥٢١)

- دراسة " هوفمان ، يو " Hoffmann, U (٢٠٠٥) (١٠) بعنوان " استجابات القلب والأوعية الدموية لكتم التنفس أثناء التمرين الديناميكي " وهدفت الدراسة التعرف على تأثير تدريبات كتم النفس الديناميكي على بعض المتغيرات الفسيولوجية مثل متوسط الضغط الشرياني ومعدل القلب و فرط ثنائي أكسيد الكربون في الدم ونقص الأكسجة ، حيث استخدم المنهج التجريبي على ٢٦ طالب رياضي بصحة جيدة ، كان من أهم النتائج أن كتم النفس له تأثيرات ملحوظة على MAP و HR أثناء التمرين الديناميكي ، والتي تكون مستقلة بشكل أساسي عن نقص الأكسجة الناتج والزيادات في الضغط داخل الصدر ، يبدو أن العامل الرئيسي هو زيادة المقاومة الطرفية الكلية ، بما في ذلك على الأرجح تضيق الأوعية في عضلات التمرين. (١٠ : ٤٢٦)

إجراءات البحث :

منهج البحث :

تم استخدام المنهج التجريبي بتطبيق القياسين القبلي والبعدي لمجموعة تجريبية واحدة من ناشئين السباحة.

مجتمع البحث :

لاعبي السباحة الناشئين المقيدين بالأكاديمية الخاصة ، داخل حمام سباحة متنزه كليوباترا بمحافظة مطروح.

عينة البحث :

تم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية من لاعبي السباحة الناشئين المقيدين بالأكاديمية الخاصة من المرحلة العمرية (١٥-١٣) عام وبلغ عدد المجتمع الكلي للعينة المختارة ٢٢ لاعب ناشئ منهم ٨ أفراد للدراسة الاستطلاعية وعدد ١٤ فرد للدراسة الأساسية ممن تنطبق عليه شروط اختيار العينة .

شروط اختيار العينة :

- رغبة الناشئين واستعدادهم للمشاركة في تنفيذ تجربة البحث.
- ألا يقل عمر المشترك عن ١٣ عام ولا يزيد عن ١٥ عام.
- أن يكون اللاعب بحالة صحية جيدة ولا يتعاطى أي أدوية.

متغيرات البحث :

المتغير المستقل : البرنامج المقترح وهو عبارة عن تدريبات كتم النفس الديناميكي التي تؤدى في حمام السباحة بدون استخدام زعانف.

المتغير التابع : المتغيرات الفسيولوجية (متوسط الضغط الشرياني – الحجم الشهيقي المدخر IRV – الحجم الزفيري المدخرERV – السعة الحيوية القسرية FVC – القدرة اللاهوائية القصيرة) ، (المستوى الرقمي لسباحة ٥٠ متر حرة).

تجانس عينة البحث :

قام الباحث بإجراء التجانس لأفراد عينة البحث في المتغيرات الوصفية قيد البحث ولتحقيق ذلك فقد قام الباحث بإيجاد معامل الإلتواء والجدول التالي يوضح ذلك :

جدول (١)

تجانس أفراد العينة في المتغيرات الوصفية قيد البحث (ن=٢٢)

المتغيرات	وحدة القياس	المتوسط	الوسيط	الانحراف المعياري	الالتواء
السن	السنة	١٤.٨٠	١٤.٠٠	١.٣٠	١.٨٥
الطول	سم	١٥٨.٠	١٥٨.٥	٢.٣٠	-٠.٦٥
الوزن	كجم	٥٦.٠٠	٥٦.٥٠	٤.٠٢	-٠.٣٧
متوسط الضغط الشرياني	mm Hg	٩٣.٥٠	٩٤.٣٣	١.٠٥	-٢.٣٧
الحجم الشهيقي المدخر IRV	لتر	٢.١١	٢.٠٠	٠.٢٥	١.٣٢
الحجم الزفيري المدخرERV	لتر	١.٣٥	١.٢٢	٠.٣٠	١.٣٠
السعة الحيوية القسرية FVC	لتر	٤.٣٠	٤.٥٠	١.٠٧	-٠.٥٦
القدرة اللاهوائية القصيرة	كجم متر /ث	٩٨.٢٠	٩٨.٠٠	٥.٢٠	٠.١٢
سباحة ٥٠ م حرة	ثانية	٣٥.١١	٣٥.٠٠	٠.٤١٢	٠.٨٠

ويتضح من جدول (١) أن قيم معاملات الالتواء انحصرت ما بين (-٢.٣٧ ، ١.٨٥) وهي تقع ما بين (±٣) ، وهذا يدل على اعتدالية التوزيع في المتغيرات الوصفية قيد البحث.

وسائل جمع البيانات :

- جهاز الرستاميتر لقياس الطول.
- ميزان طبي لقياس الوزن.
- جهاز قياس ضغط الدم الكتروني.
- جهاز قياس الوظائف التنفسية.
- شريط قياس ، ساعة إيقاف.
- البرنامج التدريبى المقترح . مرفق (٥)

الاختبارات والقياسات المستخدمة في البحث :

- اختبار الوظائف التنفسية. مرفق (١)
- اختبار القدرة اللاهوائية القصيرة. مرفق (٢)
- قياس متوسط الضغط الشرياني. مرفق (٣)
- اختبار سباحة ٥٠ متر حرة.
- قياس الطول والوزن. (٤)

إجراءات تطبيق البحث :

الجوانب الأساسية للبرنامج المستخدم:

تم استخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي حيث يتألف هذا البرنامج من تكرار فترات حبس النفس لمدة ٢٠ ثانية مفصولة بـ ٤٠ ثانية من هواء التنفس العادي أثناء تمرين السباحة مع كتم النفس الديناميكي لمدة ساعة واحدة عند ٥٠٪ من أقصى معدل لضربات القلب فترة ٣ أشهر متتالية ، مع زيادة الشدة بشكل تدريجي خلال البرنامج التدريبي ، تم تكرار فترة التدريب لمدة ساعة لحبس النفس ثلاث مرات في الأسبوع ، وذلك لتحديد هدف البحث وهو التعرف على استجابة الجسم من الناحية الفسيولوجية والمستوى الرقمي لسباحة ٥٠ متر حرة حيث تم التنفيذ كالتالي :

- عدد أسابيع البرنامج الرياضي (١٢) أسبوع. مرفق (٥)
- عدد الوحدات التدريبية لكل أسبوع (٣) وحدات تدريبية.
- زمن الوحدة التدريبية(٦٠) دقيقة.
- زمن الجزء التمهيدى (٥) دقيقة.
- متوسط زمن الجزء الرئيسي لا يقل عن (٦٠) دقيقة.
- زمن الجزء الختامى (٥) دقائق.

تنفيذاً للجوانب الرئيسية التى تشكل محتوى البرنامج مع مراعاة مراقبة الحالة الصحية للاعبين أثناء تنفيذ تجربة البحث خلال أداء الوحدات التدريبية على عينة البحث للاستفادة منها فى تقدير مدى مناسبة البرنامج للتطبيق قام الباحث بتطبيق البرنامج الرياضي.

مكونات البرنامج المقترح:

١- فترة الإحماء :

هى الفترة التمهيدية فى البرنامج المقترح وروعي فى البرنامج المقترح أن تكون مناسبة للمرحلة العمرية المستهدفة وكذلك الصفات البدنية والجسمية لأفراد العينة واستهدفت التهيئة للعمل التدريبي المتمثل فى الجزء الرئيسي من البرنامج ، وهي خارج الزمن الكلي للبرنامج.

٢- الجزء الأساسي :

يعد هذا الجزء من البرنامج هو أهم جزء من الجرعة التدريبية في الوحدة التدريبية لأنه يؤدي إلى تحقيق الهدف من البرنامج ، وقد عمد الباحث إلى أن تكون شدة العمل التدريبي في هذا الجزء شدة ٥٠٪ من أقصى معدل لضربات القلب مع التركيز على أن يكون العمل مستمر طول فترة (٦٠ ق) حسب محتوى البرنامج التدريبي مع مراعاة أن تكون فترات الراحة البينية تتناسب مع شدة الحمل المبذول لتحقيق الهدف من البرنامج .

٣- فترة الختام :

تلي مباشرة الجزء الرئيسي من البرنامج وصممت بحيث تشتمل على تمرينات بسيطة تعمل على تحقيق التهدئة البدنية والفسيولوجية للعضلات العاملة في التدريب والوصول بالمتدرب إلى مرحلة الاستشفاء مما يحقق أهداف البرنامج المقترح وكذلك تدريبات التنفس الهادي والعميق، وهي خارج الزمن الكلي للبرنامج.

نموذج لشدة تدريبات كتم النفس الديناميكي في فترات البرنامج التدريبي ١٢ أسبوع

نموذج الدورة الفترية	المرحلة			
	I ١-٣ أسبوع	II ٤-٦ أسبوع	III ٧-٩ أسبوع	IV ١٠-١٢ أسبوع
تدريبات كتم النفس الديناميكي	50% HRmax	55% HRmax	60% HRmax	70% HRmax

المعاملات العلمية للاختبارات المستخدمة في البحث :

- الصدق :

تم حساب صدق الاختبارات المستخدمة في البحث عن طريق صدق المقارنة الطرفية وذلك على عينة استطلاعية قوامها ٨ أفراد من مجتمع البحث ومن خارج العينة الاصلية ولهم

نفس مواصفات العينة الاصلية ، وتم ترتيب درجاتهم تصاعدياً لتحديد الإرباعي الأعلى والأدنى للمتميزين والأقل تميزاً كما هو موضح في الجدول (٢).

جدول (٢)

دلالة الفروق بين الإرباعي الأعلى والإرباعي الأدنى في الاختبارات قيد البحث

(ن=٨)

المتغيرات	وحدة القياس	المتميزين (ن=٢)				الأقل تميزاً (ن=٢)				قيمة Z	احتمالية الخطأ
		متوسط الرتب	مجموع الرتب	م	ع	متوسط الرتب	مجموع الرتب	م	ع		
متوسط الضغط الشرياني	mm Hg	١.٥٠	٣.٠٠	٨٠.٢٠	٢.١٠	٣.٥٠	٧.٠٠	٩٢.٣٥	٣.٥٠	٢.٥٤	٠.٠١٤
الحجم الشهيقي المدخر IRV	لتر	٣.٥٠	٧.٠٠	٢.١٠	٠.٥٣	١.٥٠	٣.٠٠	١.٠٥	٠.٣٠	٢.٦٥	٠.٠١٤
الحجم الزفيري المدخر ERV	لتر	٣.٥٠	٧.٠٠	١.٤٠	٠.٣٢	١.٥٠	٣.٠٠	٠.٨٠	٠.١٠	٢.٤٥	٠.٠٢١
السعة الحيوية القسرية FVC	لتر	٣.٥٠	٧.٠٠	٤.٤٠	٠.٨٩	١.٥٠	٣.٠٠	٢.١٠	٩٠.	٢.٥٥	٠.٠١٤
القدرة اللاهوائية القصيرة	كجم متر/ث	٣.٥٠	٧.٠٠	٩٨.٢٠	٣.٤٥	١.٥٠	٣.٠٠	٧٠.٥٠	٣.٢١	٢.٦٢	٠.١١
سباحة ٥٠ م حرة	ثانية	١.٥٠	٣.٠٠	٣٤.٥٠	١.٠٢	٣.٥٠	٧.٠٠	٤٠.٢٠	١.٣٥	٢.١٢	٠.٠٤١

يتضح من جدول (٢) وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين مجموعتي الإرباعي الأعلى والإرباعي الأدنى في الاختبارات قيد البحث وفي اتجاه مجموعة المتميزين ، حيث أن قيمة احتمالية الخطأ أقل من ٠.٠٥ مما يشير إلى صدق الاختبارات المستخدمة في التمييز بين الافراد .

- **الثبات :**

لحساب ثبات الاختبارات المستخدمة في البحث استخدم الباحث طريقة تطبيق الاختبار وإعادة تطبيقه وذلك على عينة استطلاعية قوامها ٨ أفراد من مجتمع البحث ومن خارج العينة الاصلية ولهم نفس مواصفات العينة الاصلية ، بفاصل زمني بين التطبيق وإعادة التطبيق ٣ أيام ، كما هو موضح في الجدول (٣).

جدول (٣)

معامل الارتباط بين التطبيق وإعادة التطبيق للاختبارات المستخدمة في البحث

(ن=٨)

المتغيرات	وحدة القياس	التطبيق		إعادة التطبيق		معامل الارتباط
		م	ع	م	ع	
متوسط الضغط الشرياني	mm Hg	٨٨.٣٥	٢.٢٠	٨٨.٢١	٢.٥٠	٠.٩١١
الحجم الشهيقي المدخر IRV	لتر	١.٩٨	٠.٣٥	٢.٠١	٠.٤٠	٠.٩٣٥
الحجم الزفيري المدخرERV	لتر	١.٢٥	٠.٧٠	١.٣٠	٢.٥٠	٠.٩٣٠
السعة الحيوية القسرية FVC	لتر	٤.٢٥	١.٢٥	٤.٤٤	١.٤٠	٠.٨٤٠
القدرة اللاهوائية القصيرة	كجم متر /ث	٩٥.٣٢	٢.٦٠	٩٦.٢١	٢.٧٥	٠.٧٩٨
سباحة ٥٠ م حرة	ثانية	٣٤.٨٠	١.٢٥	٣٤.٢٠	١.٤٢١	٠.٩٢٨

قيمة (ر) الجدولية عند درجة حرية ٦ ومستوى دلالة ٠.٠٥ = ٠.٦٢٢

يتضح من جدول (٣) أن معامل الارتباط بين التطبيق وإعادة التطبيق في المتغيرات قيد البحث هو معامل ارتباط دال إحصائياً حيث أن قيمة (ر) المحسوبة أكبر من قيمة (ر) الجدولية عند مستوى دلالة ٠.٠٥ مما يشير إلى ثبات الاختبارات المستخدمة قيد البحث.

الدراسة الاستطلاعية :

قام الباحث بإجراء الدراسة الاستطلاعية على عينة قوامها ٨ أفراد بهدف تجربة بعض الأدوات والأجهزة المستخدمة في الاختبارات قيد البحث وكذلك تحديد الصعوبات ومدى صلاحية الأدوات والأجهزة المستخدمة ، وكذلك إجراء المعاملات العلمية للاختبارات المستخدمة في البحث ، وقد أسفرت هذه الدراسة عن أن أدوات وأجهزة جمع البيانات المستخدمة في البحث على درجة جيدة وتم إيجاد الصدق والثبات للاختبارات المستخدمة قيد البحث.

الأسلوب الإحصائي المستخدم :

قام الباحث باستخدام المعالجات الإحصائية التالية (المتوسط الحسابي – الوسيط – الانحراف المعياري – معامل الالتواء – معامل الارتباط – اختبار ويلكوكسون اللابارومتري – اختبار مان ويتني اللابارومتري).

عرض النتائج ومناقشتها :

أولاً : عرض النتائج :

جدول (٤)

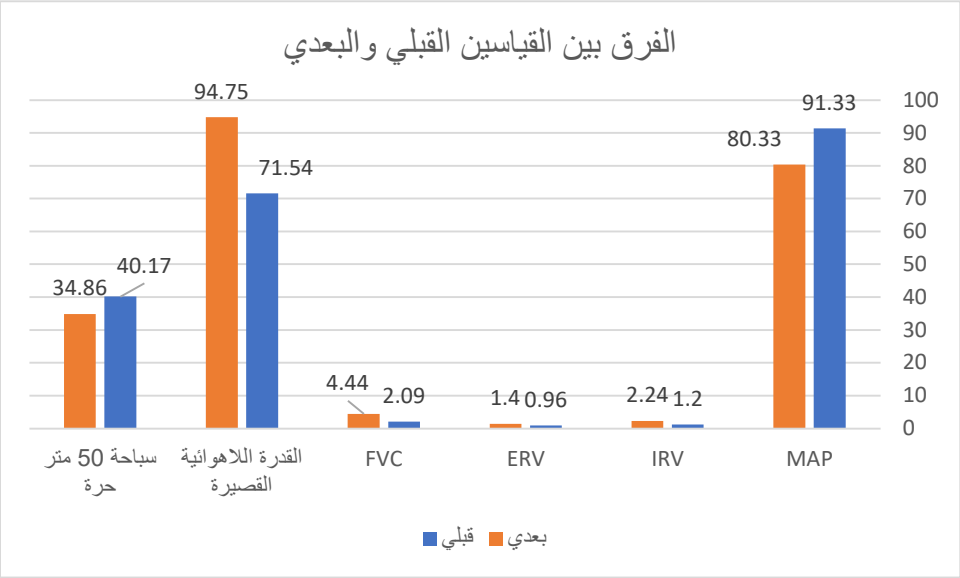
دلالة الفروق بين القياسين القبلى والبعدى فى المتغيرات الفسيولوجية والمستوى الرقمي لدى عينة البحث المستخدمة البرنامج المقترح (ن=١٢)

المتغيرات	وحدة القياس	المعاملات الإحصائية									
		القياس القبلي		القياس البعدي		متوسط الرتب		مجموع الرتب		قيمةZ	احتمالية الخطأ
		س/	ع±	س/	ع±	(+)	(-)	(+)	(-)		
متوسط الضغط الشرياني	mm Hg	٩١.٣٣	١.٥٤	٨٠.٣٣	٠.٨٣	٠.٠٠٠	٦.٥٠	٠.٠٠٠	٧٨.٠٠	-٣.٠٦٥	٠.٠٠٢
الحجم الشهيقي المدخر IRV	لتر	١.٢٠	٠.١٥	٢.٢٤	٠.٨٩	٦.٥٠	٠.٠٠٠	٧٨.٠٠	٠.٠٠٠	-٣.٠٦٣	٠.٠٠٢
الحجم الزفيري المدخرERV	لتر	٠.٩٦	٠.١٠	١.٤٠	٠.٠٢٦	٦.٥٠	٠.٠٠٠	٧٨.٠٠	٠.٠٠٠	-٣.٠٦٥	٠.٠٠٢
السعة الحيوية القسرية FVC	لتر	٢.٠٩	٠.٠٨٨	٤.٤٤	٠.١٣٢	٦.٥٠	٠.٠٠٠	٧٨.٠٠	٠.٠٠٠	-٣.٠٦٥	٠.٠٠٢
القدرة اللاهوائية القصيرة	كجم متر /ث	٧١.٥٤	١.٠٦٦	٩٤.٧٥	٣.١٠	٦.٥٠	٠.٠٠٠	٧٨.٠٠	٠.٠٠٠	-٣.٠٦٢	٠.٠٠٢
سباحة ٥٠ م حرة	ثانية	٤٠.١٧	٠.٣٨	٣٤.٨٦٦	٠.٨٨٩	٠.٠٠٠	٦.٥٠	٠.٠٠٠	٧٨.٠٠	-٣.٠٦١	٠.٠٠٢

ويتضح من جدول (٤) ما يلي :

وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي لدى عينة البحث في جميع المتغيرات قيد البحث حيث أن قيمة احتمالية الخطأ أقل من مستوى الدلالة ٠.٠٥ ، مما يشير

إلى فاعلية البرنامج التدريبي المستخدم في التأثير على المتغيرات الفسيولوجية والمستوى الرقمي لدى عينة البحث.



شكل (١)

دلالة الفروق بين القياسين القبلي والبعدي

ويعزو الباحث التغير في النواحي الفسيولوجية والمستوى الرقمي لسباحة المسافات القصيرة إلى استخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي التي اعتمدت على أداء تمارين السباحة في ظروف تشبه الأداء الحركي للسباح كما في المنافسة التي تعتمد على الأداء الأقصى إلى جانب قدرة هذه الطريقة الخاصة بكتم النفس أثناء السباحة في السماح للسباح بإنتاج أقصى قدرة وسرعة وفق نظام إنتاج الطاقة في المسافات القصيرة ، الأمر الذي انعكس على القدرات الفسيولوجية وزيادة سرعة السباح لذلك يعد استخدام تدريبات كتم النفس هام في إعداد وتدريب السباحين وتجهيزهم للمنافسات في سباحات المسافات القصيرة.

إلى جانب أن هناك فروق بين القياس القبلي والبعدي في زيادة سرعة السباح مع قدرته على أداء مسافة السباحة بأقل عدد من الأنفاس ، حيث أن تدريبات كتم النفس تسمح بتقدم السباح للأمام باتلتقاط أقل عدد من الانفاس وزيادة قدرة السباح على إنتاج أقصى قوة وسرعة وذلك لعدم إعاقة الأداء الحركي بشكل كبير بتغيير وضع الجسم في عملية التنفس كما يتم في الظروف العادية ، حيث السباحة مع كتم النفس تعمل على زيادة سرعة السباح؛ لذا فإن استخدام السباحة

مع كتم النفس حقق نتائج أفضل سواء من الناحية الفسيولوجية أو المستوى الرقمي كما أنها أقل تأثراً بانحراف الشكل الفني أثناء السباحة.

أن التدريب اللاهوائي المعتمد على تدريبات كتم النفس يؤدى الى زيادة احتياج الجسم للأوكسجين للخلية العضلية واستجابة لذلك فأن الطلب للأوكسجين سيزداد, وعلية سيتأثر الجهاز التنفسي فيزداد عمق التنفس نتيجة للتكيف الحاصل في الأحجام والسعات الرئوية خصوصاً قوة العضلات الصدرية وما بين الضلوع ، إضافة إلى ذلك فأن تحسن التبادل الغازي بين الدم والحويصلات الرئوية نتيجة تفرع عدد كبير من الشعيرات الدموية في داخل الرئتين وأحاطتها بالحويصلات الرئوية وهذا بالتأكيد ناتج من التناسق والتناغم بين الجهاز الدوري التنفسي. (١٢ : ٧٨٥)

أن التدريب المنظم دون كتم يزيد من قدرة الرئتين على أخذ وطرد الهواء فتزداد مرونة جدار الصدر ويزداد عمق القفص الصدري مؤديا بذلك إلى اتساع المساحة التي يتعرض فيها الدم للأكسجين في الرئتين, تتحسن العمليات التوافقية بين ميكانيكية التنفس وحجم المجهود البدنى المبذول, وتساعد تلك العملية على حدوث استقرار أطول وأفضل لما يعرف بالحالة الثابتة (Steady State) لوظائف الجسم الفسيولوجية عند اداء المجهودات البدنية. (٢ : ٢١١)

أن التحسن في التغيرات الفسيولوجية الخاصة بالجهاز التنفسي ترجع إلى زيادة قوة عضلات التنفس وزيادة اعداد بعض الحويصلات الهوائية التي لا تستخدم في فترة الراحة حيث تزداد فاعليتها نتيجة للتدريب ،فالتغيرات في كفاءة الجهاز التنفسي لا ترتبط فقط بالتدريب الهوائي ؛فالتدريب اللاهوائي يحدث تغيرات في الحجم الشهيقي المدخر IRV ، الحجم الزفيري المدخرERV ، السعة الحيوية القسرية FVC ، وعلى ذلك فان تدريب كتم النفس يكون اكثر تأثيراً في هذه المتغيرات حسب طبيعة النشاط الممارس. (٥ : ٧٠٣)

حيث يتفق ذلك دراسة " فيتالي ، لوكا " Vitali, Luca (٢٠٢٢) (١٩) بأن تدريبات كتم النفس الديناميكي تساعد في إحداث جملة من التغيرات الفسيولوجية بزيادة سعة تخزين غازات الجسم في الرئتين والدم والأنسجة ، وزيادة تحمل الاختناق وهذا هو الحد الذي يؤدي

بعده نقص تأكسج الدم إلى فقدان الوعي الذي يسمى "الإغماء" وزيادة معدل التمثيل الغذائي الذي يرتبط عكسيا بمدة كتم النفس ، مما يعني أن أي نشاط بدني يرفع من استهلاك الأكسجين أو مستويات اللاكتات قبل أداء التدريب الديناميكي لكتم النفس مباشرة سيكون له نتائج عكسية. (١٩ : ٢٩٨)

كما أشارت دراسة " أندرسون ، جوهان " Andersson, Johan (٢٠٠٤) (٤) إلى أن تدريبات كتم النفس الديناميكي تؤدى في ظروف ضغط طبيعية نظراً لأدائها في المسبح بسبب العمق المحدود وتأثيرات الضغط الهامشية ، إلا أنها تساعد بشكل كبير في إحداث تأثيرات على الوظائف الرئوية والضغط الشرياني المتوسط الأمر الذي ينعكس على المستوى الرقمي للسباح. (٤ : ١٠٠٥)

حيث يذكر " هوفمان ، يو " Hoffmann, U (٢٠٠٥) (١٠) أن الجمع بين كتم النفس والتمارين الديناميكية في السباحة تحت الماء في احواض السباحة لها تأثيرات فسيولوجية في الانشطة التي تتطلب مجهود بدني عالي وسريع مثل ٥٠ و١٠٠ متر سباحة ، بتحسين قدرة الجسم في توفير واستهلاك الأكسجين و غالباً ما يتم تفسير هذه التأثيرات القلبية الوعائية من منظور آلية توفير الأكسجين ، والتي يشار إليها أيضاً باسم "استجابة الغوص البشري" ، عند أداء التمارين الديناميكية تحت الماء مع كتم النفس ، فإن مناورات حبس النفس ستؤدي إلى تطور أسرع لفرط ثنائي أكسيد الكربون ونقص الأكسجة مما ينعكس على تحسن الوظائف التنفسية. (١٠: ٤٢٦)

حيث يشير " كي ام ايه و ليماتري فريديريك " (٢٠١٤) (١١) و (٢٠١٠) (١٣) أن استخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي تساعد في تحسين مسافة الانزلاق وزيادة كفاءتهم تحت الماء خلال هذا الجزء من السباق مما يقلل من سحب الأمواج وينتج عنه سرعة أعلى ، كذلك تقليل عدد الأنفاس التي يتم التقاطها لأسباب ميكانيكية حيوية من أجل الحد من المقاومة للمضي قدماً علاوة على ذلك فإن كتم النفس أثناء السباحة له تأثير على أسلوب السباحة لأن استمرارية الدفع يكون أفضل ، كذلك تحسين القدرات اللاهوائية مما يساعد في تحسين المستوى الرقمي للسباح وخاصة في سباحة المسافات القصيرة. (١١ : ٢) (١٣ : ٤١٣)

كما تشير دراسة " جيمارد ، الكسندر " Guimard, Alexandre (٢٠١٧) (٩) إلى أن تدريبات كتم النفس الديناميكي تساعد في تحسين وظائف الرئة والأحجام الرئوية وتقلل من حموضة الدم والاجهاد التأكسدي وتحسين قدرة المنظمات الحيوية وعمليات التمثيل الغذائي اللاهوائي. (٩ : ٥٢١)

كما يتفق ذلك مع دراسة " جيمارد ، الكسندر " Guimard, Alexandre (٢٠١٨) (٨) بأن استخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي يساعد في تحسين المستوى الرقمي لسباحة ٥٠ متر حرة مع تحسين الوظائف الرئوية وتركيز لاكتات الدم وتشبع الكسجين الشرياني. (٨ : ١٠١٥)

كما أشارت دراسة " هوفمان ، يو " Hoffmann, U (٢٠٠٥) (١٠) بأن استجابات القلب والأوعية الدموية لكتم التنفس أثناء التمرين الديناميكي لها تأثير فسيولوجي ملحوظ على متوسط الضغط الشرياني ومعدل القلب و فرط ثنائي أكسيد الكربون في الدم ونقص الأكسجة وتحسين المستوى الرقمي. (١٠ : ٤٢٩)

كما يذكر " محمد صلاح هنداوي" (٢٠٢١) أن التدريب المنتظم يساعد بشكل كبير في تخفيض متوسط الضغط الشرياني وهو عبارة عن متوسط الضغط في الشرايين خلال دورة قلبية واحدة ، حيث ينتشر ضغط الدم خلال الأوعية الدموية ولكنه يكون أعلى في الشرايين ، ويعتبر مؤشراً هاماً لأنه يحدد معدل سريان الدم خلال الجهاز الدوري ولا يعتبر تحديده أمراً سهلاً فهو ليس مجرد متوسط كل من الضغط الانقباضي والانبساطي فالضغط الانبساطي عادة يستمر لفترة أطول من الانقباضي لذلك فهو يحسب بالمعادلة التالية " MAP = 1/3 (SBP – DBP) + DBP" فقد يرتفع ضغط الدم أثناء التدريبات إلا أنه يعود بعد فترة وجيزة من انتهاء التمرين ويمكن أن يظل أدنى من هذا المستوى لمدة تصل إلى ٢٤ ساعة بعد التمرين. (٣ : ١٣١ ، ١٣٣)

وهذا ما أشار إليه كلا من أبو العلا أحمد عبد الفتاح وأحمد نصر الدين سيد (٢٠٠٣م) علي أن تنمية كفاءة الجسم الفسيولوجية هى تركيز برامج التدريب على تنمية نظم إنتاج الطاقة، ولا يمكن تحقيق أهداف العملية التدريبية إذا ما تمت بصورة بعيدة عن تطبيقات نظم إنتاج الطاقة

التي يعتمد عليها خلال المنافسة وبدون إنتاج الطاقة لا يكون هناك انقباض عضلي أو أداء رياضي. (١ : ٢٦)

كما أشارت دراسة " جيمارد ، الكسندر " Guimard, Alexandre (٢٠١٧) (٩) بأن تدريبات كتم النفس الديناميكي لها تأثير فسيولوجي على التشبع الاكسجيني ولاكتات الدم ومعدل القلب وتحسين المستوى الرقمي في سباحة ٥٠ متر حرة مع استخدام الزعانف وتحسين الزمن بنسبة ٢.٥٪ وزيادة تكرار ضربات الذراع. (٩ : ٥٢٦)

كما أشارت دراسة " سون هيجونغ " Son, Heejeong (٢٠٢٠) (١٧) بأن استخدام كتم النفس الاستاتيكي لها تأثير على وظائف الرئة [السعة الحيوية القسرية (FVC) وحجم الزفير القسري في ثانية واحدة (FEV1)] ولاكتات الدم. (١٧ : ٢٨٠)

بذلك يكون تدريب السباحة باستخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي عامل مهم في تحسين الوظائف التنفسية والمستوى الرقمي لسباحي المسافات القصيرة وذلك عن طريق تقليل عدد مرات التنفس في السباحة القصيرة مع زيادة عدد تكرارات ضربات الذراع وتقليل الاعاقة الفنية أثناء السباحة بزيادة قدرة السباح على الأداء الحركي المستمر والمتدفق بسرعة كبيرة ، حيث تكون هذه الطريقة أكثر فاعلية في تشابه الظروف لإنتاج أقصى طاقة .

الاستنتاجات :

- تدريبات كتم النفس الديناميكي تعمل على تحسين الوظائف الرئوية التنفسية لدى السباحين الناشئين.
- تدريبات كتم النفس الديناميكي تعمل على تحسين المستوى الرقمي لسباحة المسافات القصيرة لدى السباحين الناشئين.
- تدريبات كتم النفس الديناميكي تسمح بتقليل عدد مرات التنفس وزيادة عدد ضربات الذراع وتحسين مسافة الانزلاق مما يقلل من سحب الأمواج الذي ينتج عنه سرعة أعلى.
- تدريبات كتم النفس الديناميكي تحسن الوظائف التنفسية المرتبطة بالمسافات القصيرة مثل الحجم الشهيقي المدخر و الحجم الزفيري المدخر والسعة الحيوية القسرية.
- تدريبات كتم النفس الديناميكي تتناسب مع طبيعة المنافسة في سباحة المسافات القصيرة لدى الناشئين.

التوصيات :

- استخدام برنامج تدريبات كتم النفس الديناميكي في تدريب السباحين الناشئين لمناسبته مع طبيعة الأداء البدني والتنافسي.
- استخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي ودمجها بالتصوير والتحليل الحركي للتعرف على مميزات الأداء الفني المكتسبة من تقليل عدد مرات التنفس.
- استخدام وسائل الذكاء الاصطناعي في تحليل الأداء الفني مثل قفازات بيزو piezo gloves عند استخدام تدريبات كتم النفس الديناميكي للمساعدة في حساب عدد مرات ضربات الذراع وسرعة الأداء الحركي.
- استخدام القياسات البدنية المرتبطة بطبيعة تدريبات كتم النفس الديناميكي للتعرف على ارتباطها بنظم إنتاج الطاقة وليس الاقتصار على المتغيرات الفسيولوجية.

المراجع

أولاً : المراجع العربية :

١. ابو العلا احمد عبد الفتاح, احمد نصر الدين سيد : "فسيولوجيا اللياقة البدنية" ' دار الفكر العربي, القاهرة ، ٢٠٠٣م.

٢. أحمد نصر الدين سيد : "فسيولوجيا الرياضة "نظريات وتطبيقات"، دار الفكر العربي، القاهرة ، ٢٠٠٣م.

٣. محمد صلاح هنداوي : علاج ضغط الدم بالرياضة ، مركز الكتاب للنشر ، القاهرة ، ٢٠٢١م.

ثانياً : المراجع الأجنبية :

4. Andersson, Johan PA, et al. "Cardiovascular and respiratory responses to apneas with and without face immersion in exercising humans." Journal of Applied Physiology 96.3 (2004): 1005-1010.

5. Andreoni, Castelo-Filho, and L.E. Nery (1999): "Reference values for lung function tests. I. Static volumes ",Brazilian Journal of Medical and Biological Research,32(5),pp703-717.

6. Costalat, Guillaume, et al. "Modeling the diving bradycardia: toward an “oxygen-conserving breaking point”?." European Journal of Applied Physiology 115 (2015): 1475-1484.

7. Elia, Antonis, et al. "Physiology, pathophysiology and (mal) adaptations to chronic apnoeic training: a state-of-the-art review." European Journal of Applied Physiology 121 (2021): 1543-1566.

8. Guimard, Alexandre, et al. "Effect of swim intensity on responses to dynamic apnoea." Journal of Sports Sciences 36.9 (2018): 1015-1021.

9. Guimard, Alexandre, et al. "Physiological dynamic apnea responses in relation to apnea capacity in triathletes." International Journal of Sports Medicine 38.07 (2017): 521-526.

10. Hoffmann, U., et al. "Cardiovascular responses to apnea during dynamic exercise." International journal of sports medicine 26.06 (2005): 426-431.

11. Key, M. A., C. L. Eschbach, and J. A. Bunn. "Assessment of the effects of controlled frequency breathing on lactate levels in swimming." J Athl Enhancement 3 5 (2014): 2.

12. Lee m. romer, alison k. mcconnell, and david a. jones (2002): "Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 34, No. 5, pp. 785–792.

13. Lemaître, Frédéric, Fabrice Joulia, and Didier Chollet. "Apnea: A new training method in sport?." Medical hypotheses 74.3 (2010): 413-415.

14. Prabhakar, Nanduri R., and Ying-Jie Peng. "Peripheral chemoreceptors in health and disease." Journal of Applied Physiology 96.1 (2004): 359-366.

15. Schagatay, Erika. "Predicting performance in competitive apnea diving. Part III: depth." Diving Hyperb. Med 41 (2011): 216-228.

16. Semenza, Gregg L. "Regulation of oxygen homeostasis by hypoxia-inducible factor 1." Physiology 24.2 (2009): 97-106.

17. Son, Heejeong, et al. "Effects of static apnea training on pulmonary function, blood lactate response and exercise performance of elite swimmers." Exercise Science 29.3 (2020): 272-280.

18. Vander, Arthur J., et al. "Human physiology: the mechanisms of body function." (2001): 159-332.

19. Vitali, Luca, Milena Raffi, and Alessandro Piras. "Acute Cardiovascular and Metabolic Effects of Different Warm-Up Protocols on Dynamic Apnea." Journal of Sports Science & Medicine 21.2 (2022): 298.