تأثير بروتوكولات مختلفة للتعرض الحراري على حالة ترطيب الجسم لدى البالغين غير النشطين بدنياً

[١]طلال بن محمد القرشي
[٢]د. جمال بن محمد الزهراني
[٣]نايف بن فهد الديحاني
[٤]د. محمد عبدالسلام سليمان
[٥]محمد بن سعد الشهراني
[٦]إبراهيم بن محمد الجلعود
[٧]عارف بن علي قاسم
[٨]أ.د. خالد بن سعد الجلعود

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم التأثيرات الفسيولوجية للتعرض النشط والسلبي للحرارة لدى أفراد غير نشطين بدنيًا، من خلال قياس التغيرات في عدد من المؤشرات الحيوية مثل معدل التعرق، حجم البلازما، والمحتوى المائي في الجسم. **الإجراءات:** شملت العينة ٢٤ مشاركًا من الذكور السعوديين، تراوحت أعمارهم بين ١٨ و٤٠ عامًا، غير مدخنين، وغير مصابين بأمراض مزمنة، وغير نشطين بدنياً، تم توزيعهم عشوائيًا إلى مجموعتين متساويتين: مجموعة النشاط البدني التي خضعت للتعرض الحراري أثناء أداء مجهود بدني منخفض الشدة، ومجموعة الجلوس

[١] مُرَشَّح دكتوراه في فسيولوجيا الجهد البدني، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
[٢] أستاذ فسيولوجيا الجهد البدني المساعد، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
[٣] اخصائي علاج طبيعي، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
[٤] طبيب نائب، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
[٥] أخصائي مختبرات طبية، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
[٦] معيد، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
[٧] طالب ماجستير، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
[٨] أستاذ فسيولوجيا الجهد البدني، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

السلبي التي تعرضت للحرارة دون نشاط بدني، وذلك داخل غرفة بيئية محكمة عند درجة حرارة ٤٠°C ورطوبة نسبية ٤٠٪ لمدة ٤٠ دقيقة يوميًا على مدار سبعة أيام. أُجريت القياسات قبل وبعد الجلسة الأولى، وكذلك قبل وبعد الجلسة السابعة، وتم احتساب الفروق (Δ) لكل متغير. استُخدمت اختبارات Wilcoxon و Mann–Whitney للمتغيرات غير الطبيعية، وتحليل التباين المختلط (Mixed ANOVA) للمتغيرات التي استوفت شروط التحليل المعلمي. **النتائج:** لم تظهر النتائج فروقًا دالة إحصائيًا في متغيرات الدراسة بين المجموعتين حيث كانت الدلالة ($P>0.05$)، إلا أنه تم ملاحظة بعض الاختلافات الجوهرية المتمثلة في ارتفاع معدل التعرق لدى مجموعة النشاط وانخفاضه لدى مجموعة الجلوس، بالإضافة إلى انخفاض حجم البلازما في المجموعة النشطة وزيادته في المجموعة الجلوس، ما يشير إلى بوادر استجابة تكيفية لدى المشاركين الذين خضعوا للتعرض الحراري المصحوب بنشاط بدني. **الخلاصة:** توصي الدراسة بتطبيق بروتوكولات تأقلم حراري أطول وأكثر شدة، وإدراج مؤشرات فسيولوجية إضافية مثل HRV، الكورتيزول، والشوارد، فضلًا عن توسيع العينة لتشمل فئات أكثر تنوعًا مثل الرياضيين والعاملين في البيئات الحارة وكذلك الجنس.

الكلمات المفتاحية: التأقلم الحراري، التعرض الحراري السلبي، التعرض الحراري النشط، التنظيم الحراري، مؤشرات الترطيب.

The Effect of Different Heat Exposure Protocols on Body Hydration Status in Physically Inactive Adults

[1]Talal Mohammed Al-Qurashi
[2]Dr. Jamal Mohammed Al-Zahrani
[3]Naif Fahad Al-Dayhani
[4]Dr. Mohammed Abdelsalam Suleiman
[5]Mohammed Saad Al-Shahrani
[6]Ibrahim Mohammed Al-Jalaoud
[7]Aref Ali Qasem
[8]Prof. Dr. Khalid Saad Al-Jalaoud

Abstract

Purpose: This study aimed to evaluate the physiological effects of active and passive heat exposure in physically inactive individuals by examining changes in several biomarkers, including sweat rate, plasma volume, and total body water content. **Methods:** The sample included 24 Saudi male participants, aged 18–40 years, who were non-smokers, free from chronic diseases, and physically inactive. Participants were randomly assigned to one of two equal groups: (1) an active exposure group that underwent heat exposure while performing low-intensity physical activity, and (2) a passive exposure group that was exposed to the same thermal conditions without physical exertion. Both groups were subjected to a controlled environmental chamber set at 40°C and 40% relative humidity for 40 minutes daily over seven consecutive days. Physiological measurements were taken before and after the first and seventh sessions. Delta (Δ) values were calculated for each variable. Non-parametric tests (Wilcoxon

[1] PhD Candidate in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, College of Sport Sciences and Physical Activity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
[2] Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, College of Sport Sciences and Physical Activity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
[3] Physical Therapy Specialist, Department of Exercise Physiology, College of Sport Sciences and Physical Activity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
[4] Registrar, Department of Exercise Physiology, College of Sport Sciences and Physical Activity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
[5] Medical Laboratory Specialist, Department of Exercise Physiology, College of Sport Sciences and Physical Activity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
[6] Teaching Assistant, Department of Exercise Physiology, College of Sport Sciences and Physical Activity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
[7] Master Student, Department of Exercise Physiology, College of Sport Sciences and Physical Activity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
[8] Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, College of Sport Sciences and Physical Activity ,King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

and Mann–Whitney) were used for non-normally distributed variables, while Mixed ANOVA was employed for parametric data. **Results:** The results showed no statistically significant differences between the two groups across the measured variables ($P>0.05$). However, notable trends were observed: the active group exhibited an increase in sweat rate and a reduction in plasma volume, while the passive group showed a decrease in sweat rate and an increase in plasma volume. These patterns may indicate early signs of adaptive responses in the group subjected to active heat exposure. **Conclusion**: The study recommends implementing longer and more intense heat acclimation protocols, incorporating additional physiological indicators such as heart rate variability (HRV), cortisol levels, and electrolytes. It also suggests expanding the sample to include more diverse populations, such as athletes, laborers in hot environments, and both sexes.

Keywords: heat acclimation, passive heat exposure, active heat exposure, thermoregulation, hydration biomarkers.

تأثير بروتوكولات مختلفة للتعرض الحراري على حالة ترطيب الجسم لدى البالغين غير النشطين بدنياً

[١]طلال بن محمد القرشي
[٢]د. جمال بن محمد الزهراني
[٣]نايف بن فهد الديحاني
[٤]د. محمد عبدالسلام سليمان
[٥]محمد بن سعد الشهراني
[٦]إبراهيم بن محمد الجلعود
[٧]عارف بن علي قاسم
[٨]أ.د. خالد بن سعد الجلعود

مقدمة الدراسة

تشهد مناطق واسعة من العالم، خاصةً المناطق الجافة والصحراوية مثل المملكة العربية السعودية، ارتفاعًا مستمرًا في درجات الحرارة، يصل أحيانًا إلى أكثر من ٤٥°C درجة مئوية خلال فصل الصيف (Almazroui & Hasanean, 2020). وقد تزامن ذلك مع تزايد النشاطات البشرية في البيئات الخارجية الحارة، بما في ذلك مواسم الحج والعمرة، والعمل الميداني، والأنشطة الرياضية في المناطق المكشوفة. وفي هذه السياقات، يُعد التعرض المستمر

[١] مُرَشَّح دكتوراه في فسيولوجيا الجهد البدني، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٢] أستاذ فسيولوجيا الجهد البدني المساعد، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٣] اخصائي علاج طبيعي، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٤] طبيب نائب، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٥] أخصائي مختبرات طبية، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٦] معيد، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٧] طالب ماجستير، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٨] أستاذ فسيولوجيا الجهد البدني، قسم فسيولوجيا الجهد البدني، كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

للحرارة العالية تحديًا فسيولوجيًا كبيرًا، خاصة للأفراد غير المتأقلمين حراريًا أو غير النشطين بدنيًا.

من هذا المنطلق، تبرز أهمية التأقلم الحراري (Heat Acclimation) كأداة فعالة لتحسين كفاءة التنظيم الحراري والحد من التأثيرات الضارة للحرارة. وقد ثبت أن التعرض المنتظم للحرارة سواء من خلال التمرين في بيئة حارة أو التعرض السلبي للحرارة يُحدث تحسن في وظائف الجسم الفسيولوجية، منها: زيادة حجم البلازما، تحسين ضخ الدم للجلد، تسريع بدء التعرق، وتحسن في عمل الجهاز القلبي الوعائي (Sawka, Castellani, et al., 2011; Taylor, 2014). إلا أن معظم الدراسات التي تناولت هذه التغيرات أجريت على أشخاص نشطين بدنيًا، مما يترك فجوة معرفية فيما يتعلق بتأثير هذه البروتوكولات على غير النشطين.

مشكلة الدراسة

يُشكّل التعرض للحرارة المرتفعة أثناء الجهد البدني خطرًا صحيًا كبيرًا، خصوصًا لدى غير النشطين بدنيًا، مثل الحجاج والعسكريين والرياضيين والعاملين في الميدان. وتُعد مؤشرات ترطيب الجسم مثل معدل التعرق، حجم البلازما، وأسمولية وكثافة البول من أهم المعايير الفسيولوجية لرصد الاستجابة الحرارية. ورغم أهميتها في الوقاية من الإجهاد الحراري، لا تزال الدراسات التي تستكشف تأثير الحرارة على هذه المؤشرات، وفعالية بروتوكولات التأقلم الحراري، محدودة للغاية، مما يستدعي مزيدًا من البحث في هذا المجال.

أهمية الدراسة

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من تركيزها على فئة غير النشطين بدنيًا، الذين يُمثلون شريحة واسعة من المجتمع السعودي، ويُواجهون خطرًا متزايدًا للإصابة بالاضطرابات المرتبطة بالإجهاد الحراري نتيجة التعرض للظروف البيئية القاسية، لا سيما في غياب التأهيل البدني المسبق. وتتمثل الأهمية المحورية للدراسة في تحليل فاعلية بروتوكولين متباينين للتأقلم الحراري—التعرض النشط والتعرض السلبي—في تعزيز حالة ترطيب الجسم، من خلال تقييم مجموعة من المؤشرات الفسيولوجية الدقيقة مثل معدل التعرق، وحجم البلازما، وأسمولية البول، والكثافة النوعية للبول، وإجمالي سوائل الجسم (TBW). كما تسهم الدراسة في سد فجوة علمية واضحة في الأدبيات العربية المتعلقة بتأثير الإجهاد الحراري على توازن السوائل، وتوفر بيانات تطبيقية تدعم تطوير بروتوكولات تأقلم أكثر كفاءة، تسهم في حماية الفئات المعرضة للخطر، لاسيما أولئك العاملين أو المتدربين في البيئات المفتوحة والمناخات شديدة الحرارة.

أهداف الدراسة

١. معرفة تأثير بروتوكول التعرض النشط للحرارة (المصحوب بنشاط بدني منخفض الشدة) على مؤشرات الترطيب الفسيولوجية (معدل التعرق، حجم البلازما، أسمولية البول، الكثافة النوعية للبول، وإجمالي سوائل الجسم) من خلال المقارنة بين القياسين القبلي والبعدي.

٢. معرفة تأثير بروتوكول التعرض السلبي للحرارة (دون نشاط بدني) على نفس المؤشرات الفسيولوجية من خلال المقارنة بين القياسين القبلي والبعدي.

٣. مقارنة تأثير بروتوكولي التعرض النشط والسلبي للحرارة على التغيرات في مؤشرات الترطيب الفسيولوجية لتحديد أيهما أكثر فاعلية في دعم التأقلم الحراري.

أسئلة الدراسة

١. هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي داخل مجموعة التعرض النشط في معدل التعرق، حجم البلازما، أسمولية البول، الكثافة النوعية للبول، وإجمالي سوائل الجسم؟

٢. هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي داخل مجموعة التعرض السلبي في نفس المؤشرات الفسيولوجية؟

٣. هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين مجموعة التعرض النشط ومجموعة التعرض السلبي في التغيرات التي طرأت على المؤشرات الفسيولوجية المرتبطة بترطيب الجسم بعد فترة التعرض للحرارة؟

حدود الدراسة

الحدود البشرية

- أفراد بالغين غير نشيطين.
- ذكور.
- سعودي الجنسية.
- العمر من ١٨ – ٤٠ سنة.
- نسبة الدهون ≤ ٢٨ (%).
- ضغط الدم ≤ ١٤٠/٩٠ (ملم زئبق).
- غير مدخنين.
- لا يعانون من إصابات أو أمراض مزمنة.
- لا يستخدمون أدوية تؤثر على نتائج الدراسة.

- لم يصابوا بوعكات صحية نتيجة للتعرض لدرجات حرارة مرتفعة.
- لم يشارك في بحث خلال الستة الأشهر الماضية.

الحدود المكانية

تم إجراء الدراسة في مختبرات كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

الحدود الزمانية

تم إجراء الدراسة خلال العام ١٤٤٥/١٤٤٦هـ.

مصطلحات الدراسة

التأقلم الحراري (Heat Acclimation): هي إستراتيجية تستخدم لتحسين مستوى استجابة الجسم للحرارة وبالتالي ينعكس ذلك على تحسن أداء وظائف الجسم في الظروف البيئية الحارة نسبياً وتكون أنت المتحكم في تلك الظروف البيئية (Pryor et al., 2019)، والفرق بينها وبين التأقلم الحراري (Heat Acclimatization) في هذه الحالة أنت لست المتحكم بتلك الظروف إنما حدث التأقلم نتيجة للتعرض للظروف البيئة الخارجية.

الدراسات السابقة

يعتبر التأقلم الحراري موضع اهتمام العديد من العلماء والباحثين وما زال موضع جدل كبير، وله دور في رفع مستوى الأداء وكذلك الوقاية من الأمراض المرتبطة بالتعرض لدرجات الحرارة المرتفعة. كما وتُعد بروتوكولات التأقلم الحراري أداة علمية فعالة لتحسين قدرة الجسم على التكيف مع الإجهاد الحراري، سواء لدى الأفراد النشطين بدنيًا أو غير النشطين. يتم تطبيق هذه البروتوكولات داخل الغرف البيئية التي تتيح التحكم بدرجة الحرارة والرطوبة، مما يسمح بدراسة التغيرات الفسيولوجية بدقة وفعالية. حيث توضح أحد الدراسات تجربة التأقلم الحراري على الرياضات الجماعية سعياً في تحديد الفوائد المرجوة وحسب التصاميم المقترحة، حيث قام كل من ساندرلاند وآخرون بإجراء دراسة (Sunderland et al., 2008)، بعنوان أثر التأقلم على الألعاب الجماعية وكان الهدف من هذه الدراسة معرفة تأثير تصميم التأقلم بالتعرض للحرارة المتقطع على الجري لمسافات طويلة، وقد تم تعريض المشاركات لأربعة جلسات حرارية قصيرة من ٣٠ – ٤٥ دقيقة، باستخدام تصميم المكوك المتقطع Loughborough Intermittent Shuttle Test (LIST) على مقدرة الجري المتقطعة بشدة عالية أثناء التعرض للحرارة، حيث تم تقسيم ١٧ لاعبة إلى ثلاثة مجموعات على النحو التالي: (المجموعة الأولى) مجموعة التأقلم في درجة حرارة عالية نسبياً (٣٠ °C) ونسبة رطوبة تبلغ (٢٤٪)، (المجموعة الثانية) مجموعة

التدريب في ظروف بيئية معتدلة (١٨ °C) ورطوبة (٤١٪)، (المجموعة الثالثة) وهي المجموعة ضابطة. كانت النتائج أن زادت المسافة بنسبة ٣٣٪ للمجموعة الأولى وهي مجموعة التأقلم التي تعرضت لدرجة الحرارة العالية نسبياً، ولوحظ أيضاً انخفاضاً في درجة حرارة الجسم الداخلية عن طريق قياس درجة حرارة الجسم الداخلية للـ(المستقيم) لدى نفس المجموعة، مع عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية لتركيز كل من هرمون البروجستون، والألدسترون، والكورتيزول سواء بعد التأقلم أو بين المجموعات. وقد استنتجت الدراسة أن أربعة جلسات بمدة تتراوح بين ٣٠ – ٤٥ دقيقة من التمارين المتقطعة ناجحة للتأقلم، كما أدت لتحسين قدرة اللاعبات على الجري المتقطع، قد يكون لانخفاض درجة حرارة الجسم الداخلية عن طريق قياس درجة حرارة المستقيم دور في رفع القدرة اللاعبات على أداء التمارين.

تفرض الظروف البيئية على الرياضيين تحديات مختلفة، مما أدى لسعي كثير من العلماء والخبراء في إيجاد الحلول المناسبة لإحداث التأقلم مع هذه الظروف البيئة حيث أوضحت دراسة (Guy et al., 2015)، بعنوان أثر التكيف مع الظروف البيئية الحارة لتحسين الأداء للرياضيين النخبة، حيث كان الهدف من هذه الدراسة تقييم فاعلية التأقلم الحراري في المنافسات السابقة. لاشك لتقييم كفاءة التأقلم الحراري يتطلب الأمر جمع الاختلافات والملاحظات في الأداء لدى نخبة الرياضيين أثناء منافستهم في بطولة العالم للاتحاد الدولي لألعاب القوى International Association of Athletics Federations (IAAF) حيث كانت العينة عبارة عن ٨٥ لاعب تم رصد أدائهم في ظروف بيئية حارة نسبياً بلغت (٢٥< °C) مع تلك التي جرت في ظروف بيئية معتدلة إلى باردة (٢٥> °C)، ولمعرفة أي التصاميم الخاصة بالتأقلم الحراري ذات فائدة أكبر بين هذه التصاميم قصيرة المدة التي استمرت لـ(٧) أيام short-term heat acclimation (STHA) وتصميم متوسط المدة (٨-١٤) يوم medium-term heat acclimation (MTHA). حيث لوحظ انخفاض مستوى الأداء في الظروف البيئة الحارة فيما يتعلق برياضات التحمل حيث انخفضت بمقدار (٣~٪)، بينما لوحظ ارتفاع في مستوى الأداء في التمارين التي لا تعتمد على التحمل وتؤدى في فترات قصيرة كالعدو بمقادر (١~٪) مقارنة بالظروف المعتدلة، أما ما يتعلق بالتصاميم الخاصة بالتأقلم عند مقارنة التصميم قصير المدى ومتوسط المدى أثبت جميع التصاميم فعاليتها لكن كان للتصميم المتوسط المدى كفاءة أعلى من نظيرة مما أدى لانخفاض مستوى درجة حرارة الجسم ومعدل ضربات القلب. نستنتج من ذلك أنه من الممكن أن تتأثر الأنشطة الخاصة بالتحمل في البيئات الحارة على العكس من ذلك العدو السريع فقد لا يلاحظ تأثير ملحوظ، وبالنظر لتصاميم التأقلم الحراري فإن للتصاميم قصيرة المدى

التي تقل مدتها عن ٧ أيام تقود الرياضـــيين لتكيفات معتدلة في التنظيم الحراري ولكن اســـتناد للأدلة الحالية يمكن أن تكون الفائدة أكبر عند استخدام التصاميم متوسطة المدة (٨ – ١٤ يوم)، لكن تكمن المشـكلة أن أصـحاب المسـتويات العالية لا يمتلكون الوقت الكافي لأداء التصـاميم المتوسطة إلى طويلة المدى، لذلك قد تكون التصاميم قصيرة المدى أكثر ملائمة لهم.

يُحسن التأقلم الحراري من تنظيم درجة حرارة الجسم اللاإرادية لدى الإنسان، حيث أوضحت هذه الدراسة (Barry et al., 2020)، التي كان هدفها معرفة أثر التأقلم الحراري على على تحسين التحكم العصبي في درجة حرارة الجسم. حيث تم قياس كل من درجة حرارة الجسم ونشاط العصب السمبثاوي المسؤول عن توسع الأوعية الدموية في الجلد وإنتاج العرق في ١٤ بالغاً (٩ ذكور، ٥ إناث) تتراوح أعمارهم (٢٧±٥) سـنوات، وذلك أثناء الإجهاد الحراري السـلبي الذي تم أجراؤه قبل وبعد تصميم التأقلم الحراري البالغ مدته ٧ أيام. حيث أدى التأقلم الحراري إلى زيادة معدل التعرق في الجسم بالكامل وانخفاض درجة حرارة الجسم الداخلية أثناء الراحة، كما وأدى التنشيط المبكر لنشاط العصب السمبثاوي للجلد إلى انخفاض في عتبات التنشيط التي تعمل على توسع الأوعية الدموية في الجلد. توضـــح هذه النتائج أن التأقلم الحراري يؤدي دور كبير في تنشـيط العصـــب المســـؤول عن توســـع الأوعية الدموية في الجلد وزيادة معدل التعرق الذي ينعكس إيجاباً على خفض مستويات درجة حرارة الجسم الزائدة.

ونجد في دراسة (Garrett et al., 2012) التي تناولت فعالية التأقلم الحراري قصير المدى (٥ أيام) لدى الرياضيين ذو المستوى العالي، حيث شارك في هذه الدراسة ٨ رياضيين ذكور خضع المشاركين لبروتوكول تأقلم حراري مدته ٩٠ دقيقة لـــ (٥ أيام) بدرجة حرارة ٣٩.٥ درجة مئوية ونسـبة رطوبة بلغت ٦٠٪، مع الحفاظ على درجة حرارة المسـتقيم عن ٣٨.٥ درجة مئوية (بدون شـرب سـوائل)، حيث لوحظ تحسـن في بعض المتغيرات الفسـيولوجية المتمثلة في (زيادة حجم البلازما بنسة ٤.٥٪، فقد ما مقدراة ٣٪ من كتلة الجسم، ارتفاع تركيز هرمون ألدسترون سواء في الراحة او أثناء التدريب، انخفضـت درجة حرارة الجسـم الداخلية بمقدار ٠.٣ درجة مئوية، وكذلك انخفض معدل ضـربات القلب بمقدار ١٤ نبضـة/دقيقة بعد ٢٠ دقيقة من التدريب). الاسـتنتاج: التأقلم الحراري قصـــير المدى في ظروف بيئة مرتفعة الحرارة ومع الجفاف يمكن أن تؤدي إلى تحسنات فسيولوجية ملحوظة لدى الرياضيين ذوي اللياقة البدنية العالية، وكذلك تحسناً في مستوى الأداء.

حللت دراســـة منهجية أجراها (Daanen et al., 2018) العلاقة بين مدة التعرض للحرارة ومستوى التأقلم، حيث أظهرت أن البروتوكولات القصيرة (أقل من ٧ أيام) تُحدث تكيفات محدودة،

بينما تؤدي البروتوكولات المتوسطة (٧-١٤ يومًا) إلى تحقيق أكثر من ٨٠٪ من التكيفات المطلوبة، وتوفر البروتوكولات الطويلة (>١٤ يومًا) أقصى مستوى من التأقلم، لكنها تتطلب التزامًا أكبر.

تركّز هذه الدراسة لـ (Pandolf, 1998) على اكتساب وزوال التأقلم الحراري أثناء التمرين، حيث يُمكن تحقيق تأقلم شبه كامل خلال ٧ إلى ١٠ أيام، بينما تحدث أغلب التكيفات الفسيولوجية خلال ٤ إلى ٦ أيام فقط. الأفراد ذوي اللياقة البدنية العالية يكونون متأقلمين جزئيًا لكنهم يحتاجون لتعرّض إضافي للحرارة. كما وتُشير النتائج إلى أن استمرارية التأقلم تختلف بين الأفراد والبيئات، وتدوم آثاره لفترة أطول في الأجواء الجافة مقارنةً بالرطبة. وتبرز الحاجة إلى دراسات أكثر دقة لفهم آلية فقدان التأقلم وتأثيره على الأداء الرياضي.

تعتبر عملية تبديد الحرارة أحدى آليات التنظيم الحراري في جسم الانسان حيث أوضحت دراسة كل من بويرير وآخرون (Poirier et al., 2015)، التي هدفت إلى تحديد مقدار فقدان حرارة الجسم أثناء التأقلم الحراري، وقاموا بإخضاع ١٠ ذكور أصحاء للتأقلم الحراري بتصميم ١٤ يوم ٩٠ دقيقة من ركوب الدراجات (درجة الحرارة ٤٠ °C درجة مئوية ونسبة الرطوبة ٢٠٪) عند شدة ~٥٠٪ من الإستهلاك الأقصى للأكسجين (Vo2max)، تم قياس التغير في درجة حرارة الجسم عن طريق قياس تبخر العرق من الجسم بإستخدام جهاز (Direct Calorimetry) خلال ٣ جلسات مختلفة الشدة ولمدة ٣٠ دقيقة عند شدة ٣٠٠ واط/ دقيقة (الجلسة ١)، ٣٥٠ واط/ دقيقة (الجلسة ٢)، ٤٠٠ واط/ دقيقة (الجلسة ٣)، بين كل جلسة والأخرى من ١٠ – ٢٠ دقيقة راحة في (درجة الحرارة ٣٥ °C درجة مئوية ونسبة الرطوبة ١٦٪) وكان ذلك في أيام مختلفة قبل التدريب وفي اليوم السابع وبعد اليوم الرابع عشر وكذلك بعد تصميم التأقلم الحراري الذي استمر لـ (١٤) يوم حيث اخذ القياس مرة أخرى في اليوم السابع واليوم الرابع عشر التي هي بحسب الترتب تكون اليوم ١٤ واليوم ٢٨. ولوحظ زيادة في فقد الحرارة عن طريق التبخير لكامل الجسم في (الجلسة ٢) و(الجلسة ٣) في اليوم السابع، وزيادة في جميع الأحمال التدريبية في كل الجلسات (١، ٢، ٣) مقارنة باليوم الأول، والجديد بالذكر أنه تم الاحتفاظ بهذه التكيفات لمدة أسبوعين بعد التوقف عن التعرض للتأقلم الحراري. تعتبر هذه الدراسة الأولى التي تناولت التأقلم الحراري لمدة ١٤ يوم من أجل فقدان الحرارة عن طريق التبخر لكامل الجسم، حيث بلغت نسبة التحسن ١١٪ تقريباً.

التعليق على الدراسات السابقة

يتضح من خلال ما تم سرده من الدراسات أعلاه أن لبرامج التأقلم دور فعال مع اختلاف تلك البرامج والتصاميم بعضها عن بعض وكذلك تفاوت نسبة الفائدة بين تلك التصاميم، حيث لوحظ تحسن في مستوى الهرمونات ذات العلاقة في تحسن التنظيم الحراري وكذلك المسؤولة عن مستوى الأداء نتيجة لخضوع المشارك لبرامج التأقلم الحراري (Sunderland et al., 2008)، وبالنظر لمدة التأقلم لوحظ فاعلية كل من البرامج القصيرة والمتوسطة المدة للتأقلم مع تفاوت في معدل الفائدة حيث لوحظ أن البرامج متوسطة المدة ذات نتائج أفضل من نظيرتها البرامج قصيرة المدة للتأقلم، لكن في المقابل هناك تحسن نتيجة للإنخراط في البرامج قصيرة المدة، حيث يوصى بها في بعض الأوقات وذلك وفق شروط معينة في بعض المهن والمهام على سبيل المثال العسكريين في فترة الاستجداد حيث لا يتملكون الوقت الكافي للإنخراط في البرامج طويلة المدة قبل الدخول في البرامج التدريبية الأساسية، وكذلك الحجاج قبل القدوم لموسم الحج، وكما هو الحال أيضا حسب ما أوضحت بعض الدراسات فيما يتعلق بالرياضيين المحترفين حيث أنهم لا يملكون الوقت الكافي لتطبيق البرامج المتوسطة أو طويلة المدة لذلك يستخدمون برامج التأقلم قصيرة المدة (Guy et al., 2015)، وبالنظر لآليات التنظيم الحراري والتعرق أثبتت برامج التأقلم دورها في تحسين آليات التعرق (Poirier et al., 2015)، ومالها أيضا من دور في تحسين التحكم العصبي للعصب السمبثاوي المسؤول عن توسع الأوعية الدموية في الجلد ومن ثم إنتاج العرق (Barry et al., 2020)، ونجد في دراسة (Garrett et al., 2012) أن التأقلم الحراري قصير المدى في ظروف بيئة شديدة الحرارة ومع الجفاف يمكن أن تؤدي إلى تحسنات فسيولوجية ملحوظة لدى الرياضيين ذوي اللياقة البدنية العالية، وكذلك تحسناً في مستوى الأداء، لكن لوحظ وعلى حسب علم الباحث قصور في الدراسات التي تناولت فئة الغير النشيطين وحيث أنهم الشريحة الأكبر في المجتمع مما يدفعنا لإستكشاف أثر التصاميم المختارة في هذه الدراسة على هذه الفئة ومن ثم إماكنية التوصية بها.

منهج وإجراءات الدراسة

منهج الدراسة

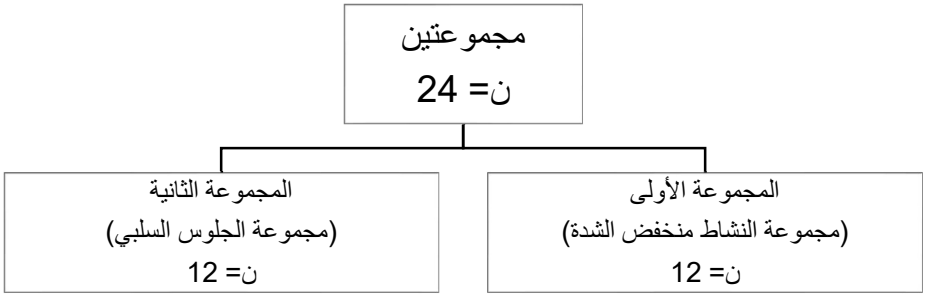
المنهج التجريبي لملائمته لطبيعة الدراسة، وسيتم تقسيم أفراد عينة الدراسة إلى ثلاثة مجموعات متكافئة ومتجانسة، بحيث تكون مجموعتان تجريبية ومجموعة واحدة ضابطة.

مجتمع الدراسة

أشخاص غير نشيطين تتراوح أعمارهم بين ١٨ – ٤٠ سنة، تنطبق عليهم شروط اختيار واستبعاد العينة آنفة الذكر.

عينة الدراسة

تم اختيار العينة بالطريقة العشوائية، حيث تم إجراء تحليل مسبق لحجم العينة المناسب وذلك بإستخدام GPower 3.1 (Franz Faul, University of Kiel, Germany) ، وبعد تحديد نوع الاسلوب الإحصائي المناسب لمتغيرات الدراسة عند نسبة المعنوية (α err prob=0.05) ومقدار قوة (β err prob=0.8-١)، اتضح أن أدنى حجم عينة مناسب هو (٢٤) مشارك تم تقسيمهم إلى مجموعتين (مجموعة نشطة تمارس نشاط بدني منخفض الشدة، والثانية مجموعة الجلوس السلبي). وتم احتساب عدد العينة الكلي (٢٤) مشارك بواقع (١٢) مشارك في كل مجموعة (الشكل رقم ١).



الشكل رقم (١): حجم عينة الدراسة وتوزيعهم على المجموعات

التجربة الإستطلاعية

قام الباحثون بإجراء تجربة استطلاعية لغرض التحقق من النقاط الآتية:

- التأكد من صلاحية الأجهزة المستخدمة في التجربة الرئيسية وضبط تصميم التجربة.
- حساب الزمن لكل فرد من أفراد العينة.
- تنظيم العمل وتعريف فريق العمل المساعد بطبيعة وهدف التجربة وطرق قياسها.

متغرات الدراسة

قياسات المحتوي المائي للجسم

تم أخذ قياسات المحتوى المائي للجسم من خلال جهاز تحليل المقاومة الكهروحيوية (Model: BC-980, Tanita Corporation, Tokyo, Japan)، مع مراعاة إجراءات أخذ القياسات الموضحة في تعليمات الشركة المنتجة. من أجل معرفة كل من المحتوى المائي للجسم كامل،

والمحتوى المائي داخل وخارج الخلية، على النحو التالي: قياس قبلي قبل وبعد الجلسة الأولى في اليوم الأول وقبل وبعد الجلسة الأخيرة في اليوم السابع للمجموعتين.

قياسات البول

تم قياس الجاذبية النوعية للبول (USG) عن طريق جهاز محمول عبارة عن مقياس انكسار رقمي (ATAGO, PAL-10S, Tokyo, Japan). بعد أخذ عينة بمقدار ٣٠ مل، مع مراعاة عدم أخذ أول كمية تخرج من البول، ستتم معايرة الجهاز في كل قياس بواسطة الماء المقطر وهذا وفقاً تعليمات الشركة المصنعة، نطاق الجهاز ما بين ١.٠٠٠ إلى ١.٠٦٠. كما وسيتم وضع ما مقداره ٠.٣ مل في الموضع المخصص للقياس، كما وتم مراعاة اخذ قياسين لمرتين متتاليتين لضمان دقة القياس، وتم تعقيم وتنظيف الجهاز بعد كل قياس وتجفيفة بشكل جيد، مع مراعاة عدم مكوث البول في الجهاز لفترات طويلة حيث أنه وعلى المستوى الفردي للعينات أنها لم تتجاوز ٣ ثواني لكل قياس، تم جمع عينات البول على النحو التالي: قياس قبلي قبل وبعد الجلسة الأولى في اليوم الأول وقبل وبعد الجلسة الأخيرة في اليوم السابع للمجموعتين. وحُفظت العينات المتبقة عند درجة حرارة (-٨٠) درجة مئوية.

تم قياس أسمولية البول (Uosm) عن طريق جهاز محمول عبارة عن مقياس انكسار رقمي (OSMOCHECK, ATAGO, Tokyo, Japan). يعمل الجهاز في نطاق يتراوح بين ٠ – ١٥٠٠ (mOsmol/kgH2O). مع مراعاة عدم أخذ أول كمية تخرج من البول، تم معايرة الجهاز في كل قياس بواسطة الماء المقطر وهذا وفقاً تعليمات الشركة المصنعة. كما وتم وضع ما مقداره ٠.٣ مل في الموضع المخصص للقياس، مع مراعاة اخذ قياسين لمرتين متتاليتين لضمان دقة القياس، كما تم مراعاة تعقيم وتنظيف الجهاز بعد كل قياس وتجفيفة بشكل جيد، مع مراعاة عدم مكوث البول في الجهاز لفترات طويلة حيث أنه وعلى المستوى الفردي للعينات أنها لم تتجاوز ٣ ثواني لكل قياس، تم جمع عينات البول على النحو التالي: قياس قبلي قبل وبعد الجلسة الأولى في اليوم الأول وقبل وبعد الجلسة الأخيرة في اليوم السابع للمجموعتين. وحُفظت العينات المتبقة عند درجة حرارة (-٨٠) درجة مئوية.

قياس معدل التعرق

يُعد تتبّع التغير في وزن الجسم قبل وبعد جلسات التأقلم الحراري إحدى الوسائل الشائعة والدقيقة لتقدير معدل التعرق وفقدان السوائل خلال النشاط البدني أو التعرض للحرارة. وتعتمد هذه الطريقة على افتراض أن التغير في الوزن ناتج بشكل أساسي عن فقدان العرق، بشرط التحكم في تناول السوائل والمخرجات (مثل البول) أثناء الجلسة. وقد تم اعتماد هذه الطريقة في عدد من الدراسات

الفسيولوجية، التي استخدمت الفرق في الوزن لقياس معدل التعرق لدى الأفراد أثناء ممارسة النشاط البدني أو خلال برامج التأقلم الحراري (Karvonen & Vuorimaa, 1988; Reis & Rossi, 2009; Sawka et al., 2007).

يُحسب معدل التعرق عادة باستخدام المعادلة التالية:

معدل التعرق (لتر/ساعة) = (وزن الجسم قبل التمرين – وزن الجسم بعد التمرين) ÷ مدة التمرين (بالساعات)

تم التعديل على المعادلة لحساب الزمن بالدقائق لتصبح كالآتي:

معدل التعرق (لتر/ساعة) = [(الوزن قبل التمرين – الوزن بعد التمرين) × ٦٠] ÷ مدة التمرين (بالدقائق)

تتطلب هذه الطريقة بعض الضوابط لضمان دقتها، مثل ثبات الملابس، تفريغ المثانة قبل القياسات، وتسجيل أي سوائل تم تناولها أو فقدانها أثناء الجلسة (Sawka et al., 2007). وتكمن أهميتها في كونها وسيلة ميدانية غير مكلفة وسهلة التطبيق لتقييم فعالية التأقلم الحراري وحالة الترطيب لدى الأفراد في بيئات العمل أو الرياضة.

تصميم الدراسة

تم تنفيذ هذه الدراسة التجريبية باستخدام تصميم مجموعتين متوازيتين، بهدف مقارنة الاستجابات الفسيولوجية الناتجة عن التعرض النشط مقابل السلبي للحرارة. تم اختيار المشاركين بطريقة عشوائية بسيطة من متطوعين تنطبق عليهم شروط دقيقة للقبول، تضمنت: أن يكون المشارك غير نشط بدنيًا، غير مدخن، سعودي الجنسية، ذكرًا، يتراوح عمره بين ١٨ و٤٠ سنة، لا يعاني من أمراض مزمنة أو حادة، لا يستخدم أدوية أو مكملات تؤثر على المؤشرات الفسيولوجية، وأن يكون ضغط دمه أقل من ١٤٠/٨٠ ملم زئبق. بلغ العدد الكلي للعينة ٢٤ مشاركًا، تم تقسيمهم بالتساوي إلى مجموعتين: مجموعة النشاط (ن = ١٢)، خضعت للتعرض للحرارة أثناء أداء نشاط بدني منخفض الشدة، ومجموعة الجلوس السلبي (ن = ١٢)، خضعت لنفس الظروف البيئية دون ممارسة أي نشاط. تم تعريض كلتا المجموعتين لدرجة حرارة ثابتة مقدارها ٤٠ درجة مئوية، ورطوبة نسبية قدرها ٤٠٪، ولمدة ٤٠ دقيقة يوميًا، على مدار سبعة أيام متتالية داخل غرفة بيئية متحكم بها (٦م × ٦م × ٣م) من شركة (Weiss Technik UK Ltd) وتم معايرة الغرفة وفقاً لتصميم المجموعات، وكل القياسات سيتم اخذها تحت إشراف المختصين بوجود طبيب مختص. تم قياس المتغيرات الفسيولوجية المستهدفة قبل وبعد الجلسة الأولى، وكذلك قبل وبعد الجلسة السابعة والأخيرة، ثم تم حساب الفرق (Δ) بين القيم القبلية والبعدية في كل يوم على حدة. أجريت

جميع القياسات داخل مختبرات جامعة الملك سعود –كلية علوم الرياضة والنشاط البدني– قسم فسيولوجيا الجهد البدني – وتحديدًا في مختبر الجهاز الدوري التنفسي المجهز بأدوات عالية الدقة. كما تم الالتزام التام بتطبيق بروتوكولات السلامة المهنية، من خلال إعطاء الأولوية لصحة وسلامة المفحوصين أثناء جلسات التعرض الحراري، وضمان تشغيل الأجهزة والبيئة البحثية وفق معايير الأمان المعتمدة.

الأساليب الإحصائية للدراسة

تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج IBM SPSS Statistics for Windows, Version 30.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)، وذلك لاختبار الفرضيات المتعلقة بتأثير التعرض النشط والسلبي للحرارة على عدد من المؤشرات الفسيولوجية. شملت التحليلات الأولية استخدام الإحصاءات الوصفية لحساب المتوسطات والانحرافات المعيارية للخصائص الجسمانية (العمر، الطول، الوزن، نسبة الدهون، مؤشر كتلة الجسم)، إلى جانب المتغيرات الفسيولوجية المدروسة مثل إجمالي سوائل الجسم (TBW)، وتغير حجم البلازما (PVC)، وأوسمولية البول (UOSM)، والكثافة النوعية للبول (USG)، ومعدل التعرق (SR). حيث تم التحقق من طبيعة توزيع البيانات باستخدام اختبار Shapiro–Wilk، ومن تجانس التباين باستخدام Levene's Test، وبناءً على النتائج، تم اعتماد التحليل الإحصائي المناسب لكل متغير. حيث تم أولًا احتساب الفروق (Δ) بين القيم القبلية والبعدية في كل من اليوم الأول واليوم السابع، لكل متغير من المتغيرات الفسيولوجية، بهدف تقييم حجم الاستجابة الفسيولوجية الناتجة عن التعرض الحراري، ثم استخدام هذه الفروق كأساس للتحليل الاستدلالي. بالنسبة للمتغيرات التي لم تحقق افتراض التوزيع الطبيعي، تم استخدام الاختبارات غير المعلمية، حيث استُخدم Wilcoxon Signed–Rank Test لتحليل الفروق داخل كل مجموعة، و Mann–Whitney U Test لمقارنة الفروق بين المجموعتين. أما المتغيرات التي حققت افتراضات التحليل المعلمي مثل متغير تغير حجم البلازما (PVC)، فقد تم تحليلها باستخدام تحليل التباين المختلط (Mixed ANOVA) من نوع (٢×٢)، وذلك لتقييم تأثير عامل الزمن (قبلي/بعدي) كعامل داخلي، والمجموعة (نشاط بدني مقابل جلوس) كعامل بيني، بالإضافة إلى تحليل التفاعل (Group × Time)، لتحديد أي من المجموعتين أظهرت تأقلمًا فسيولوجيًا أكبر خلال فترة التعرض الحراري.

نتائج الدراسة

التحليل الإحصائي الوصفي للخصائص الجسمانية

يوضح الجدول رقم (١) الخصائص الجسمانية الأساسية لعينة الدراسة التي شملت ٢٤ مشاركًا، حيث تضمنت المتغيرات: العمر، الطول، الوزن، نسبة الدهون، ومؤشر كتلة الجسم (BMI).

الجدول رقم (١): الخصائص الجسمانية الأساسية لعينة الدراسة

المتغير	المتوسط ± الانحراف المعياري
العمر (سنة)	20.38 ± 1.53
الطول (سم)	174.42 ± 5.87
الوزن (كجم)	70.85 ± 9.58
نسبة الدهون(%)	20.40 ± 4.56
مؤشر كتلة الجسم(BMI)	23.30 ± 2.83

أظهرت النتائج أن العينة متجانسة نسبيًا من حيث العمر والطول والوزن، مع تباين بسيط في نسبة الدهون. كما أن جميع المتغيرات تقريبًا تتبع التوزيع الطبيعي.

المحتوى المائي في الجسم

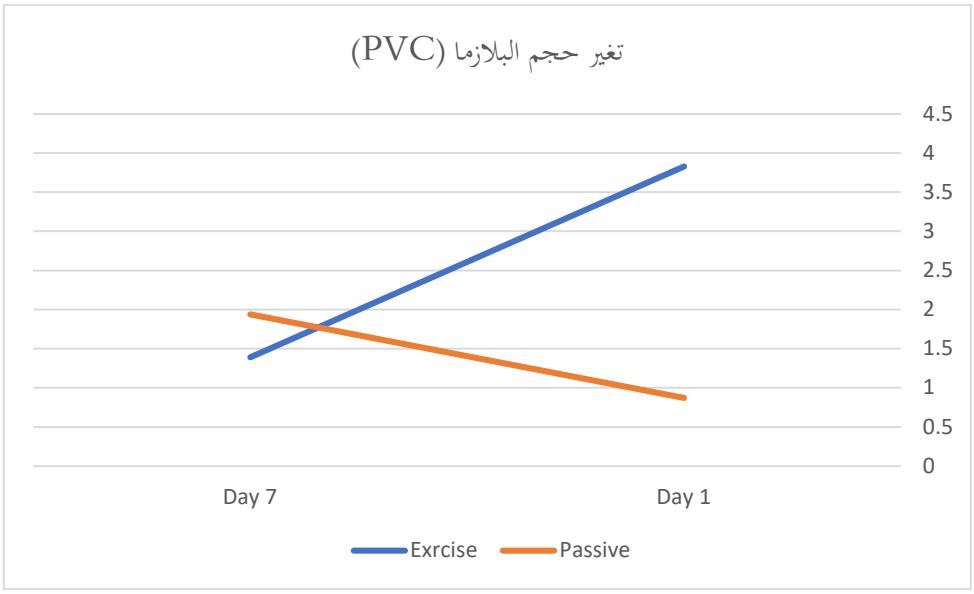
الجدول رقم (٢): مقارنة المحتوى المائي في الجسم (TBW)

المقارنة	Z	*P*
داخل مجموعة التمرين (قبل – بعد)	٠.٨٩١-	0.373
داخل مجموعة الجلوس (قبل – بعد)	٠.٨٩٠-	0.373
Δ الفرق بين المجموعتين في (TBW)	١.٢٤٥-	0.213

لم تظهر فروق دالة إحصائيًا في TBW داخل مجموعة النشاط ($Z = -0.891$, $p = 0.373$) ولا داخل مجموعة الجلوس ($Z = -0.890$, $p = 0.373$). كما لم تُسجل فروق بين المجموعتين ($Z = -1.245$, $p = 0.213$).

التغير في حجم البلازما

أظهرت نتائج تحليل التباين المختلط عدم وجود فروق دالة إحصائيًا في المتغير المدروس (MEASURE_1)، سواءً من حيث تأثير الزمن ($p = 0.646$)، أو تأثير المجموعة ($p = 0.376$)، أو التفاعل بينهما ($p = 0.246$). وتشير هذه النتائج إلى عدم وجود فروق معنوية في الاستجابة الفسيولوجية بين بروتوكلات الدراسة المستخدمة.



الشكل رقم (٢) مقارنة التغير في حجم البلازما (PVC)

لكن نلاحظ مع عدم وجود الدلالة الإحصائية إلا أن هناك أثر يتمثل في الانخفاض الملحوظ في حجم البلازما لدى المجموعة النشطة (Exercise). في المقابل، أظهرت مجموعة الجلوس (Passive) زيادة في حجم البلازما بعد التعرض للحرارة دون مجهود بدني كما هو واضح في الشكل رقم (٢).

الكثافة النوعية للبول وأسمولية البول

الجدول رقم (٣): مقارنة الكثافة النوعية للبول (USG)، وأسمولية البول (UOSM)

المتغير	المقارنة	Z	P
أسمولية البول (**UOSM**)	نشاط (قبل – بعد)	٠.٣١٤-	0.754
	جلوس (قبل – بعد)	١.١٧٧-	0.239
	Δ نشاط vs Δ جلوس	٠.٥٤٩-	0.583
الكثافة النوعية للبول (**USG**)	نشاط (قبل – بعد)	٠.٢٦٧-	0.790
	جلوس (قبل – بعد)	٠.٤٣٢-	0.666
	Δ نشاط vs Δ جلوس	٠.٠٨٧-	0.931

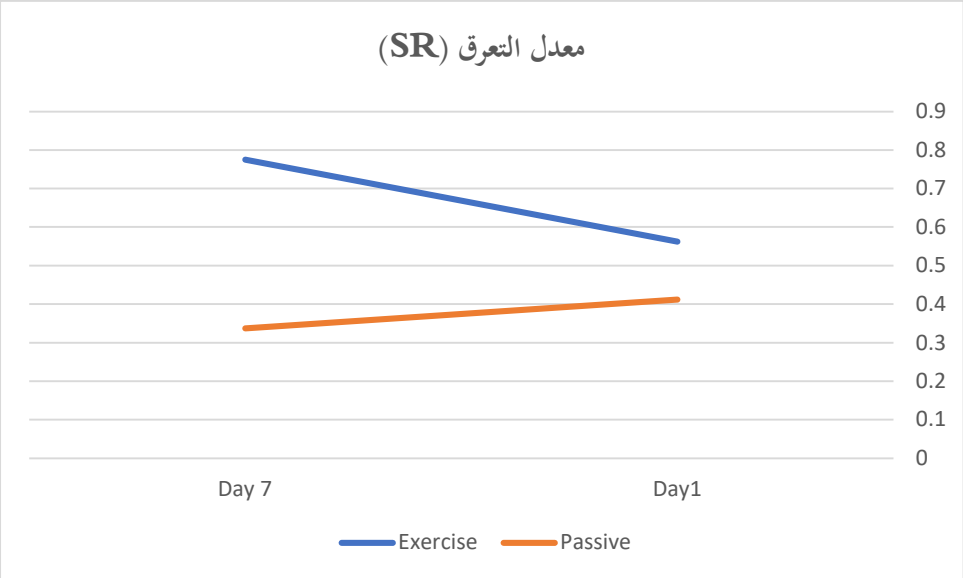
لم تُظهر التحليلات فروقًا دالة في كل من USG وUOSM داخل أو بين المجموعتين (جميع قيم $p > 0.05$).

معدل التعرق

الجدول رقم (٤): مقارنة معدل التعرق (SR)

المقارنة	Z	*P*
داخل مجموعة النشاط (قبل – بعد)	٠.٨٩٢-	٠.٣٧٣
داخل مجموعة الجلوس (قبل – بعد)	٠.٣٠٨-	٠.٧٥٨
Δ الفرق بين المجموعتين في (SR)	٠.٧٥٦-	٠.٤٤٩

لم تظهر فروق دالة إحصائيًا في معدل التعرق بين القياسين القبلي والبعدي في مجموعة النشاط ($Z = -0.892$, $p = 0.373$) أو مجموعة الجلوس ($Z = -0.308$, $p = 0.758$). كما لم تُسجل فروق معنوية بين المجموعتين ($Z = -0.756$, $p = 0.449$).



الشكل رقم (٣): مقارنة معدل التعرق (SR)

على الرغم من عدم وجود فروق دالة إحصائيًا بين القياسين القبلي والبعدي في معدل التعرق، إلا أن الرسم البياني يُظهر وجود فارق عددي واضح بين المجموعتين؛ حيث ارتفع معدل التعرق في مجموعة النشـــاط البدني بعد التعرض للحرارة، في حين انخفض بشـــكل طفيف في مجموعة الجلوس السلبي، مما يعكس تباينًا في الاتجاه العام للاستجابة بين المجموعتين.

المناقشة

أظهرت نتائج قياس المحتوى المائي الكلي في الجسم (TBW) أن التعرض الحاد للحرارة، سواء كان مصحوبًا بنشاط بدني خفيف أو جلوسًا سلبيًا داخل بيئة حارة، لم يُحدث تغيرات كبيرة في توازن سوائل الجسم. ويُعد TBW من المؤشرات الفسيولوجية المهمة التي تعكس مستوى الترطيب

والتوازن المائي، كما يُستخدم لتقييم فعالية التأقلم مع الحرارة. وتُشير الأدبيات العلمية إلى أن الزيادة في TBW الناتجة غالبًا عن توسع الحيز الخلوي وزيادة حجم البلازما – تُعد من علامات التأقلم الحراري الفعال، حيث تدعم قدرة الجسم على الحفاظ على حجم الدم وتحسين التبادل الحراري، خاصة أثناء التمارين في الظروف الحارة (Cheuvront et al., 2005; Périard et al., 2015; Sawka, Leon, et al., 2011). ومع ذلك، فإن مثل هذه التغيرات تتطلب عادة بروتوكولات حرارية ممتدة على مدى عدة أيام تتراوح بين ٧ إلى ١٤ يومًا، مع تكرار يومي للتعرض للحرارة لمدة تتراوح من ٦٠ إلى ٩٠ دقيقة، خاصة إذا كان مصحوبًا بمجهود بدني (Garrett et al., 2009; Taylor, 2014). في المقابل، فإن التعرض القصير أو غير المتكرر قد لا يكون كافيًا لتحفيز التكيفات الفسيولوجية العميقة، مما يفسر غياب التغيرات الجوهرية في TBW لدى المشاركين في هذه الدراسة. وتشير بعض الدراسات إلى أن التغيرات في TBW غالبًا ما تكون دقيقة وتتأثر بعدة عوامل مثل توقيت القياسات، ومدى تعويض السوائل، ونسبة التعرق مقابل الامتصاص الخلوي (González-Alonso et al., 2000). وعليه، فإن ثبات TBW في هذه التجربة لا يُشير بالضرورة إلى غياب استجابة فسيولوجية، بل قد يعكس الحاجة إلى إطالة مدة أو شدة البروتوكول الحراري لتحفيز تغييرات واضحة في المحتوى المائي الكلي للجسم، كما أن الهدف الأساسي هو قياس تأثير مثل هذه البروتوكلات على غير النشطين بدني للتأكد من مدى الأستفادة من هذه البرامج او البروتوكلات للحد من أمراض الحرارة الخطيرة جداً.

أما فيما يخص التغير في حجم البلازما (PVC)، فقد أظهرت البيانات توجهًا نحو الانخفاض في حجم البلازما لدى مجموعة النشاط البدني، على الرغم من عدم تحقيق دلالة إحصائية. ويمكن تفسير هذا الانخفاض بأنه نتيجة استجابة فسيولوجية حادة ناتجة عن التمارين في بيئة حارة، حيث يُفقد جزء كبير من السوائل عن طريق التعرق، ما يؤدي إلى نقص نسبي في حجم البلازما داخل الأوعية الدموية (Sawka & Coyle, 1999). كما أن إعادة توزيع الدم نحو العضلات والجلد أثناء التمرين، وزيادة الضغط الأسموزي نتيجة فقد الماء دون الأملاح، يُعزز انتقال الماء من البلازما إلى الأنسجة (Périard & Racinais, 2019). في المقابل، شهدت مجموعة الجلوس زيادة في حجم البلازما بعد التعرض الحراري، ويُعزى ذلك إلى توسع الأوعية الدموية الطرفية (vasodilation) الذي يعيد توجيه السوائل نحو الدورة الدموية، ما يُسهم في الحفاظ على حجم البلازما أو زيادته بشكل طفيف (Convertino, 1991).

على مستوى قياسا البول أظهرت نتائج الدراسة استقرارًا نسبيًا في كل من الكثافة النوعية للبول (USG) وأسمولية البول (UOSM)، مما يدل على حالة ترطيب متوازنة لدى المشاركين خلال فترة التجربة. وتُعد هاتان الأداتان من المؤشرات الميدانية الشائعة والمستخدمة على نطاق واسع لتقييم توازن السوائل في الجسم، حيث تعكسان تركيز المذابات في البول وتُظهران حساسية معتدلة للتغيرات الفسيولوجية المرتبطة بالجفاف أو الإماهة. ويُعزى غياب التغيرات الكبيرة في هذه المؤشرات إلى عدة عوامل محتملة، من بينها قصر مدة التعرض للحرارة في الدراسة، أو تعويض كافٍ للسوائل من قبل المشاركين، وهو ما يمنع ظهور اضطرابات واضحة في توازن الماء. وقد أكدت الأدبيات أن التغيرات الملحوظة في USG وUOSM تظهر عادة في حالات الجفاف المتوسط إلى الشديد أو في ظل غياب تعويض السوائل (Armstrong, 2005; Cheuvront et al., 2005; Sawka et al., 2007). وبالتالي، فإن استقرار هذه المؤشرات لا يُنفي فاعلية التعرض الحراري، بل يعكس قدرة الجسم على الحفاظ على التوازن المائي تحت ظروف مدروسة، مما يُبرز أهمية استخدام مؤشرات مكملة مثل حجم البلازما أو أسمولية الدم لتقديم تقييم أكثر شمولًا لحالة الترطيب.

وفيما يتعلق بمعدل التعرق (SR)، فعلى الرغم من عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي، إلا أن البيانات أظهرت اختلافًا في الاتجاهات؛ حيث سُجل ارتفاع في معدل التعرق لدى مجموعة النشاط البدني مقابل انخفاض طفيف في مجموعة الجلوس. ويُعزى ذلك إلى ما يُعرف بالتكيف الحراري المبكر، حيث تُعد الزيادة في التعرق من أوائل المؤشرات الفسيولوجية للاستجابة للحرارة، نتيجة لتحفيز الجهاز العصبي السمبثاوي وتحسين فعالية الغدد العرقية (Périard & Racinais, 2015). أما انخفاض معدل التعرق في مجموعة الجلوس، فقد يعود إلى غياب التحفيز الداخلي الناتج عن النشاط البدني، حيث إن الجلوس في بيئة حارة لا يُنتج عبئًا حراريًا داخليًا كافيًا لتحفيز منظومة التنظيم الحراري (Garrett et al., 2009; Wendt et al., 2007). وبالرغم من عدم تحقيق دلالة إحصائية، إلا أن هذه التغيرات العددية قد تمثل بوادر أولية للتأقلم، خصوصًا في الدراسات القصيرة أو ذات العينات الصغيرة، كما أشار إلى ذلك (Buchheit, 2016).

أوجه القصور (القيود)

تواجه هذه الدراسة عددًا من القيود التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند تفسير النتائج. يُعد حجم العينة (ن = ٢٤) محدودًا نسبيًا، مما قد يُضعف من القدرة الإحصائية على الكشف عن الفروق الدقيقة بين المجموعتين ويحد من إمكانية تعميم النتائج. كما أن فترة التعرض الحراري اقتصرت

على سبعة أيام فقط، وهي مدة قصيرة قد لا تكون كافية لتحفيز التكيف الحراري الكامل، كما تشير الأدبيات إلى أن بروتوكولات التأقلم تتطلب فترات أطول وأكثر شدة. إضافة إلى ذلك، لم يتم التحكم بشكل دقيق في كمية السوائل والنظام الغذائي خارج المختبر، ما قد يؤثر على دقة مؤشرات الترطيب مثل UOSM وUSG. كذلك، لم تشمل الدراسة قياسات إضافية مثل الكورتيزول، HRV، أو الشوارد، والتي كان من شأنها أن توفّر تفسيرًا أعمق للاستجابات الفسيولوجية. وأخيرًا، اقتصرت العينة على ذكور سعوديين غير نشطين بدنيًا، ما يحد من إمكانية تعميم النتائج على فئات سكانية أخرى تختلف في الجنس أو اللياقة البدنية أو الخلفية الثقافية.

الاستنتاجات

- أظهرت نتائج الدراسة أن معظم المؤشرات الفسيولوجية التي تم تحليلها، بما في ذلك إجمالي سوائل الجسم (TBW)، وتغير حجم البلازما (PVC)، وأسمولية البول (UOSM)، والكثافة النوعية للبول (USG)، ومعدل التعرق (SR)، لم تُظهر فروقًا ذات دلالة إحصائية سواء بين القياسين القبلي والبعدي أو بين المجموعتين. و
- لوحظ وجود اتجاه فسيولوجي إيجابي تمثل في ارتفاع معدل التعرق لدى مجموعة النشاط البدني بعد التعرض للحرارة، مما قد يُشير إلى بداية حدوث التكيف الحراري.
- سجلت مجموعة الجلوس السلبي انخفاضًا طفيفًا في معدل التعرق، مما يعكس استجابة تنظيمية ضعيفة ناتجة عن غياب التحفيز الداخلي الناتج عن النشاط البدني.
- تم ملاحظة انخفاض ملحوظ في حجم البلازما لدى مجموعة النشاط مع غياب الدلالة الإحصائية وارتفاعها في مجموعة الجلوس السلبي.
- وتشير هذه الاتجاهات إلى أن التعرض الحراري المصحوب بالنشاط البدني قد يكون أكثر فاعلية في تحفيز التغيرات الفسيولوجية المرتبطة بالتكيف مع الحرارة مقارنة بالتعرض السلبي فقط.

التوصيات

- توصي هذه الدراسة بتطبيق بروتوكولات تأقلم حراري أطول زمنًا (من ١٠ إلى ١٤ يومًا) وبشدة متدرجة من النشاط البدني، بهدف تعزيز فعالية التكيف الفسيولوجي وتحقيق استجابات أكثر وضوحًا. كما يُوصى بزيادة حجم العينة وتوزيعها بشكل متوازن من حيث الخصائص الديموغرافية، مما يُسهم في رفع القوة الإحصائية وتوسيع إمكانية تعميم النتائج.

- بالإضافة ينبغي مراقبة مدخلات السوائل والوجبات الغذائية خارج المختبر لضمان دقة تفسير مؤشرات الترطيب مثل USG وUOSM. وتُشجع الدراسات المستقبلية على إدراج مؤشرات فسيولوجية إضافية مثل تذبذب معدل ضربات القلب (HRV)، هرمون الكورتيزول، الشوارد، درجة حرارة الجسم الداخلية، وبروتينات الصدمية الحرارية (HSP70)، لما لها من دور في تقديم صورة أكثر شمولية لآليات التكيف.
- ومن المهم أيضًا توسيع نطاق العينة لتشمل فئات مختلفة مثل الرياضيين، العاملين في البيئات الخارجية، والحجاج، وكذلك مراعاة التنويع في الجنس، بما يسمح بإنتاج توصيات تطبيقية أكثر ملاءمة للسياقات العملية.
- وأخيرًا، يُنصح بدراسة التأثير التراكمي للتعرض الحراري المصحوب بالتمارين البدنية على المدى الطويل، مع مقارنة فعالية بروتوكولات متنوعة من حيث المدة والشدة والاستجابة الفسيولوجية الناتجة عنها.

بيان لجنة أخلاقيات البحث العلمي:

تم إجراء هذه الدراسة وفقاً لموافقة لجنة اخلاقيات البحث العلمي بجامعة الملك سعود (No. E-24-8608).

بيان موافقة التبصير:

تم الحصول على موافقة التبصير من قبل جميع المشاركين في هذه الدراسة.

بيان توفر المعلومات:

جميع البيانات المرتبطة بالدراسة مذكورة في نص البحث.

الشكر والتقدير:

يُعْرَبُ المؤلفون عن شكرهم وتقديرهم لجهود كل من سعادة الأستاذ الدكتور سليمان بن عمر الجلعود وسعادة الأستاذ دكتور أحمد محمد عبدالسلام محمد وسعادة الدكتور غريب الشويعر في تذليل الصعوبات وتوفير كافة الإمكانات المتاحة وكذلك كل من سعادة الدكتور عبدالله الأنصاري وسعادة الدكتور محمد مصطفى عمار على ما بذلوه من توجيه ومساعده في تجويد هذا العمل.

تضارب المصالح:

يُقِرُّ المؤلفون بعدم وجود تضارب في المصالح.

References:

1. Almazroui, M., & Hasanean, H. M. (2020). Saudi Arabia's summer surface air temperature and its association with circulation patterns. *International Journal of Climatology*, *40*(13), 5727–5743. https://doi.org/10.1002/JOC.6547
2. Armstrong, L. E. (2005). Hydration Assessment Techniques. *Nutrition Reviews*, *63*. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2005.tb00153.x
3. Barry, H., Chaseling, G. K., Moreault, S., Sauvageau, C., Behzadi, P., Gravel, H., Ravanelli, N., & Gagnon, D. (2020). Improved neural control of body temperature following heat acclimation in humans. *Journal of Physiology*, *598*(6). https://doi.org/10.1113/JP279266
4. Buchheit, M. (2016). The Numbers Will Love You Back in Return—I Promise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(4), 551–554. https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0214
5. Cheuvront, S. N., Carter, R., Castellani, J. W., & Sawka, M. N. (2005). Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *99*(5), 1972–1976. https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00329.2005
6. Convertino, V. A. (1991). Blood volume: its adaptation to endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *23*(12), 1338–1348. https://europepmc.org/article/med/1798375
7. Daanen, H. A. M., Racinais, S., & Périard, J. D. (2018). Heat Acclimation Decay and Re-Induction: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Sports Medicine* (Vol. 48, Issue 2). https://doi.org/10.1007/s40279-017-0808-x
8. Garrett, A. T., Creasy, R., Rehrer, N. J., Patterson, M. J., & Cotter, J. D. (2012). Effectiveness of short-term heat acclimation for highly

trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(5), 1827–1837. https://doi.org/10.1007/S00421-011-2153-3

9. Garrett, A. T., Goosens, N. G., Rehrer, N. G., Patterson, M. J., & Cotter, J. D. (2009). Induction and decay of short-term heat acclimation. *European Journal of Applied Physiology*, *107*(6), 659–670. https://doi.org/10.1007/S00421-009-1182-7/TABLES/3
10. González-Alonso, J., Mora-Rodríguez, R., & Coyle, E. F. (2000). Stroke volume during exercise: Interaction of environment and hydration. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, *278*(2 47-2). https://doi.org/10.1152/ajpheart.2000.278.2.h321
11. Guy, J. H., Deakin, G. B., Edwards, A. M., Miller, C. M., & Pyne, D. B. (2015). Adaptation to hot environmental conditions: an exploration of the performance basis, procedures and future directions to optimise opportunities for elite athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *45*(3), 303–311. https://doi.org/10.1007/S40279-014-0277-4
12. Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart Rate and Exercise Intensity During Sports Activities: Practical Application. In *Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise* (Vol. 5, Issue 5). https://doi.org/10.2165/00007256-198805050-00002
13. Pandolf, K. B. (1998). Time course of heat acclimation and its decay. *International Journal of Sports Medicine*, *19*(SUPPL. 2). https://doi.org/10.1055/s-2007-971985
14. Périard, J. D., & Racinais, S. (2015). Self-paced exercise in hot and cool conditions is associated with the maintenance of %VO2peak within a narrow range. *Journal of Applied Physiology*, *118*(10). https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00084.2015

15. Périard, J. D., & Racinais, S. (2019). Heat Stress in Sport and Exercise: Thermophysiology of Health and Performance. In *Heat Stress in Sport and Exercise: Thermophysiology of Health and Performance*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93515-7

16. Périard, J. D., Racinais, S., & Sawka, M. N. (2015). Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. In *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* (Vol. 25, Issue S1). https://doi.org/10.1111/sms.12408

17. Poirier, M. P., Gagnon, D., Friesen, B. J., Hardcastle, S. G., & Kenny, G. P. (2015). Whole-body heat exchange during heat acclimation and its decay. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *47*(2). https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000401

18. Pryor, J. L., Johnson, E. C., Roberts, W. O., & Pryor, R. R. (2019). Application of evidence-based recommendations for heat acclimation: Individual and team sport perspectives. In *Temperature* (Vol. 6, Issue 1). https://doi.org/10.1080/23328940.2018.1516537

19. Reis, V. A. de B., & Rossi, C. O. E. de A. L. (2009). Perfil antropométrico e taxa de sudorese no futebol juvenil Anthropometric profile and sweat rate in young soccer players. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.*, *11*(2).

20. Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). Exercise and fluid replacement. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 39, Issue 2). https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597

21. Sawka, M. N., Castellani, J. W., Cheuvront, S. N., & Young, A. J. (2011). Physiologic systems and their responses to conditions of heat and cold. In *ACSM's Advanced Exercise Physiology: Second Edition*.

22. Sawka, M. N., & Coyle, E. F. (1999). Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *27*. https://doi.org/10.1249/00003677-199900270-00008

23. Sawka, M. N., Leon, L. R., Montain, S. J., & Sonna, L. A. (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Comprehensive Physiology*, *1*(4). https://doi.org/10.1002/cphy.c100082

24. Sunderland, C., Morris, J. G., & Nevill, M. E. (2008). A heat acclimation protocol for team sports. *British Journal of Sports Medicine*, *42*(5). https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.034207

25. Taylor, N. A. S. (2014). Human Heat Adaptation. *Comprehensive Physiology*, *4*(1), 325–365. https://doi.org/10.1002/CPHY.C130022

26. Wendt, D., Van Loon, L. J. C., & Van Marken Lichtenbelt, W. D. (2007). Thermoregulation during exercise in the heat: Strategies for maintaining health and performance. In *Sports Medicine* (Vol. 37, Issue 8). https://doi.org/10.2165/00007256-200737080-00002