Synergistic role of aldosterone-thyroxine in stabilization temperature equilibrium through sweat glands of camels in summer

الدور المتعاضد للألدوستيرون-الثايروكسين في استتباب التوازن الحراري من خلال الغدد العرقية للإبل في فصل الصيف

د. عبدالصمد عليوي حسن
جامعة الفرات الاوسط التقنية/ الكلية التقنية الصحية والطبية

الخلاصة:

اوضحت نتائج الدراسة الراهنة ان الدور المشترك لهرموني الألدوستيرون والتايروكسين التي تتغاير ارتفاعا وانخفاضا على التوالي بقدر دون مستوى المعنوية (P>0.05) قد أسهم في تقليل نسبة التعرق في الجمل وحيد السنام خلال اشهر الصيف الحارة المتطرفة الحرارة في جنوب غرب العراق. كما تزامن هذا الفعل الفسلجي بزيادة في نسبة الصوديوم والكلورايد ونقص في حجمي ماء الدم وبلازما الدم التي تم قياسها ضمن نفس الفترة الزمنية.

Abstract:

The results of the current research showed that common role of both aldosterone and thyroxine which alters by elevating and declining respectively as much as below the significant levels (P>0.05) will assist in decreasing levels of discharged sweat in camel during extremely hot months of summer. This physiological action was synchronized by an increase in both sodium and chloride ratios opposite by a shortfall in blood's water and plasma volumes those estimated within the same duration.

المقدمة:

يعدّ الإتّزان الحراري thermal equilibrium حالة فسيولوجية يتبعها الجسم في ظروف بيئية داخلية أو خارجية طارئة بهدف الحفاظ على ديمومة الفعاليات الأيضية والحيوية الإعتيادية داخل ذلك الجسم وبما يضمن إستمرار الحياة والبقاء. وبالمنطق الرياضي فأن التوازن الحراري هو تساوي الناتج الصافي من ضياع وتحصّل الحرارة لجسم الحيوان وتحت مختلف الظروف. ولكون الحرارة تعدّ حالةً فيزياوية، لذا فهي قابلة للتغير لأنها خاضعة لقوانين المادة، وهي بذا تؤثر وتتأثر بما حولها وتسري بين الأجسام وفقاً لإختلاف درجات حرارتها. ولتحقّق ثبات هذا العامل وتوازنه سلكت الأجسام عدّة مسارات لأستيفاء هذا الغرض مثل مسلك التوصيل conduction والحمل convection والإشعاع radiation والتبخير evaporation؛ أما على المستوى الفسلجي فتنفّذ هذه العمليات الفيزيائيّة بيولوجيّاً غالباً عن طريق الجلد (الغدد العرقية خصوصاً) والجهازين التنفسي (الحويصلات الهوائية بشكل أدق) والبولي (الكليونات بصفة رئيسيّة) وبدرجة أقل بمساعدة الجهاز الهضمي [1،2،3].

تتّصف الغدد العرقية sweat gland بصغر حجمها وشكلها البسيط الأنبوبي الملتوي وقيامها بإفراز مادة العرق السائلة، كما أنها تقبع ضمن نسيج أدمة الجلد فوق معظم أجزاء الجسم [4]. وصنّفت الغدد العرقية كغدد خارجية الإفراز قسّمت تركيبيّاً الى نوعين إثنين هما الفارزة eccrine والمفترزة apocrine، تتكون بشكل إجمالي من وحدة إفرازية ذات قاعدة كبيبية الهيئة وقناة موصلة للعرق تقع ضمن ادمة وتحت أدمة الجلد حيث تحاطان بأنسجة دهنية وخلايا عضلية طلائية متقلصة يسيطر عليها بواسطة عصبات ذاتية الفعل وبعض الهرمونات إضافة الى تشابك الأوعية الشعيرية الدموية معها [5]. ومن الناحية الوظيفية تنشط فعالية الغدد العرقية لحفظ التوازن الحراري والمائي تحت تأثير عوامل حرارية خارجية أو هضمية أو عاطفية حيث يستند مبدأ طرح العرق الى الخارج على عملية الافراز الخلوي الخارجي exocytosis[6،7].

تؤدّي الهرمونات بالتزامن مع الإيعازات impulses العصبية الواردة من الجهاز العصبي المحيطي دوراً رئيسيّاً في السيطرة على معظم وظائف الجسم وخصوصاً فسلجة إفراز العرق sweat excretion، حيث يتواكب عمل عدّة غدد سويّة في تنظيم هذه العمليّة [8]؛ ولعل أبرز تلك الغدد ذات المساهمة المباشرة في فسيولوجيا التعرق هي الغدّة النخاميّة والدرقيّة والكظريّة، حيث يعمل هذا الثالوث الغدّي دوراً واضحاً في طرح العرق يتلوه دور ثانوي لباقي غدد الجسم [9]. ومن أهم الهرمونات ذات العلاقة بتنظيم التعرّق هي الألدوستيرون aldosterone والثايروكسين thyroxine، إذ يعتبر الأول من الهرمونات القشرية المعدنيّة ذات التركيب الكيمياوي الستيرويدي وتفرز من قشرة الغدّة الكظريّة حيث تسهم في حفظ الصوديوم داخل بلازما الدم بما يسهم في توازن الملح-ماء داخل جسم الحيوان [10]؛ أمّا الثاني فهو هرمون حمضي أميني (مبني من التايروسين tyrosine) تفرزه الغدّة الدرقيّة ويلعب دوراً رئيسيّاً في تنظيم الأيض العام للجسم مما يساعد في إستتباب توازن البناء والهدم [11،12].

تعتبر الإبل camel من الحيوانات العجيبة التي خلقت كونها تميّزت بالكثير من الصفات التركيبية والتشريحية والسلوكيّة التي جعلت منها محط أنظار الباحثين والعلماء لإجراء بحوثهم وإختباراتهم؛ حيث صنّفت هذه الحيوانات من الظلفيات الشفعيّة والتي تشكّل أحاديات السنام one humped الغالبية العظمى بين أصنافها الستة، وتنتشر هذه الجمال في العديد من بقاع الأرض ومنها الجزيرة العربية arab lands. ويعدّ عيش هذه الحيوانات في الصحارى الحارّة أمراً مذهلاً يتطلب منها إعداد المزيد من الميزات الفسلجيّة التي تمكّنها من مقاومة الحرارة العالية والتكيّف للبقاء هناك [13]. وإحدى أهم الميزات التشريحيّة بهذا الخصوص هو وجود الغدد العرقية ذات الدور الثانوي والمبهم في تنظيم التوازن الحراري لأجسامها بما يجعلها قادرة على تحمّل الظرف البيئي القاسي. وتتوزّع هذه الغدد في كافة مناطق أجسام الإبل ذات السنام الواحد وبالأخص في البطن belly والفخذين والرأس head وباطن الأقدام soles، كما أنّها تبدو بتراكيب معقّدة وطويلة وأخرى بسيطة وقصيرة حسب المنطقة التي تتواجد بها هذه الغدد [15،14].

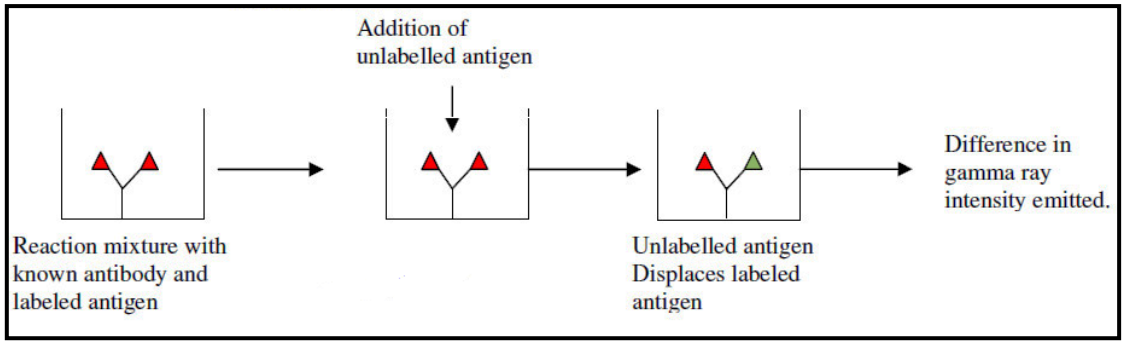
إنّ الهدف الأساسي من بحثنا الراهن يكمن في معرفة الدور الفسلجي والفيزياوي الذي تلعبه الغدد العرقيّة الموجودة في جلود الجمال وحيدة السنام بالأقتران مع تركيبها النسيجي والكيمياوي في حفظ التوازن الحراري بالأرتباط مع الدور التفاعلي للهرمونات وبإسلوب تقني ورياضي واحصائي معتمد يمكننا من فهم آليّة التوازن هذه بشكل متخصص ضمن هذه الغدد في فصل الصيف الحار.

المواد وطرائق العمل:

1- أستخدمت تقنية تحليل التكرارات المزدوجة القصيرة للحمض النووي منقوص الرايبوز Short Tandem Repeat (STR) في تحديد نوع الإبل المستخدمة كنماذج في التجربة الراهنة. وتستند مبدأ عمل هذه التقنية على إرفاق الدلائل على مناطق معينة من الحمض النووي منقوص الرايبوز بحيث يتم توضيف تفاعل السلسلة المبلمرة على الكشف عن اطوال المكررات القصيرة المتراصة. فقد أخذت عينة من دماء الإبل وحفظت في قنينة مزودة بالثلج بعدها ارسلت الى المختبر لغرض التحليل وتسجيل النتيجة.

2- عزلت عشرون نموذجاً من الإبل، حيث وضعت الحيوانات في حضائر مؤقّتة وتحت نظام غذائي وطبّي معيّن، ومن ثمّ قسّمت بالتساوي الى 10 ذكور و10 أناث، كما تمت مقارنتها بنفس الاعداد من نفس النوع عدّت كمجموعة سيطرة ضمن نفس الموقع الجغرافي. وقد أجريت الدراسة في مجزرة حيوانات النجف الأشرف والمستشفى البيطري في النجف الأشرف ومختبرات التحاليل المرضية الخاصة هناك.

3- سحب الدم بواسطة محقنة معقمة من الوريد الفخذي حيث حفظ داخل نبيبات مخثرة الدم (شركة انديغو-واترلو) لأجل إستحصال المصل باستعمال جهاز الطرد المركزي (شركة Lab line stock center- الهند) ومن ثم حفظت الأمصال في حاويات مثلجة (شركة بورمويلي-ايطاليا) قبيل الإستعلام عن نسب هرموني الألدوستيرون والثايروكسين بواسطة طريقتي التقصّي المتري المناعي الشعاعي والتقصّي المناعي الشعاعي وذلك باستخدام جهاز Gamma (شركة HIDEX- فنلندا)، حيث تمت عمليات الاختبار في مختبر المستشفى البيطري في مدينة النجف الأشرف. ويوضح المخطط رقم (1) أدناه االمبدأ العلمي لطريقة العمل ووفقاً لما ذكره Burrello وزملاؤه (2016) [16].



مخطط (1): المبدأ العلمي لطريقة عمل جهاز التقصّي المناعي الشعاعي

كما تمّ الإستقصاء عن الآيونات الصوديوم والكلورايد بطريقة محلّل هيتاشي 917 متعدد القنوات من إنتاج شركة Roche الأميركية، ووفقاً لما أشار اليه Kaneko وزملاؤه 2008 [17].

وبخصوص معايير الدم فقد تم قياس حجم البلازما باستخدام تقنية ايفان الازرق-1824 وفقاً لما ذكره saunder وزملاؤه عام 2015 [18]. أما معايير الدم الأخرى فقد تمّ قياسها باستعمال جهاز تحليل الدم البيطري hemoanalyzer (شركة IDEXX- الولايات المتحدة الأمريكية).

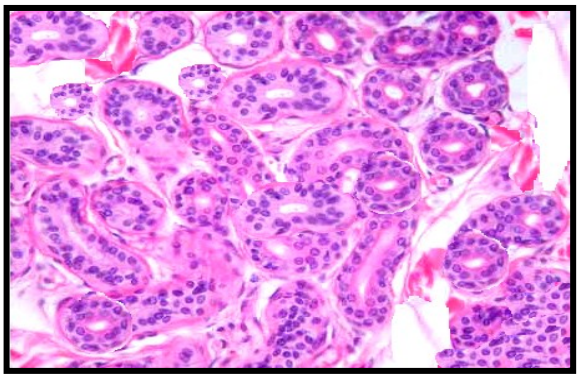
4- أقتطعت مقاطع من جلود الأبل قيد التجربة الحاليّة بإسلوب خزعة الشقّ والقطع وذلك بعد إجراء تخدير موضعي وتنظيف موقع العملية ووفقاً لتوصيات الطرق التمريضية في جمع العينات [19]. بعد ذلك تم الحصول على شرائح نسجية لتلك العينات حسب الطريقة التي ذكرها Rehfeld وزملاؤه (2017) [20].
5- القياسات المتعلّقة بدرجة الحرارة بواسطة محارير رقميّة حساسة. فبالنسبة الى البيئة الخارجية تمّ قياس درجة الحرارة باستعمال حساس هاريوس (شركة هاريوس Heraeus GmbH، المانيا)؛ بينما حدّدت درجة حرارة الجسم عن طريق الشرج ولفترات الصباح الباكر والظهيرة والمساء باستعمال المحرار البيطري الزئبقي (شركة جورجينسن Jorgensen، أميركا).
6- حلّلت البيانات إحصائياً باستخدام التحليلين الإحصائيين توزيع الطالب الاحتمالي-ت (T) وبرنامج الحزمة الإحصائية SPSS [21].

النتائج:

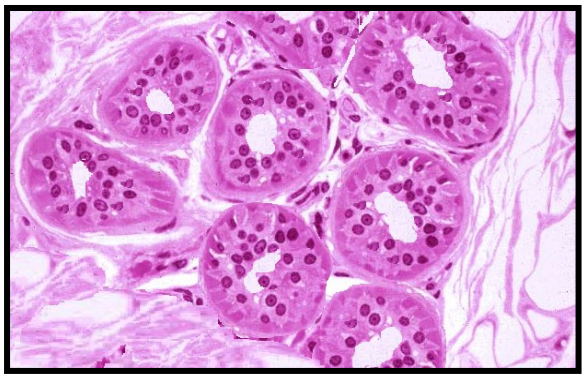
1- أظهرت الفحوصات النسيجية المجهرية للغدد العرقية الثلاثة في الجمال رهن الدراسة الحالية إنها تتصف بما يلي:

A. إقترانها ببصيلة الشعرة وتفتح قناتها في الجزء العلوي من البصيلة بفتحة ذات نمط مخصص.
B. كانت غالبيتها من النوع النبيبي البسيط خارجي الإفراز لاحظ الصورتين 1 و 2.
C. تتكون من جزئين فارز وقناة طارحة. حيث بدا الجزء الفارز ملتوياً وانبوبي النوع مع جوف مدلّى ويقع في الأدمة بواقع طيّة واحدة بعيدا عن الحلمة الشعرية، ويبطن هذا الجزء بخلايا مزدوجة عمودية ومكعبة تتصف بأن قممها ذات مظهر مخملي او زغبي، أضف الى أن الهيولي على حبيبات قاعدية الألفة والانوية تكون دائرية ومركزية الموقع. وتظهر القناة الفارزة ضيقة وموازية لبصيلات الشعر وتفتح بجزء فارز ومخصص مقترن بالشعرة على سطح البشرة. أما الجزء الطارح فيبطن بثلاثة طبقات من خلايا مكعبة واخرى مطبقة باتجاه فتحتها مع الحويصلات الشعرية التي تكوّن فوهة nozzle، ويبدو الهيولي شاحبا والنواة كبيرة ومركزية.

لقد لاحظنا ان جزء الإفراز يتخذ عدة اشكال ويكون محاطا بخلايا قمعية مطبقة وتكون هذه المنطقة محاطة ب 6-8 طبقات من المواد المتقرنة والرابطة المتوعية بالشعيرات الدموية.



الصورة-1: تمثل الغدد العرقية تبدو طبيعية في فصل الصيف والقنيات التي ضمنها تكون طبيعية الأقطار مع تضيّق طفيف كما يمكن ملاحظة الخلايا الطلائية العضلية المحيطة بها. قوة التكبير x40 والصبغة هي الهيماتوكسلين-ايوسين.



الصورة-2: تمثل الغدد العرقية تبدو عادية في فصل الصيف والقنيات الإفرازية التي تتكون منها اضافة الى الخلايا المحيطية بها كما تلاحظ الشعيرات الدموية. قوة التكبير x80 والصبغة هي الهيماتوكسلين-ايوسين.

2- بيّنت نتائج الفحوصات المختبرية عدم وجود تذبذب معتبر على المستوى الوظيفي في قيم أغلب المعايير الدموية والهرمونية والآيونية التي تمّ قياسها في البحث الحالي بالرغم من الإنخفاض الطفيف لقيم هرمون الثايروكسين والترايودوتريونين بالاضافة الى الارتفاع اللامحسوس في نسبة الالدوستيرون والصوديوم. والجدول رقم-1 يبين نتائج قياسات اهم المعايير الدموية في البحث الراهن.

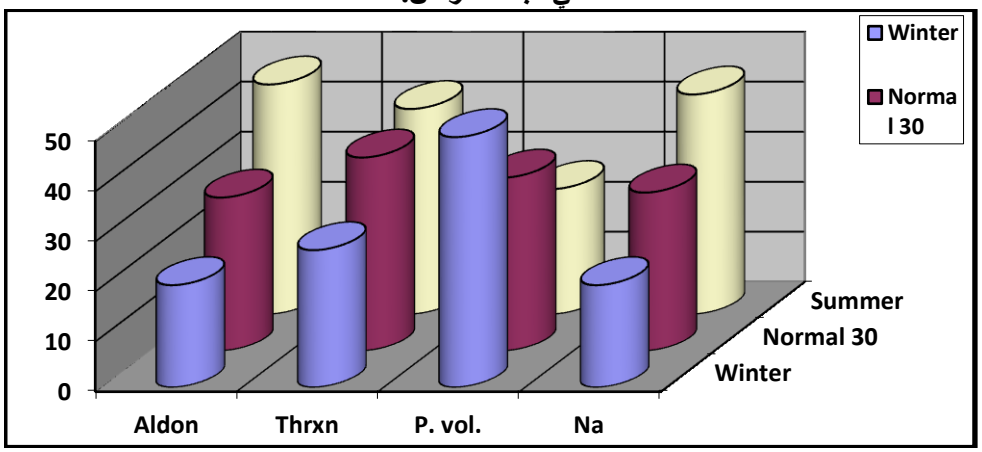
الجدول-1: أهم المعايير التي قيست في الصيف وتم تضمينها في الدراسة الحالية كل حسب الوحدة القياسية الخاصة به.

المعيار المقاس	القيم القياسية	القيم الطبيعية	القيم المختبرة	الوحدة القياسية
الثايروكسين	96	116 - 76	70	ng/ml
الترايودوتريونين	1	1.32 – 0.73	0.66	ng/ml
الالدوستيرون	28.5	30 - 27	31.8	pg/ml
الصوديوم	154 ± 1.3	155 ± 2.2	171 ± 1.1	mEq/L
الكلورايد	128.8 ± 2	130 ± 1.9	131.2 ± 2.1	mEq/L
حجم البلازما	33 ± 1.9	33.8 ± 3.3	30.3 ± 5.2	ml/kg
حجم الماء في الدم	94	93.6	91.8	%
حجم الخلايا المضغوطة	22.5 ± 3.3	24 ± 1.1	26 ± 2	%
تثفل الدم	196 ± 3.7	190.9 ± 1.1	129 ± 0.91	Mm/hr

3- بيّنت نتائج التحليلات الإحصائية عدم وجود فروقات معنوية على المستوى الاحصائي في قيم أهم أربعة معايير هرمونية ودموية وآيونية ذات الصلة بوظيفة الغدد العرقية في فصل الصيف التي تمّ قياسها في هذا البحث بالرغم من الإنخفاض غير المحسوس لقيم هرمون الثايروكسين وكذا الارتفاع الطفيف بقيمة الالدوستيرون ونسبة الصوديوم. والمخطط رقم-1 يبين نتائج قياسات المعايير الدموية في البحث الحالي موضحةً بالمدرج التكراري الاسطواني ثلاثي الابعاد.

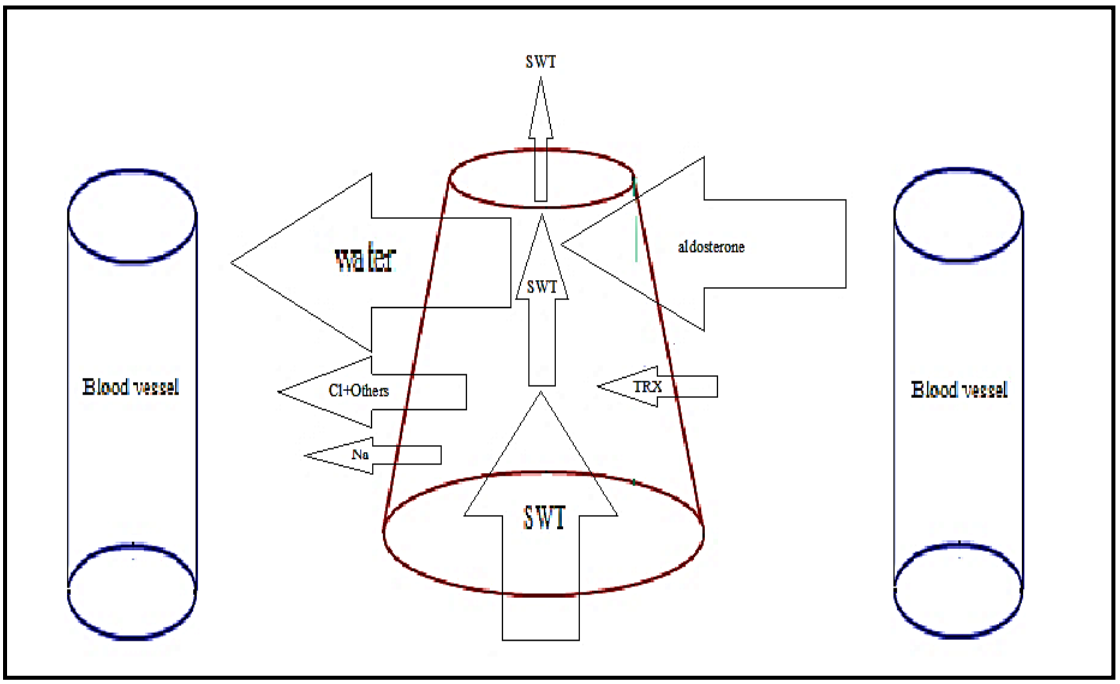
من خلال التحاليل الاحصائية لمعايير الاربعة قيد الدراسة الراهنة وجد ان مستوى المعنوية الاحتمالي كان اعلى من درجة ($P>0.05$) وهذا دليل مرتبط بفقدان الفروقات المعنوية على المستوى الاحصائي لمجمل التغيرات الحاصلة في مناسيب هذه المعايير ارتفاعاً او انخفاضاً.

المخطط-1: المدرج التكراري متعدد الابعاد للمعايير الاربعة ذات العلاقة بوظيفة الغدد العرقية وفق التحليل الاحصائي المستخدم في البحث الراهن.



4- المخطط التوضيحي رقم-2 صممه فريق البحث لتوضيح الاسلوب الفسلجي للالدوستيرون والثايروكسين في تقليل نسبة التعرق من خلال سحب الصوديوم والكلورايد وبالتتابع الماء من فضاء القنيات الافرازية العرقية الى الاوعية الدموية المحيطة.

المخطط-1: الدور الفسلجي للالدوستيرون والتايروكسين في تقليل نسبة التعرق في الجمال خلال فصل الصيف.



* SWT تعني الغدة العرقية
* TRX تعني الثايروكسين
* Cl تعني الكلورايد
* Na تعني الصوديوم

المناقشة:

يساعد موقع الغدد العرقية في الطبقة الأعمق من الأدمة إضافة الى تركيبتها المفرطة في الألتواء في فهم دور هذه التراكيب في التوازن الحراري للجمل. وبما إن فقدان 1 غم من الماء يقلل من درجة الحرارة بقيمة 0.6 كيلوسعرة، وهذا يعتمد على عامل رطوبة البيئة المحيطة بالحيوان. واستناداً الى فرضية الميكانيكا العلمية، فالأجزاء الطرفية لهذه الغدد صممت بشكل يتم عدم إستنفاذ المزيد من الماء الى خارجها من خلال إحاطتها بالمزيد من الأوعية الدموية التي تضبط على درجة الحرارة المحيطية للغدة العرقية [23،22]. بالاضافة الى ذلك، فأن طبقات الجلد المتقرنة العديدة المكوّنة لجوف الغدّة والتي تتضاعف أعدادها كلّما إتجهت نحو القمّة الخارجية ستوفّر جوا رطباً يسمح بسريان المزيد من الإفرازات من هذه المنطقة، ولذلك جرى تحوير إضافي تضمّن ضيق قطر هذا الإنبوب كلما تصاعد نحو الأعلى، ووجود طبقة متقرّنة من الجلد ستمنع فقدان الماء من جهة ومن جة اخرى ستمنع التأثيرات الخارقة والمجهدة للبيئة الخارجية [25،24].

يستخدم الجمل الثايروكسين للتحكم بدرجة حرارة جسمه عند تعرضه الى درجات حرارة عالية تفرضها عليه البيئة الخارجية[0]. غير أن اسلوبه الفسلجي في الية عمل الثايروكسين مغير تماما لما هو معتاد في الجسم الحيواني الإعتيادي في مثل تلك الظروف القاسية، حيث يؤثر هذا الهرمون على الاوعية الدموية من اجل تحديد درجة حرارة الجسم بما يحافظ على استمرار الفعاليات الحيوية، ويتم ذلك من خلال إدارة هذا الهرمون لمدى توسع وتدلي الوعاء الدموي بما يساعد في التأثير على كمية الحرارة المتسرّبة من الجسم [26]. وما يحصل هنا يجب ان يواكب درجة حرارة المحيط الخارجي، وهذا يتطلب عدم تنشيط جزيئات TGB الموجودة في الدم بسبب الحرارة المرتفعة وبالتالي يؤدي الى عدم تحفيز الغدة النخامية لإنتاج محرضات الدرقية اللازمة لحث الدرقية على انتاج الثايروكسين، مما يخفض نسبة الإنتاج مسبباً حالة قصور الغدة الدرقية hypothyroidism بشكل مؤقت هدفه كبح عمليات الأيض لفترة النهار على الأقل، أي بمعنى عدم الشروع بعملية التغذية الراجعة الآ بنحو ضئيل لتلبية متطلبات الأيض الحيوي، وبذلك سيتم تسكين تحريض وافراز الهرمونات الدرقية بما يمنع زيادة درجة حرارة الجسم ويجنب الجمل حالة هي فرط الحرارة hyperthermia التي قد تؤدي الى اخلال نسجية ووظيفية سببها تجلط وتحلل البروتينات المتأثرة بالحرارة من جهة، ومن جهة ثانية سيقلل الجهد الوظيفي وفقدان العرق والسوائل من ناحية تجميد الايض الحيوي لوهلة النهار بما يحافظ على مقدراته المكتسبة واللازمة للعيش في هذا الفصل الصعب [28،27].

لقد فسّر الباحث سفياتسلاف وزملاؤه[29] أنّ هذه العملية (التوازن الحراري) يتسبب بها عدم تحفيز المستقبلات العصبية الخاصة (الحرارية) بسبب الحرارة العالية التي تؤدي الى عدم اكتمال مقومات القدرة اللازمة لعبور حدّ العتبة threshold الضروري لتحفيز الية إنتاج الهرمون الدرقي، إذ ان السبب الجوهري بذلك هو القدرة الكهروكيميائية الضعيفة والتي تبقي بوابات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور والكالسيوم مغلقة، وبالتالي سوف لايحدث ايعاز عصبي متكامل وخاصة اذا علمنا ان المستقبلات الحرارية تكون عارية من الغمد المايليني وهذا مفيد في إبطاء حركة السيلة العصبية الناقلة، ناهيك عن ان قنوات TRPm-8 لاتصل الى مرحلة زوال الاستقطاب الضرورية لفتح معابر الكالسيوم والصوديوم وإتمام عملية تحسس متكاملة[31,30].

ان الاستقرار غير الثابت لمعدلات هرمون الالدوستيرون تعطي اسلوباً فسلجيّاً يتبعه هذا الهرمون في زيادة حمل ايونات الصوديوم داخل الدم كنتيجة لتأثر الأوعية الدموية بالفعل المضيّق لهذا الهرمون الذي يغلق الفتحات والبوابات المسرّبة للصوديوم مما يزيد من ضغط الدم كنتيجة لزيادة حجم الدم (كسائل) ومقدار الصوديوم، وذلك يساعد في تقليل كمية نضوح وافراز العرق المتوقعة الى خارج الغدد العرقية ويجدد المحافظة على التوازن الحراري-المائي داخل جسم الجمل [32]. لقد ذكر الباحث علي وزملاؤه[33] ان الألدوستيرون يؤدي دوره الفسلجي في مثل هذه الظروف القاهرة ضمن فريق هرموني ثلاثي يضمّ إضافة اليه الرنين والأنجيوتنسن ويطلق عليه RAAS، حيث يسهم هذا النظام بالشراكة عند الظروف الجويّة الحارة في انتاج مادة الرنين من الخلايا جار الكبيبية الى مجرى الدم ليجد مادة موتّر الاوعية I ويتفاعل معها لينتج موتر الاوعية البيتيدي II التي تسهم في عمليتي انقباض الاوعية من جهة وتحفيز انتاج الالدوستيرون من جهة ثانية، وبهذه الحالة سيتم ارتفاع الضغط نتيجة تأثير الالدوستيرون على بوابات الصوديوم-بوتاسيوم مؤديا الى سحب الصوديوم مصحوبا بالكلورايد والماءنحو الاوعية الدموية وبالتبادل مع ايون البوتاسيوم في عملية الغرض منها الابقاء على التوازن المائي والحراري والايوني في الجسم. وكذا بالنسبة للغدة الدرقية، فأن الالدوستيرون سيعمل على سحب الصوديوم مع الماء نحو السوائل الخلوية الخارجية مخلّفاً انبوباً عرقيا فارغا من السوائل وبالتالي يحفظ نسبة الماء في جسم الابل [34].

إن الية توليد الحرارة داخل خلايا الجسم تنضوي تحت فعالية التنفس الخلوي respiration او المسار الهدّام catabolic pathway، وما يحصل بالواقع ان تحفيز الانسجة بالناقل العصبي نورايبنفرين الذي تطلقه الاعصاب السمبثاوية والذي يرتبط بمستقبلاته المتخصصة على سطح الغشاء البلازمي ليدخل في عملية التعليم داخل الخلوي، سوف يقوّض جزيئات الكليسيرايد الثلاثي وبالتالي ستتولد منها احماض دهنية حرة ستتفاعل مع البروتين 1 اللاارتباطي محدثة تغييرا في تشكيلته التركيبية تسمح لجزيئات الطاقة ATP بتثبيط ذلك البروتين مما يسمح بحصول عملية التنفس في المايتوكوندريا المنفصلة عن عملية تمثيل ATP، وبالتالي تتولد طاقة ناتجة من حرق الغذاء على هيئة حرارة [36,35]. ولكن في الجمل يتم تقليل هذا الانتاج الحراري من خلال تخفيض او تنظيم افراز النورايبينفرين من خلال مادة الادينوسين الخلوية التي تعدّ وسيط عصبي مهم في تقليل افراز النورايبنفرين مما يزيد حالة الخمول والراحة فيجسم الحيوان وبالتالي يقلل صرف الطاقة ويثبط انتاج الحرارة المفرطة في الجسم اثناء موسم الحر [38,37].

إن الإستنتاج المتحصل عليه من الدراسة الحالية هو أن الدور المشترك للالدوستيرون بالدرجة الاولى والتايروكسين ثانياً ساهم في تقليل افراز العرق في الجمال خلال الصيف من خلال سحب اكبر كمية من الماء بالترافق مع ايونات الصوديوم والكلورايد وهذا ان دلّ على شيء فأنه يدلّ على التوازن الفسيولوجي عالي المستوى في الجمال والذي يعكس عدم حصول تذبذبات متطرفة تؤدي الى حالات مرضية وانهيارات في نظام الايض البيولوجي في الجمال خلال الظروف السيئة.

References:

1- Kanosue, K.; Crawshaw, L. I.; Nagashima, K.; Yoda, T. (2009). "Concepts to utilize in describing thermoregulation and neurophysiological evidence for how the system works". European Journal of Applied Physiology. 109 (1): 5–11.

2- Guyton, A.C., & Hall, J.E. (2006). Textbook of Medical Physiology (11th ed.). Philadelphia: Elsevier Saunders. p. 890.

3- Glenn E. Walsberg. (2000). Small Mammals in Hot Deserts: Some Generalizations Revisited. BioScience, Volume 50, Issue 2, Pages 109–120.

4- Lu, C. and Fuchs, E. (2014). Sweat Gland Progenitors in Development, Homeostasis, and Wound Repair. Cold Spring Harb Perspect Med. 4(2): a015222.

5- Wilke, K., Martin, A., Terstegen, L., Biel, S.S. (2007). A short history of sweat gland biology. Int J Cosmet Sci. 29: 169–179.

6- Brancaccio, G. (2016). Anatomy and Physiology of Sweat Glands. Hyperhidrosis Clinician's Guide to Diagnosis and Treatment. Giuseppe Sito. Springer International Publishing Switzerland 2016. P:1-5. ISBN: 978-3-319-26921-4.

7- Kameia, T.; Tsudab, T.; Kitagawab, Sh.; Naitoha, K.; Nakashimaa, K.; Ohhashi, T. (1998). "Physical stimuli and emotional stress-induced sweat secretions in the human palm and forehead". Analytica Chimica Acta. 365 (1–3): 319–326.
8- Chwajol M, Barrenechea IJ, Chakraborty S, Lesser JB, Connery CP, Perin NI. (2009). Impact of compensatory hyperhidrosis on patient satisfaction after endoscopic thoracic sympathectomy. Neurosurgery. 64(3):511-8; discussion 518.
9- Rodrigues Masruha M, Lin J, Arita JH, DE Castro Neto EF, Scerni DA, Cavalheiro EA. (2010). Spontaneous periodic hypothermia and hyperhidrosis: a possibly novel cerebral neurotransmitter disorder. Dev Med Child Neurol. 53(4):378-80.
10- Walling HW. (2011). Clinical differentiation of primary from secondary hyperhidrosis. J Am Acad Dermatol. 64(4):690-5.
11- Vary JC Jr. (2015). "Selected Disorders of Skin Appendages-Acne, Alopecia, Hyperhidrosis". The Medical Clinics of North America. 99 (6): 1195–1211.
12- Hassan, A-S. U. (2005). Water equilibrium in camel: an histophysiological study. Athesis submitted in science college. Babylon university.
13- Gbolagunte GD (2016). Reclassification of the sweat glands of the one-humped camel (Camelus dromedarius) as apoeccrine based on mode of secretion and extrusion. 4(5): 151-170.
14- Kamel G, Schwarz R, Ali AMA. (1986). Studies on the hair follicles and apocrine tubular glands in the skin of the onehumped camel. Assiut. Vet. Med. J. 17(34): 55-65.
15- Pfeiffer CJ, A.H.K.Osman, Pfeiffer DC (2006). Ultrastructural analysis of the integument of a desert-adapted mammal, the one-humped camel (Camelus dromedarius). Anat. Histol. Embryol. 35:97- 103.
16- Burrello, Jacopo; Monticone, Silvia; Buffolo, Fabrizio; Lucchiari, Manuela; Tetti, Martina; Rabbia, Franco; Mengozzi, Giulio; Williams, Tracy A.; Veglio, Franco; Mulatero, Paolo. (2016). Diagnostic accuracy of aldosterone and renin measurement by chemiluminescent immunoassay and radioimmunoassay in primary aldosteronism. Journal of Hypertension. Volume 34 - Issue 5 - p 920–927.
17- Kaneko, J., Harvey, J. and Bruss, M. (2008). Clinical Biochemistry of Domestic Animals. (6th Edition). Academic Press, USA. ISBN: 9780123704917.
18- Saunders, N.R., Dziegielewska, K.M., Møllgård, K., and Habgood, M.D. (2015). Markers for blood-brain barrier integrity: how appropriate is Evans blue in the twenty-first century and what are the alternatives?. Front Neurosci. 9: 385.
19- "Specimen Collection and Testing. (2015). " Nursing Procedures. (5th ed). Springhouse, PA: Springhouse Corporation. 187-222.
20- rehfeld, A., nylander, M. and karnov, k. (2017). Compendium of histology: Histological metods. Springer International Publishing Switzerland. pp 11-24. ISBN: 978-3-319-41871-1.
21- Box, G. E.; Hunter, W. G.; Hunter, J. S. (2005). Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery (2nd ed.). Wiley. ISBN 0-471-71813-0.
22- Fath El-bab, M.R., Abou-Elhamd, A.S., Abd-Elkareem, M. (2017). How the Structure of the Sweat Glands of Camel Symphonizes their Reliable Function. Journal of Animal Health and Production. 5(1): 19-23.
23- Gbolagunte GD. (2016). Reclassification of the sweat glands of the one-humped camel (Camelus dromedarius) as apoeccrine based on mode of secretion and extrusion. 4(5):151-170.
24- Shibasaki, M., and C.G. Crandall. (2010). Mechanisms and controllers of eccrine sweating in humans. Front Biosci (Schol Ed). 2: 685–696.
25- I.F.M. Marai, A.E.B. Zeidan , A.M. Abdel-Samee , A. Abizaid and A. Fadiel. (2009). Camel's reproductive and physiological performance traits as affected by environmental conditions. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10: 129 – 149.

26- Yagil R, Etzion Z, Ganani J. (1978). Camel thyroid metabolism: effect of season and dehydration. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol. 45(4):540-4.
27- Agarwal, S.P., N.D. Khanna, V.K. Agarwal, and P.K. Dwaraknath. (1989). Circulating concentrations of thyroid hormones in pregnant camels *C.* dromedaries. Theriogenology; Volume 31, Issue 6, Pages 1239–1247.
28- Islah, L., Rita, B., Mohamed,F., Najia, E., El hassane, T., fouad, R., Abderrahmane, B., Abderrahman, H., Mohammed, E. and Mohammed, E. (2016). Blood oxidant stress in relation to seasonal activity of thyroid and adrenal glands in Camelus dromedaries. IJRES 3 (2016) 101-108.
29- Sviatoslav N. Bagriantsev,Elena O. Gracheva. (2015). Molecular mechanisms of temperature adaptation. The journal of physiology. 593, 16; 3483–3491.
30- Mishra SK, Tisel SM, Orestes P, Bhangoo SK & Hoon MA .(2011). TRPV1-lineage neurons are required for thermal sensation. EMBOJ; 30, 582–593.
31- Gavva, NR, Davis, C, Lehto, SG, Rao, S, Wang, W & Zhu, DX (2012). Transient receptor potential melastatin 8 (TRPM8) channels are involved in body temperature regulation. *Mol Pain* 8, 36.
32- Ben Goumi M, Riad F, Giry J, de la Farge F, Safwate A, Davicco MJ, Barlet JP. (1993). Hormonal control of water and sodium in plasma and urine of camels during dehydration and rehydration. Gen Comp Endocrinol. 89(3):378-86.
33- Ali, M.A., A. Adem, I.S. Chandranath, Sh. Benedict, J.Y. Pathan, N. Nagelkerke, F. Nyberg, L.K. Lewis, T.G. Yandle, G.M. Nicholls, Ch.M. Frampton, and E. Kazzam. (2012). Responses to Dehydration in the One-Humped Camel and Effects of Blocking the Renin-Angiotensin System. PLoS One. 7(5):e37299.
34- Kirby CR, Convertino VA. (1986). Plasma aldosterone and sweat sodium concentrations after exercise and heat acclimation. J Appl Physiol. 61(3):967-70.
35- Barbara Cannon, Jan Nedergaard. (2011). Nonshivering thermogenesis and its adequate measurement in metabolic studies. Journal of Experimental Biology. 214: 242-253.
36- Nedergaard J, Ricquier D, Kozak LP. (2005). "Uncoupling proteins: current status and therapeutic prospects". EMBO Rep. 6 (10): 917–21.
37- Nicholls, D., and R. Locke. (1983). Cellular Mechanisms of Heat Dissipation. Mammalian Thermogenesis. pp 8-49. Springer, Dordrecht. 978-94-011-6034-6.
38- K. Starke. (2006). Regulation of noradrenaline release by presynaptic receptor systems. Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology pp 1-124. Springer, Berlin, Heidelberg. 978-3-540-07963-7.