Archive of SID

ساز و کارهای اختصاصی شتر برای تنظیم دمای بدن در شرایط کمبود آب

فریبا فریور[۱]- فرزانه فریور[۲]

۱ - استادیار گروه علوم دامی دانشگاه گنبد کاووس و ۲ - دانش آموخته دکترای بیوفیزیک، مرکز پژوهش های بیوفیزیک دانشگاه تهران

fariba_farivar@yahoo.com

چکیده

شتر بخاطر توانایی تحمل کمبود آب و دمای بالا به مدت طولانی و ادامه حیات در شرایط سخت بیابان شهرتی افسانه ای دارد. وجود شتر از ۵۰۰۰ سال پیش در صحاری شبه جزیره عربستان به اثبات رسیده است. شتر به دلیل توانایی خود در زنده ماندن تحت شرایط آب و هوای خشن کویر، امکان زندگی در مکان هایی که برای بسیاری از گونه های دیگر قابل زندگی نیست را فراهم نموده است. این گونه قادر به زنده ماندن در درجه حرارت هایی است که به طور معمول برای گونه های دیگر کشنده است. ویژگی های آناتومیک، فیزیولوژیک و رفتاری منحصر به فردی در شتر این حیوان را قادر به سازگاری با شرایط بسیار سخت بیابانی ساخته است.

کلمات کلیدی: شتر تنظیم دمای بدن شتر، شرایط کمبود آب

مقدمه

حیوانات هوموترم در شرایط افزایش بار حرارتی قادرند با ساز و کارهای مختلفی دمای بدن خود را در زیر محدوده کشنده حفظ کنند (شروتر و همکاران، ۱۹۸۷). دفع حرارت تبخیری مهمترین مکانیسم کنترل دمای بدن است، اما در شرایط بی آبی قابلیت این مکانیسم در حفظ دمای بدن به چالش کشیده خواهد شد، شرایطی که اکثر گونه های بیابان زی، دست کم در برخی مقاطع زندگی با آن دست به گریبان هستند. شتر عربی (*Camelous dromerarius*) بخاطر توانایی تحمل کمبود آب و دمای بالا به مدت طولانی و ادامه حیات در شرایط سخت بیابان شهرتی افسانه ای دارد (اشمیت، نیلسن، ۱۹۶۷). شتر از ۵۰۰۰ سال پیش (۳۰۰۰ سال قبل از میلاد) در صحاری شبه جزیره عربستان سکونت داشته است. نام شتر از dromos (به معنی جاده در یونانی) در ارتباط با مورد استفاده از آن در زمان اهلی شدن در حمل

www.SID.ir

Archive of SID

و نقل گرفته شده است. شتر به دلیل توانایی خود در زنده ماندن تحت شرایط آب و هوای خشن کویر، امکان زندگی در مکان هایی که برای بسیاری از گونه های دیگر قابل زندگی نیست را فراهم نموده است. این گونه قادر به زنده ماندن در درجه حرارت هایی است که به طور معمول برای گونه های دیگر کشنده است. در شتر نیز تعرق مکانیسم اصلی دفع حرارتی تبخیری است، اما هنگامی که حیوان حدود ۲۰ درصد وزن اولیه بدن را ازدست داد، تعرق بصورت فزاینده ای کاهش خواهد یافت (زینه فیلالی، ۱۹۸۷).

به نظر می رسد ویژگی های آناتومیک، فیزیولوژیک و رفتاری منحصر به فردی در شتر این حیوان را قادر به سازگاری با شرایط بسیار سخت بیابانی ساخته است. برای مثال، از نظر رفتار شناختی، گزارش شده است که شتر از نشستن زیر آفتاب در صورت امکان اجتناب می کند، و در صورتی که مجبور باشد، رو به آفتاب می نشیند و به این ترتیب بخش زیادی از بدنش را از قرار گرفتن در معرض آفتاب حفظ می نماید. در هنگام استراحت، شتر به حالتی دراز می کشد که جناغ سینه کمی از زمین فاصله داشته باشد. این حالت جازه گردش هوا در زیر بدن را می دهد (فی، ۱۹۹۷).

شتر مکانیسمهای سازشی متعددی دارد که اجازه تحمل بی آبی طولانی مدت (دالبورن و همکاران، ۱۹۹۲)، بار حرارتی زیاد (شروتر و هکاران، ۱۹۸۹) و شرایط گرما و بی آبی توام (روبرتشاو و زینه فیلالی، ۱۹۹۵) و ادامه حیات در شرایط نایابی یا بی کیفیتی منابع غذایی (دالبورن، ۱۹۹۲) را می دهد.

این مقاله مروری است بر ساز و کار های اختصاصی فیزیولوژیکی که شتر برای مقابله با تنش گرما بویژه در شرایط کمبود آب استفاده می کند. بر این اساس عمده بحث ما در این مقاله بر دو ساز و کار اساسی در تحمل حرارت که بطور اختصاصی در شتر نقش دارند، یعنی هتروترمی سازشی و خنک کنندگی انتخابی مغز متمرکز خواهد بود.

هتروترمی سازشی

برخی گزارشات اولیه مبنی بر قابلیت تغییر دمای بدن شتر در پاسخ به نوسانات محیط اطراف (اشمیت نیلسن، ۱۹۶۷) این باور را ایجاد نمود که شتر یک هموترم واقعی نیست. اشمیت نیلسن (۱۹۶۷) گزارش کرد که در شرایط گرما و بی آبی، این نوسانات می تواند بالغ بر ۶ تا ۷ درجه (۴۱ تا ۳۴ درجه) سانتی گراد باشد (شکل ۱) و بدین طریق حیوان قادر است در طی روز دما را ذخیره و در طی شب آن را متصاعد نماید. این مکانیسم شتر را قادر به ذخیره ۵ لیتر آبی که برای دفع

www.SID.ir

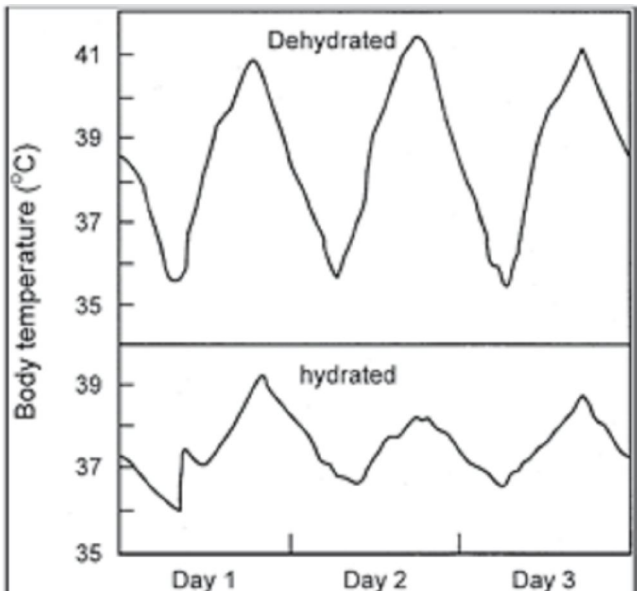
Archive of SID

حدود ۲۹۰۰ کیلوکالری گرما لازم بود می سازد. بطور مشابهی ذاری و الهضمی (۱۹۹۳) نیز یک تفاوت ۶ درجه سانتیگرادی را بین حداقل و حداکثر دما بدن شتر اب نوشیده یا تحت استرس گرمایی گزارش کردند. اما آیا شتر واقعا دارای چنین قابلیت افسانه ای است؟ این باور امروزه با نتایج تحقیقات نوین به چالش کشیده شده است. تغییرات دمای بدن روزانه یک شتر کاملا آب نوشیده در محدوده ۳۶ تا ۳۸ درجه سانتیگراد است (اشمیت نیلسن، ۱۹۶۷)، اما ایوب و صالح (۱۹۹۸) تنها نوسان دمایی ۲/۹ درجه سانتی گرادی را بین دوحالت قرار گرفتن تحت استرس بی آبی و گرما یا دسترسی آزاد به آب و سایه گزارش کردند. این تناقضات در نتایج تحقیقات مختلف می تواند به دلیل تفاوت در روشهای اندازه گیری درجه حرارت یا دلایل دیگری مانند تفاوت سن یا شرایط فیزیولوژیک حیوانات مورد آزمایش بوده باشد. برای رفع این ابهامات، الحیدری (۲۰۰۵) آزمایشی با استفاده از دماسنج های تله متریک که با روش جراحی در داخل پریتونئوم کار گذاشته می شود و امکان رصد نمودن لحظه ای دمای عمقی بدن را فراهم می کند، ترتیب داد. نتایج تحقیق ۶ هفته ای او نشان داد که شتر نیز مانند همه حیوانات مزرعه ای دیگر یک حیوان هوموترم بوده و قادر است دمای بدن خود را در طی بی آبی تقریبا ثابت و در حدود نوسان باریک ۱/۳ درجه سانتی گرادی حفظ نماید.

افزایش اندک در دمای بدن در شرایط استرس گرمایی در حیوانات دیگر نیز دیده می شود. برای نمونه گاو باس تاروس در شرایط گرم ۴-۲ درجه نوسان دمای بدن نشان می دهد (گوکحان، ۲۰۱۱؛ مادر و همکاران، ۲۰۱۰). اما همین مقدار اندک افزایش دمای بدن در شتر تحت استرس گرمایی، یک مزیت است زیرا اجازه ذخیره گرمای قابل ملاحظه ای در طی روز و دفع تابشی آن در طی شب، بدون استفاده از آب برای دفع آن را می دهد (اشمیت نیلسن و همکاران، ۱۹۶۷؛ گریج و همکاران، ۲۰۰۹). علاوه بر این، هنگامی که درجه حرارت بدن افزایش می یابد گرادیان دما بین شتر و محیط خارجی را کاهش می یابد، و درنتیجه استفاده از آب کاهش می یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نوسانات دمای بدن در شتر بی آب (نمودار بالا) و آب نوشیده (نمودار پایین)

گریج و همکاران (۲۰۰۹) محاسبه کردند که حرارت ذخیره شده توسط یک شتر نر ۷۵۰ کیلوگرمی برای افزایش هر ۱درجه سانتیگراد در درجه حرارت بدن حدود ۳/۹ کیلوژول / کیلوگرم بود. با این حال در شتر نیز دفع حرارت تبخیری از طریق مجاری تنفسی و پوست راههای اصلی دفع حرارت هستند. هرچند تعریق در این گونه در درجه حرارت بالای ۴۲ درجه آغاز می شود و نبود آب برای طولانی مدت دفع گرما از بدن را برای حیوان مشکل نموده و باعث افزایش دمای بدن و هایپرترمی می گردد.

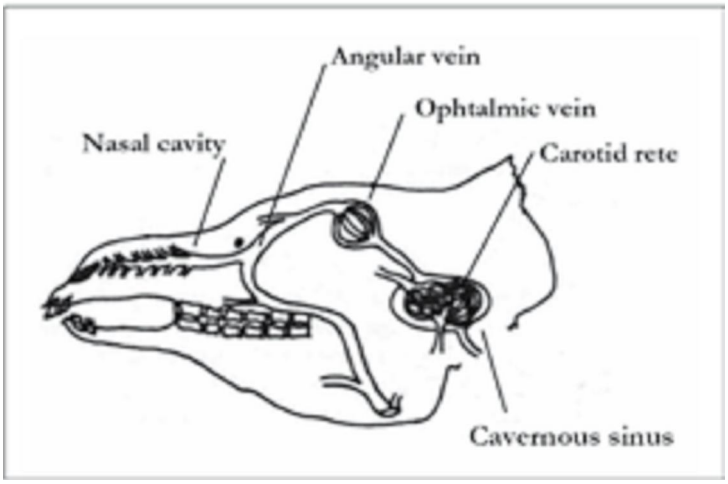
خنک کننده گی انتخابی مغز

یک عامل کلیدی در بقا در طول دوره بار حرارتی بالا، حفظ و نگهداری درجه حرارت مغز است. شتر توانایی مقاومت در برابر درجه حرارت به شدت بالای بدن را بدون آسیب رساندن به مغز خود دارد (الخاواد، ۱۹۹۲). دالبورن و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که شتر در صورت قرار گرفتن در شرایط گرم و خشک بیابانی، دمای مغز خود را در ۳۸ درجه سانتی گراد حفظ می کند، در حالی که دمای بدنش تا ۴۰/۵ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. این محققین پیشنهاد کردند که شتر یک سیستم تخصص عمل یافته برای خنک نگه داشتن مغز در طی استرس گرمایی شدید و افزایش دمای بدن را دارد. بعدتر، الخاواد (۱۹۹۲) گزارش کرد که شتر یک شبکه کاروتیدی در قاعده مغز دارد که اجازه خنک کننده گی

www.SID.ir

Archive of SID

انتخابی مغز را می دهد (شکل ۲). سیستم های خنک کننده مغز امکان حفاظت مغز در حرارت شدید را فراهم می کند و اجازه می دهد تا شتر در درجه حرارتی که به طور معمول برای بافت حساس مغز کشنده است زنده بماند. در طی استرس حرارتی، دما در مغز شتر چند درجه پایین تر از درجه حرارت بدن است، به دلیل اینکه خون قبل از رسیدن به مغز از یک شبکه مویرگی به نام شبکه کاروتیدی[1] می گذرد و توسط خون وریدی خنک شده در مسیر بازگشت از سطح تبخیری حفره بینی طولانی شتر، سرد می شود (الخاواد، ۱۹۹۲).



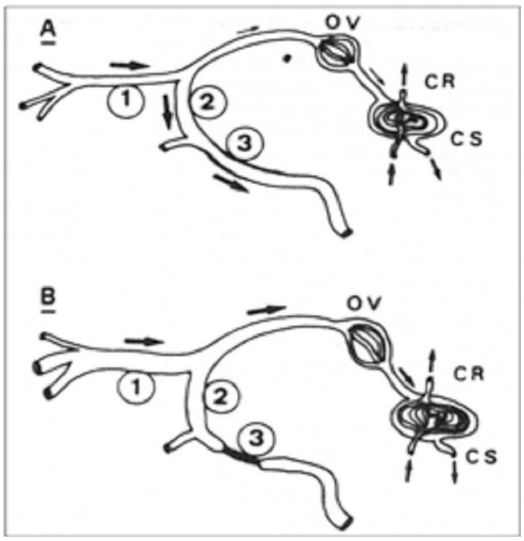
شکل ۲- سیستم خنک کننده مغز و سر شتر (الخاواد، ۱۹۹۲)

شکل ۳ چگونگی عملکرد سیستم خنک کننده مغز را توضیح می دهد. در شرایط عادی (A)، خون وریدی سرد شده، پس از عبور از حفره بینی از طریق گردش عمومی ادامه مسیر می دهد. اما، هنگامی که درجه حرارت بدن افزایش می یابد (B) سیاهرگ های بینی و آنگولار[2] (۱ و ۲) گشاد تر می شوند، در حالی که رگ های صورت[3] (۳) منقبض می شود. هنگامی که این وضعیت رخ می دهد خون سرد وریدی می تواند تنها در یک جهت از طریق رگهای چشم[4] (OV) به سینوس کاورنو[5] (CS) جریان یابد که سپس خون را در شریان کاروتید (CR) از طریق تبادل حرارتی خنک می کند (الخاواد، ۱۹۹۲).

[1] Carotid rete
[2] Angular vein
[3] Facial vein
[4] Ophthalmic vein
[5] Cavernous sinus

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- سیاهرگ سوپرفیشیال سر شتر در شرایط معمولی (A) و تنش گرمایی (B)

جمع بندی

شتر از نظر بکار گرفتن تعدادی از استراتژی های سازشی با دماهای بالای محیطی یک گونه جالب توجه است. چنین قابلیتی امکان ادامه حیات در محیط های خشن بیابانی را برای شتر فراهم می آورد. مطالعات اولیه توسط اشمیت نیلسن (۱۹۶۷) و اشمیت نیلسن و همکاران (۱۹۵۷و ۱۹۸۱) بسیاری از آنچه درباره فیزیولوژی سازگاری با دمای بالا در شرایط کم آبی در شتر می دانیم را فراهم آورده است، اما نتایج تحقیقات اخیر برخی از معلومات اولیه را به چالش کشیده است. تفاوتهای مشاهده شده در تحقیقات مختلف احتمالا ناشی از این امر است که بسیاری از مطالعات قبلی در شرایط طبیعی انجام شده است، و اگر چه این به خودی خود مشکلی نیست، متغیرهای بسیاری در این تحقیقات در نظر گرفته نشده یا ذکر نشده است. به عنوان مثال ذکر نشده که آیا بار تابش خورشیدی یا دسترسی به سایه وجود دارد یا خیر. جنسیت و سن در تعدادی از مطالعات اشاره شده است و در برخی دیگر سن و جنس ذکر نشده است. در حال حاضر نیاز به مطالعات کنترل شده با تکرار بیشتر برای ارتقای دانش ما از چگونگی پاسخ شتر به استرس بار حرارتی در شرایط دسترسی محدود به آب وجود دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Al-Heidary, A. 2005, Effect of dehydration on core body temperature of young Arabian camel (*Camelus Dromedaris*), J. King Soud Univ. 18: 1-7.

Ayoub, M. A. and Saleh, A. A. 1998, A Comparative Physiological Study between Camels and Goats during Water Deprivation. Proceedings of the 3rd Annual Meeting for Animal Production under AridConditions, 1: 71-87.

Dahlborn, K., S. Benlamlih, R. Zine-Filali, A. Gueroulali, J. Hossani- Hilali and M. Oukessou. 1992. Food deprivation and refeeding in the camel *(Camelus dromedarius)*. American Journal of
Physiology 262**:** 1000-1005.

Dahlborn, K., D. Robertshaw, R. C. Schroter and R. Zine-Filali. 1987. Effects of dehydration and heat stress on brain and body temperature in camel. Journal of Physiology 338: 28.

Elkhawad, A. O. 1992، Selective brain cooling in desert animals: The Camel (*Camelus dromedarius*). Comp. Biochem. Physiol. 101: 195-202.

Faye, B. 1997, Le guide de l'élevage du dromadaire, Sanofi Ed., Libourne, France, 126 p.

Grigg, G., Beard, L., Dorges, B., Heucke, J. Coventry, J., Coppock, A. and Blomberg, S. 2009, Strategic (adaptive) hypothermia in bull dromedary camels during rut; could it increase reproductive success? Biol. Lett. 5: 853-856.

Gaughan, J. B. 2011, Which physiological adaptation allows camels to tolerate high heat load – and what more can we learn? J. Camelid Sci. 4: 85–88.

Mader, T. L., Gaughan, J. B., Johnson, L. J., Hahn, G. L. 2010. Tympanic temperature in confined beef cattle exposed to excessive heat load. Int. J. Biometeorol. 54:629-635.

Robertshaw, D., Zine-Filali R. 1995. Thermoregulation and water balance in the camel: a comparison with other ruminant species. pp. 563-578. In: Ruminant physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. (eds) W. von Engelhardt, S. Leonnhard-Marek, G. Breves, D. Giesecke. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart Germany.

Schmidt-Nielsen, K. 1997, Animal Physiology: Adaptation and environment, Fifth Ed. Cambridge UP: Cambridge, UK.

www.SID.ir

Archive of SID

Schmidt-Nielsen, K. B. 1964. Desert Animals: Physiological Problems of heat and water. Clarendon press, Oxford, pp. 277.

Schmidt-Nielsen, K. B., Schmidt-Nielsen, S. A. Jarnum and T. R. Houpt. 1957. Body temperature of the camel and its relation to water economy. American Journal of Physiology 81: 381-390.

Schmidt-Nielsen, K., Crawford, E. C, and Hammel, H. T. 1981, Respiratory water loss in camels. Proceedings of the Royal Society of London B Biological Sciences, 211: 291-304.

Schroter, R.C., Robertshaw, D., Baker, M. A., Shoemaker, V. H., Holmes, R. and Schmidt-Nielsen, K. 1987, Respiration in Heat Stressed Camels. Respir. Physiol., 70 : 97-112.

Schroter, R.C., Robertshaw, D., Zine-Filali, R. 1989. Brain cooling and respiratory heat exchange in camels during rest and exercise. Respiration Physiology 78:95-105.

Zari, T. A. and Al-Hazmi, M. A. 1993, The Body Temperature and Behavior of the Arabian Camel, *Camelus dromedarius* L. in Jeddah, Saudi Arabia. Biol. Sci., 2: 3-12.

Zine-Filali, R. 1987. Studies on dehydration and rehydration in the camel. Doctorate thesis. Es-Sciences Agronomiques. Institute et Veterinare HASSAN II, Rabat.

www.SID.ir