

УДК 591.147,598.279.23

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ТЕСТОСТЕРОНА И КОРТИКОСТЕРОНА У ХИЩНЫХ ПТИЦ НА ПРИМЕРЕ ЯСТРЕБА-ТЕТЕРЕВЯТНИКА (*Accipiter gentilis*)

© 2020 г. А. А. Марченко^{1,*}, И. Р. Бёме¹, Е. И. Сарычев², М. Я. Горецкая¹

Представлено академиком РАН В.В. Рожновым

Поступило 16.12.2019 г.

После доработки 20.02.2020 г.

Принято к публикации 20.02.2020 г.

Тестостерон и кортикостерон – стероидные гормоны, регулирующие различные аспекты поведения птиц. Динамика уровня этих гормонов в крови в зависимости от стадии жизненного цикла изучена у многих видов: для обоих полов показано, что уровень обоих гормонов повышается в период размножения. В нашей работе мы изучали изменения уровня этих гормонов у ястреба-тетеревятника (*Accipiter gentilis*) в течение года. Для этого вида подобное исследование проводится впервые. Мы собирали образцы крови у 16 взрослых ястребов-тетеревятников, содержащихся парами в вольерах в “Питомнике редких видов птиц ВИТАСФЕРА”. Уровень тестостерона повышается у самцов в период токования и спаривания (март–июнь), однако у самок синхронного повышения не происходит. Уровень кортикостерона в целом остается высоким в течение всего года у обоих полов. Так как это единственные данные по ястребу-тетеревятнику, нельзя сделать вывод о том, характерно ли это для всего вида в целом или только для птиц, содержащихся в неволе.

Ключевые слова: хищные птицы, ястреб-тетеревятник, гормональный статус, тестостерон, кортикостерон

DOI: 10.31857/S2686738920040162

Тестостерон и кортикостерон – стероидные гормоны, регулирующие различные аспекты поведения птиц [1]. Тестостерон играет ключевую роль в формировании полового поведения и в развитии вторичных половых признаков [2]. Динамика уровня тестостерона в крови в зависимости от стадии жизненного цикла довольно подробно изучена у многих видов, преимущественно из отряда воробьинообразные (*Passeriformes*) [3]. Кортикостерон отвечает за регуляцию обменных процессов и развитие стрессовой реакции [1, 4]. На примере птиц из отряда воробьинообразные были показаны сезонные и индивидуальные различия уровня кортикостерона в крови [1, 4].

У самцов уровень тестостерона повышается в период образования пары и спаривания и понижается в период выкармливания птенцов, что бы-

ло показано на примере многих видов [5]. Самки демонстрируют сходные временные вариации уровня тестостерона – его пик приходится на период перед откладкой первого яйца, затем начинается понижение концентрации гормона в крови [6]. У большинства видов пик уровня кортикостерона приходится на период размножения [7], у самок максимум достигается во время яйцекладки [8]. Для дневных хищных птиц сезонная динамика уровня кортикостерона показана на примере одного вида [8], а изменчивость уровня тестостерона не описана вовсе.

Исходя из вышесказанного, мы предполагаем, что у хищных птиц уровень обоих гормонов будет повышаться в период сезона размножения и затем снижаться.

Объектом нашего исследования стал ястреб-тетеревятник, широко распространенный в северном полушарии вид. Биология тетеревятника изучена довольно подробно [9], однако измерение уровня гормонов на разных стадиях жизненного цикла проводится впервые. Мы предполагаем, что у самцов и самок ястреба-тетеревятника

¹ Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Питомник редких видов птиц “ВИТАСФЕРА”, Московская обл., Раменский р-н д. Слободино, Россия
*e-mail: ptyhozon@gmail.com

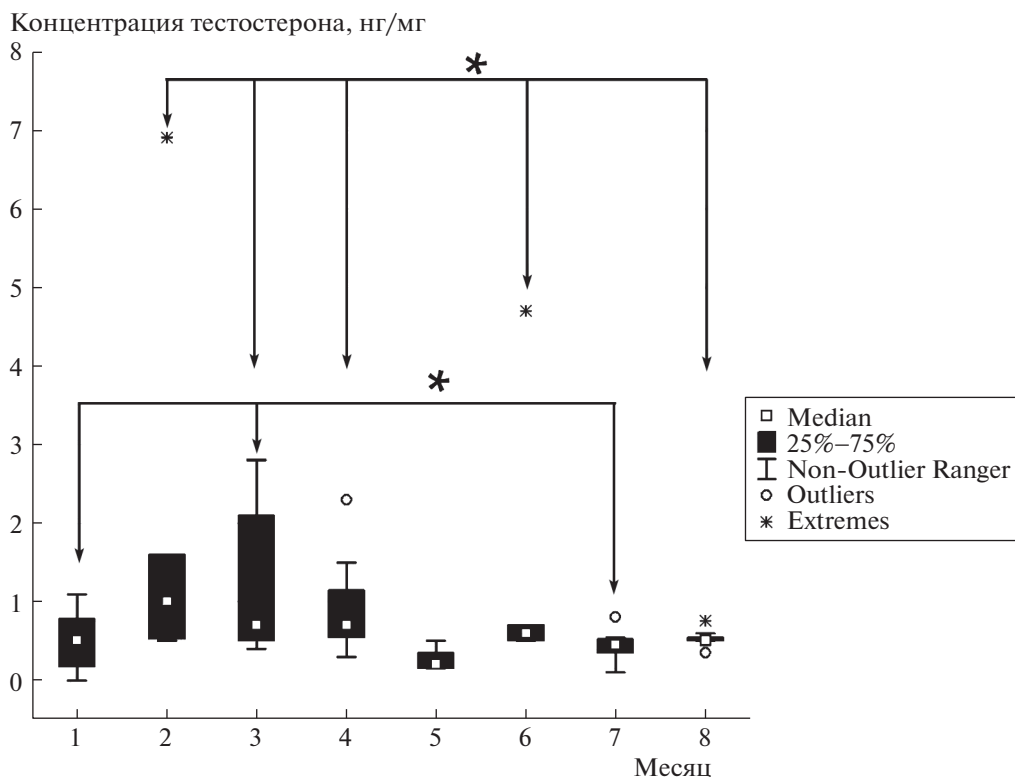


Рис. 1. Динамика уровня тестостерона у самцов ястреба-тетеревятника. Здесь и далее (рис. 1–3) стрелочки указывают на месяцы, где уровень гормона достоверно различается (* $p < 0.05$). Условные обозначения (рис. 1–4): “Median” – медиана, “Non-Outlier Range” – минимум и максимум без учета выбросов, “Outliers, extremes” – выбросы.

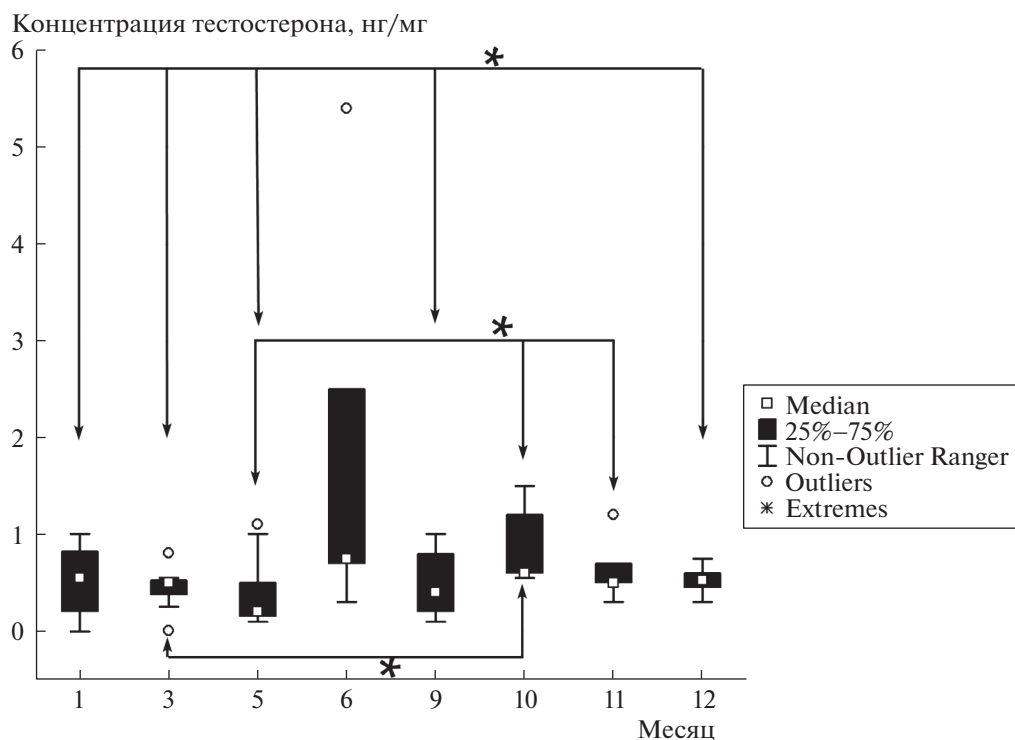


Рис. 2. Динамика уровня тестостерона у самок ястреба-тетеревятника.

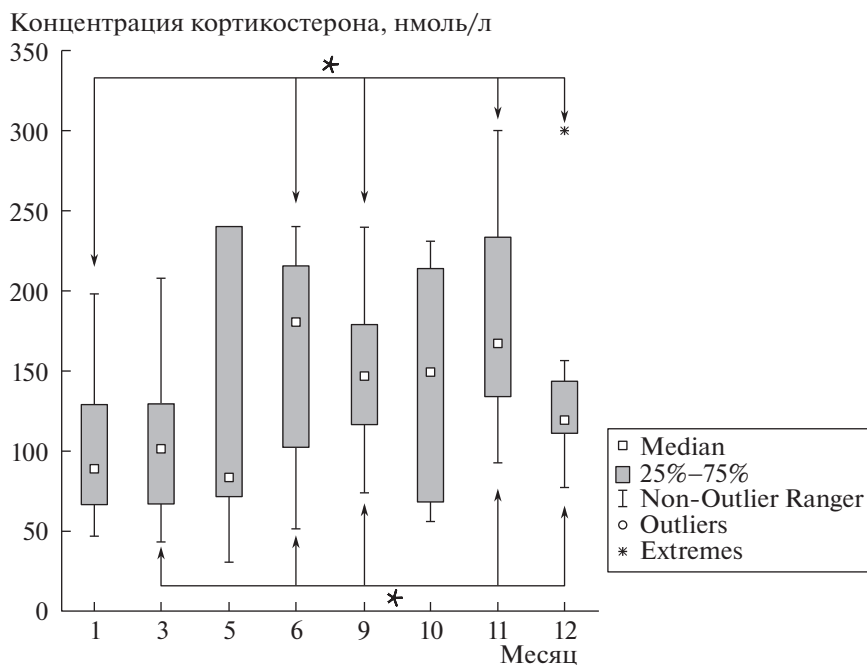


Рис. 3. Динамика уровня кортикостерона у самцов ястреба-тетеревятника.

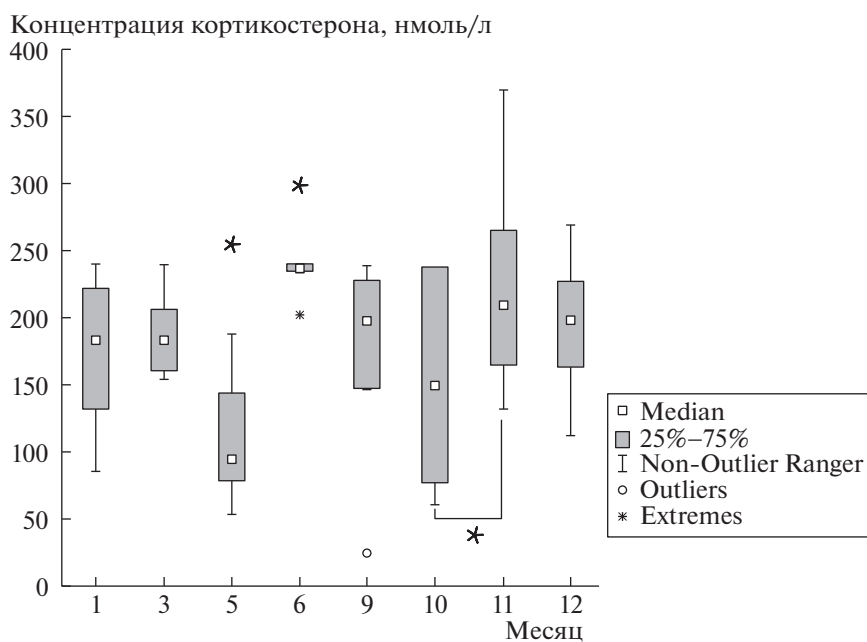


Рис. 4. Динамика уровня кортикостерона у самок ястреба-тетеревятника. Статистически значимые различия отмечены * ($p < 0.05$). Уровень кортикостерона в мае значительно отличается от уровня всех месяцев, кроме октября, уровень кортикостерона в июне — от уровня во все месяцы, кроме сентября, ноября и декабря.

уровень обоих гормонов будет повышаться в период образования пары и начала яйцекладки.

Чтобы оценить динамику уровня тестостерона и кортикостерона мы собирали образцы крови у 16 взрослых ястребов-тетеревятников (8 самцов и 8 самок) с ноября 2017 года по октябрь 2018 года.

Ястребы-тетеревятники содержатся парами в вольерах в “Питомнике редких видов птиц ВИТА-СФЕРА”. Вольеры устроены таким образом, что самец и самка видят друг друга в течение всего года, но вне периода размножения они разделены решеткой. Активный ток начинается в марте, решетку открывают в конце марта—начале апреля,

Таблица 1. Результаты попарного сравнения критериями Вилкоксона (для всех месяцев, кроме мая) и Манна–Уитни (для сравнения мая с другими месяцами) уровня тестостерона и кортикостерона в месяцы, где различия достоверны

Уровень тестостерона (самцы)			
Месяцы	Z	N	P
Январь–март	2.38	8	0.02
Март–сентябрь	2.52	8	0.01
Март–ноябрь	2.37	8	0.02
Март–декабрь	2.20	8	0.03
Май–сентябрь	–3.01	7	0.002
Май–ноябрь	–2.03	7	0.04
Июнь–сентябрь	2.52	8	0.01
Июнь–декабрь	2.20	8	0.02
Сентябрь–октябрь	2.20	7	0.20
Сентябрь–декабрь	2.37	8	0.02
Уровень тестостерона (самки)			
Январь–июнь	2.02	7	0.04
Март–июнь	2.20	7	0.03
Март–октябрь	2.37	7	0.02
Май–июнь	2.63	7	0.01
Май–октябрь	2.93	7	0.03
Май–ноябрь	2.04	8	0.04
Июнь–сентябрь	2.00	7	0.04
Июнь–декабрь	2.20	7	0.03
Уровень кортикостерона (самцы)			
Январь–июнь	2.24	8	0.03
Январь–сентябрь	2.38	8	0.02
Январь–ноябрь	2.52	8	0.01
Январь–декабрь	2.38	8	0.02
Март–июнь	2.24	8	0.03
Март–сентябрь	2.24	8	0.03
Март–ноябрь	2.38	8	0.02
Март–декабрь	2.24	8	0.03
Уровень кортикостерона (самки)			
Январь–май	–2.31	8	0.02
Январь–июнь	2.20	8	0.03
Март–май	–2.84	8	0.002
Март–июнь	2.20	7	0.03
Май–июнь	–3.33	7	0.0001
Май–сентябрь	–2.07	7	0.04
Май–ноябрь	–2.89	8	0.004
Май–декабрь	–2.89	8	0.004
Июнь–октябрь	2.11	7	0.04
Октябрь–ноябрь	2.36	7	0.02

примерно за три недели до откладки первого яйца. Все пары, у которых брали кровь, успешно размножились.

Пробы крови брали 8 раз в год (не позднее 12 числа месяца). В мае кровь брали не у размножающихся пар (чтобы не стрессировать самку, инкубирующую яйца), а у ястребов-тетеревицников, содержащихся поодиночке и не участвующих в размножении, но демонстрировавших элементы полового поведения.

Для взятия крови птиц отлавливали. От момента входа в вольтер до взятия крови проходило не более 3 мин. Кровь брали из плечевой вены (*vena brachialis*). Сразу после взятия образцы центрифугировали в течение 15 мин и отбирали сыворотку, которую затем замораживали. Уровень тестостерона и кортикостерона определяли иммуноферментным анализом при помощи стандартных наборов производства DRG (Германия).

Результаты обрабатывали в программе STATISTICA 8.0. Для выявления различий в концентрации гормонов использовали метод попарного сравнения (Wilcoxon signed-rank test для всех месяцев, кроме мая и Mann–Whitney U-test для сравнения мая с остальными месяцами) отдельно для тестостерона и кортикостерона и для самцов и самок.

Уровень тестостерона у самцов повышался в период размножения (март–июнь), и оставался низким в остальные месяцы (рис. 1).

У самок пик тестостерона приходится на июнь ($p < 0.05$), а минимальный уровень на май (табл. 1, рис. 2). Небольшое повышение уровня тестостерона выявлено в октябре ($p < 0.05$, табл. 1). Пониженный уровень кортикостерона сохраняется у самцов с января по май, концентрация достигает пика к июню и остается высокой до декабря (рис. 3). У самок уровень кортикостерона сохраняется довольно высоким весь год, резко понижаясь только в мае (рис. 4, табл. 1).

Наши результаты согласуются с данным, полученными на воробьинообразных птицах [5]: у самцов ястреба-тетеревицника уровень тестостерона повышается в период токования и спаривания. У самок синхронного повышения уровня тестостерона, отмеченного у других видов [6], не наблюдается. И у самок, и у самцов уровень тестостерона несколько поднимается в октябре, когда наблюдается осеннее токование.

Пик уровня кортикостерона приходится на июнь у обоих полов. В природе это период выкармливания выводка, но в питомнике птицы самостоятельно не кормят птенцов: насиженные кладки забирают и переносят в инкубатор, затем птенцов выкармливает человек. Кладки забирают в конце мая–июне, возможно, именно этот фактор беспокойства влияет на повышение уровня кортикостерона.

На воробьиной пустельге (*Falco sparverius*) [8] был показан пик кортикостерона непосредственно перед откладкой яиц у размножающихся самок. Происходит ли подобное увеличение концентрации кортикостерона и у самок ястреба-тетеревятника остается непонятным, так как у размножающихся самок образцы крови в апреле и мае не собирали. У содержащихся одиночно самок ястреба-тетеревятника уровень кортикостерона в мае низкий. Причина этого, вероятно, в том, что они не откладывают яиц, хоть и готовы к размножению. Это согласуется с данными, полученными на воробьиной пустельге: у самок, не приступавших к размножению, уровень кортикостерона был ниже, чем у размножающихся [8].

В целом, для обоих полов уровень кортикостерона остается высоким в течение всего года — его концентрация у ястребов-тетеревятников значительно выше, чем у воробьиной пустельги [8]. Так как это единственные данные по ястребу-тетеревятнику, нельзя сделать вывод о том, характерно ли это для всего вида в целом или только для птиц, содержащихся в неволе. Кроме того, полученные различия могут быть обусловлены различной специфичностью антител, используемых в данных работах.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (19-34-90190).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hau M., Goymann W.* Endocrine mechanisms, behavioral phenotypes and plasticity: known relationships and open questions // *Frontiers in Zoology*. 2015. V. 12 (Suppl 1): S7. P. 1–15.
2. *Hau M.* Regulation of male traits by testosterone: implications for the evolution of vertebrate life histories // *BioEssays*. 2007. V. 29. P. 133–144.
3. *Wingfield J.C., Hegner R.E., Dufty A.M., Jr., Ball G.F.* The “challenge hypothesis”: theoretical implications for patterns of testosterone secretion, mating systems, and breeding strategies // *The American Naturalist*, 1990. V. 136. P. 829–846.
4. *Hau M., Ricklefs R.E., Wikelski M., Lee K.A., Brawn J.D.* Corticosterone, testosterone and life-history strategies of birds // *Proceeding of the Royal Society*. 2010. P. 1–10.
5. *Apfelbeck B., Flinks H., Goymann W.* Variation in Circulating Testosterone during Mating Predicts Reproductive Success in a Wild Songbird // *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2016. V. 4. Article 107. P. 1–8.
6. *Ketterson E.D., Nolan V.Jr., Sandell M.* Testosterone in Females: Mediator of Adaptive Traits, Constraint on Sexual Dimorphism, or Both? // *The American Naturalist*. 2005. V. 166. P. S85–S98.
7. *Romero M.L.* Seasonal changes in plasma glucocorticoid concentrations in free-living vertebrates // *General and Comparative Endocrinology*. 2002. V. 128. P. 1–24.
8. *Rehder N.B., Bird D. M., Lague P.C.* Variations in Plasma Corticosterone, Estrone, Estradiol -17 β , and Progesterone Concentrations with Forced Resting, Nolt, and Body Weight of Captive Female American Kestrels // *General and Comparative Endocrinology*. 1986. V. 62. P. 386–393.
9. *Kenward R.* The Goshawk. London, 2006. T& A D Poyser, 360 p.

SEASONAL VARIATION IN PLASMA TESTOSTERONE AND CORTICOSTERONE IN BIRDS OF PREY NORTHERN GOSHAWK (*Accipiter gentilis*)

A. A. Marchenko^{a,#}, I. R. Beme^a, E. I. Sarychev^b, and M. Ya. Goretslaya^a

^a *Lomonosov Moscow State University, Biological Faculty, Moscow, Russian Federation*

^b *VITASFERA Rare Bird Species Breeding Center, Moscow, Russian Federation*

[#]*e-mail: ptyhozon@gmail.com*

Presented by Academician of the RAS V.V. Rozhnov

Testosterone and corticosterone are steroid hormones which regulate different aspects in bird life. Testosterone plays a crucial role in reproductive behavior, corticosterone controls metabolism and initiates stress reaction. Seasonal variation in plasma testosterone and corticosterone is studied mostly in passerine birds: level of both hormones increases during breeding season in both sexes. Our aim was to estimate how the level of two these hormones changes during the year in Northern Goshawk. We collected blood samples from 16 adult Northern Goshawks living in pairs in VITASFERA Rare Bird Species Breeding Center. Testosterone level increased only in males during mating season (March–June). Corticosterone level remained high the whole year in both sexes. But it is still unknown, if it characterizes only captive birds or goshawks in general.

Keywords: goshawk, hormones, testosterone, corticosterone, hormones seasonal variation