

ЮРИ КЕСКПАЙК, ПЭЭТ ХОРМА

ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА И ЭКГ У МОРСКОЙ ЧАЙКИ (*LARUS M. MARINUS* L.) В ПОЛЕТЕ

Э. Элиассен (Eliassen, 1963) был первым исследователем, кому удалось телеметрически зарегистрировать ряд кардио-васкулярных параметров у птиц (морская чайка, крикwa) в полете. Однако эти данные в настоящее время подвергаются серьезной критике, так как полученная частота пульса у изученных видов (морская чайка) слишком низка и не совпадает с общими закономерностями, установленными у 13 видов птиц (Berger и др., 1970). Также вызывают сомнения его утверждения о температурном балансе у морской чайки во время полета в аэродинамической трубе (Hart, Roy, 1967).

Является морская чайка «особенным видом» среди птиц или применяемый Э. Элиассеном способ не позволяет регистрировать истинную частоту пульса (пульсовая волна покрывается «шумом» взмахов крыльев), и отличается ли полет в аэродинамической трубе от истинного (настоящего) полета — решение этих вопросов было целью настоящего исследования.

Материал и методика

Работа выполнена на Пухтуской орнитологической станции Института зоологии и ботаники Академии наук Эстонской ССР в 1970 году.

Объектами исследования служили с птенца воспитанные морские чайки (6 особей), которые после подъема на крыло в начале июля жили в общей стае в естественном для вида биотопе (рис. 1), в контакте с дикими чайками (морские, сизые и речные чайки). У подопытных чаек был выработан пищевой рефлекс на место и время, что облегчало их отлов. Эксперименты проведены в сентябре. Для выяснения влияния

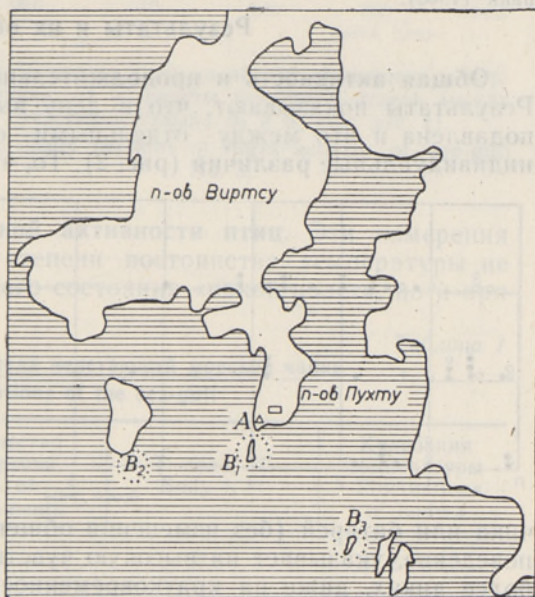


Рис. 1. Участок проведения экспериментов. Δ — приемная радиостанция, A — место кормежки, B_1, B_2, B_3 — места отдыха диких и подопытных чаек.

Fig. 1. The area for experimental procedures. Δ — radio set, A — the feeding place, B_1, B_2, B_3 — location of rest areas wild birds as well as "domesticated" gulls.

передатчика на поведение подопытных птиц трое из прирученных чаек были оставлены контрольными (без груза). Сравнение активности подопытных с дикими считается нецелесообразным, так как первые были энергетически в более выгодном положении (накормлены).

Ход экспериментов следующий:

Номер подопытной чайки	1	2	3
Отлов птиц, прикрепление передатчика и чувствительных элементов	22/VIII	29/VIII	14/IX
Выпуск птиц	3/IX	4/IX	23/IX
Круглосуточная регистрация параметров	4, 17, 18/IX	5 и 6/IX	24 и 25/IX
Изучаемый параметр	Т. тела, ЭКГ, ЭМГ		
Вес птиц, кг	1,1	1,2	1,2
Общий вес прикрепляемой аппаратуры, г	65	86	97
% от веса тела	5,9	7,2	8,1
Количество каналов	2	1	2
Срок непрерывной работы, сут	3	3	3
Радиус действия в случае полета птиц, км	2	2	2
Радиус действия на поверхности земли, на берегу моря, км	6	6	6

Введение электродов и прикрепление телепередатчика проведены по выработанной нами методике (Кескпайк, Хорма, 1972). Термистор расположен под грудной мускулатурой.

Описание приемной части аппаратуры приведено в статье П. Хорма и Ю. Кескпайк (1968).

Результаты и их обсуждение

Общая активность и продолжительность полетов подопытных птиц. Результаты показывают, что в день выпуска летная активность птиц подавлена и что между отдельными особями существуют большие индивидуальные различия (рис. 2). То, что отлов птиц и замена передат-

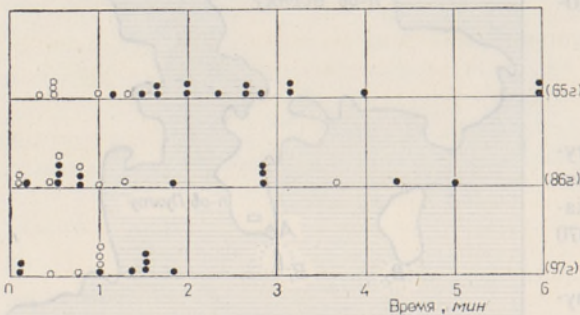


Рис. 2. Продолжительность однократных полетов у трех подопытных морских чаек. Цифры в скобках — вес прикрепляемой к птице аппаратуры, г. ○ — в день выпуска, ● — через 2—3 сут после выпуска.

Fig. 2. Flight time of sea-gulls and its relation to weight of transmitter. ○ — the first day of getting rid, ● — the 2—3 day after the getting rid.

чика или батарей (без изменения общего веса) существенно изменяют поведение, указывает на высокую чувствительность ручных птиц, а тем более диких, даже на кратковременное изменение нормальной обстановки. Большие индивидуальные различия в продолжительности однократных полетов явно обусловлены весом аппаратуры. Только чайка 1 (вес аппаратуры 65 г) по своей активности сравнима с контрольными птицами.

Полученные факты показывают, что при применении новой методики для исследования птиц в природе минимальный срок непрерывной работы радиопередатчика должен быть не менее трех суток, а ее общий вес не превышать 6% от веса тела исследуемой птицы.

Хотя общая активность подопытных чаек (кроме 1) подавлена, им все же свойственна однообразность поведения, обусловленная передвижением по определенной территории (рис. 1). Однообразность поведения четко выявляется в продолжительности однократных полетов. Анализируя полученные при наблюдении данные и записи полетов (запись на магнитофонной ленте), выяснилось, что для подопытных птиц характерны полеты трех категорий. Во-первых, короткие полеты продолжительностью не более 1 мин. Связаны они внутривидовым поведением в районе отдыха (замена места отдыха, вынужденная или добровольная и т. д.) или быстрым передвижением с места кормежки на место отдыха (рис. 1). Во-вторых, полеты продолжительностью до 2—3 мин, которые являлись самыми распространенными, определяющими суммарную суточную активность подопытных (рис. 3). К данной категории относятся игровые, кормовые-разведывательные и «спонтанные» полеты. Совершаются эти полеты вокруг районов отдыха (рис. 1). В-третьих, более продолжительные полеты до 6 мин, связанные с перемещениями по территории между отдельными участками отдыха (рис. 1).

Проведенная классификация не претендует на обобщение классификации полетов вообще и явно не состоятельна по отношению к диким особям того же вида, однако она необходима при дальнейшей расшифровке настоящих физиологических данных.

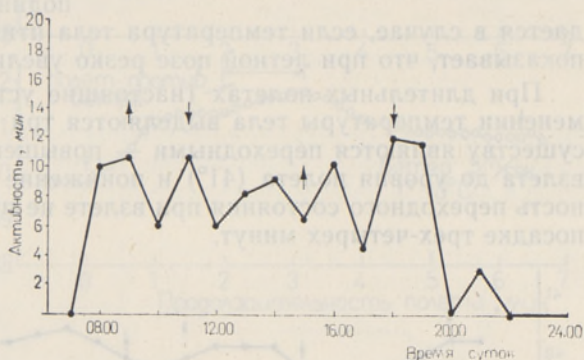


Рис. 3. Суточная ритмика лётной активности у морской чайки. ↓↑ — полеты (прилет и отлет) между участками отдыха B_1 и B_2 (см. рис. 1).

Fig. 3. Daily rhythms of flight activity of sea-gull No. 3.

Температура тела при различной активности птиц. Эти измерения проведены с целью определения степени постоянства температуры не только при замене физиологического состояния «покой-полет», но и при

Таблица 1

Колебания температуры тела нелетающей морской чайки
Body t° fluctuations of the sea-gull

Активность Activity of bird	Количество измерений No. of experiments	Т. тела, $^\circ\text{C}$ Body t , $^\circ\text{C}$	Колебания температуры Fluctuations of body t
Ночью, в покое At rest, at night	4	37,8	37,2—38,0
Днем, в покое At rest, at daytime	10	39,0	38,9—39,1
В активном состоянии (чистка, купание и т. д.) In active state	68	39,5	38,4—40,3
После кормления After the eating	7	40,4	
Средняя температура тела Mean body t	89		37,2—40,3

Таблица 2

Температура тела у морской чайки
при установившемся полете
Body temperature during the flight
of the sea-gull

Продолжительность полета Flight time	T. тела, °C Body t, °C
1'30"	41,1 (41,0—41,1)
2'	40,9 (40,7—41,1)
2'40"	40,9 (40,8—40,9)
2'40"	40,8 (40,5—41,1)
3'10"	41,1 (41,0—41,3)
4'	41,1 (41,1—41,2)
6'	41,5 (41,2—41,7)
6'20"	41,3 (40,8—41,8)

дается в случае, если температура тела птицы до взлета высока. Это показывает, что при летной позе резко увеличивается теплоотдача.

При длительных полетах (настоящие установившиеся полеты) в изменении температуры тела выделяются три периода, два из которых по существу являются переходными — повышение температуры тела после взлета до уровня полета (41°) и понижение ее после посадки. Длительность переходного состояния при взлете не превышает двух минут, а при посадке трех-четыре минут.

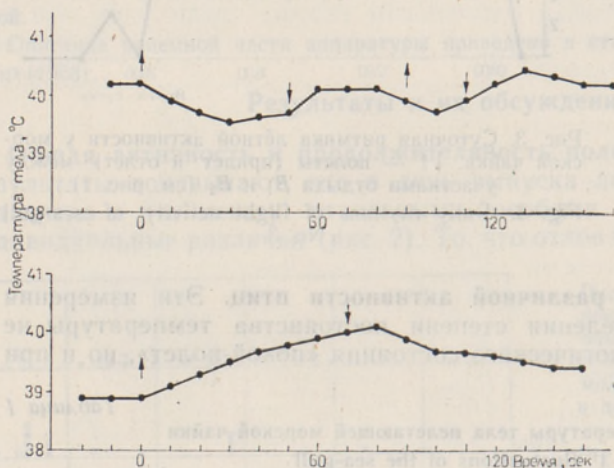


Рис. 4. Изменения температуры тела у морской чайки при кратковременных полетах;
↑ — взлет, ↓ — посадка.
Fig. 4. The body temperature of sea-gull during "short" flight;
↑ — start, ↓ — landing.

Более интересны относительное постоянство температуры тела во время установившегося полета и способы ее регуляции (в настоящих исследованиях в пределах 41—42°).

По-видимому, лётная поза и комплекс метеорологических факторов (охлаждающая сила среды) определяют уровень температуры тела в полете, а ее дальнейшая регуляция в основном осуществляется изменением физической нагрузки полета таким образом, чтобы температура тела не доходила до уровня перегрева. Например, полет против ветра, сопровождающийся повышением температуры тела, у исследуемой чайки чередовался с полетом при боковом ветре, требующим меньшей нагрузки (рис. 5). Из приведенных фактов следует, что чайки не имеют особых морфо-физиологических механизмов, позволяющих значительно увеличивать теплоотдачу в ходе полета.

«Загадочными» в настоящих исследованиях являются самые распространенные полеты продолжительностью от 1 до 2—3 мин. По времени большинство из них заканчивается достижением уравновешенного теп-

лового баланса установившегося полета, т. е. температурного уровня около 41° . Возможно, что это случайное совпадение, но не исключена и причинно-следственная связь между обоими явлениями.

Сердечный ритм при различной активности птиц. В частоте пульса при наземной деятельности не было обнаружено температурной зависимости (в пределах температуры среды от 20 до 9°), предел ее изменений определяется только степенью активности и эмоциональным состоянием птиц (табл. 3). Максимальная регистрируемая частота, не включая полета, $6-7$ раз в секунду (до 420 раз в *мин*), что дает повышение примерно в 330% по сравнению с частотой в покое.

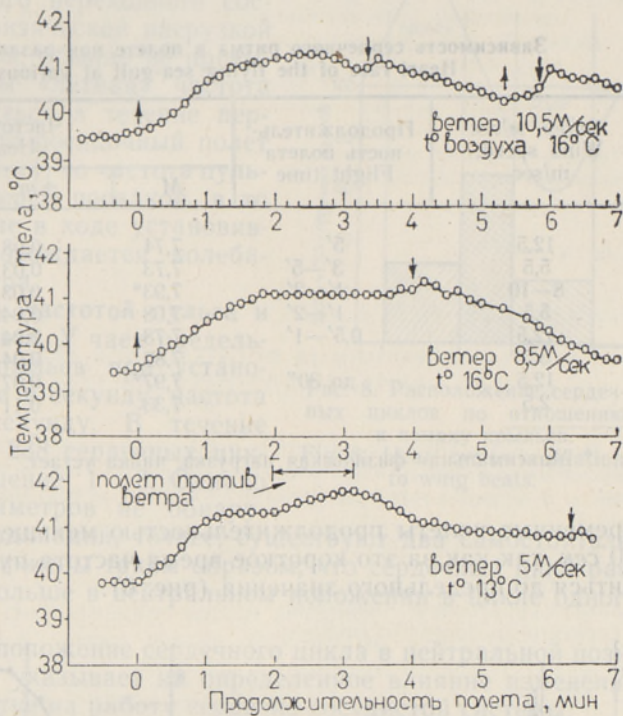


Рис. 5. Изменения температуры тела у морской чайки при продолжительных полетах; \uparrow — взлет, \downarrow — посадка.
Fig. 5. Body temperature of sea-gull during the "long-term" flight. \uparrow — start, \downarrow — landing.

Таблица 3

Вариабильность сердечного ритма у морских чаек
Fluctuations of the heart rate of the nonflying sea-gulls

Активность Activity of birds	Номер птицы No. of bird	Т. среды, $^{\circ}\text{C}$ Ambient to	Частота пульса, в 10 сек Heart rate, 10 sec			
			M	$\pm m$	$\pm \sigma$	C, %
Ночью, в покое At night, at rest	1	+14,7	32,8	0,22	0,90	2,7
	1	+15	19,9	0,34	1,36	6,8
	2	+20	21,6	0,57	1,50	7,0
	3	+9	24,6	0,34	1,02	4,1
Днем, в покое At daytime, at rest	—	+15	30,1	0,16	1,12	3,7
В активном состоянии (чистка оперения и т. д.) In active state (preering, etc.)	—	+15	42,6	0,6	3,56	8,4

Сердечный ритм в полете у чаек — **постоянная величина** (примерно 8 раз в секунду), которая практически не определяется продолжительностью полета и физической нагрузкой (табл. 4). Незначительные статистически недостоверные изменения обнаружены и при предельной физической нагрузке в условиях, когда возможны только кратковременные полеты (не привыкшие летать с грузом птицы после выпуска, при сильном ветре — 12 м/сек). Исключение составляют только кратко-

Таблица 4

Зависимость сердечного ритма в полете при различной скорости ветра
Heart rate of the flying sea-gull at various wind speed

Ветер, м/сек Wind speed, m/sec	Продолжитель- ность полета Flight time	Частота пульса, сек Heart rate, sec			
		M	$\pm m$	δ	C, %
12,5	5'	7,74	0,08	0,50	6,5
5,5	3'—5'	7,73	0,03	0,46	5,9
8—10	1'—2'	7,93*	0,03	0,53	6,7
5,5	1'—2'	7,68	0,04	0,47	6,1
12,5	0,5'—1'	7,78	0,04	0,49	6,3
5,5		7,82	0,04	0,43	5,5
12,5	до 30"	7,97*	0,07	0,40	5,0
2,5		7,33	0,11	0,49	6,7

* Максимальная физическая нагрузка, чайка устает.

временные полеты продолжительностью меньше 30 сек, обычно меньше 10 сек, так как за это короткое время частота пульса не успевает увеличиться до предельного значения (рис. 6).

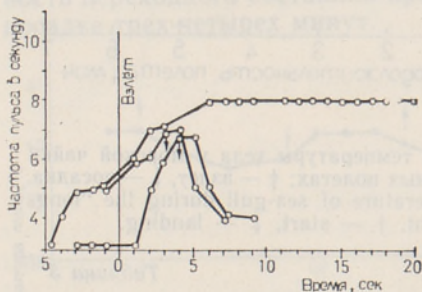


Рис. 6. Изменения частоты пульса в зависимости от продолжительности полетов; ↓ — посадка.

Fig. 6. Heart rate of sea-gull and its relation to flight time. ↓ — landing.

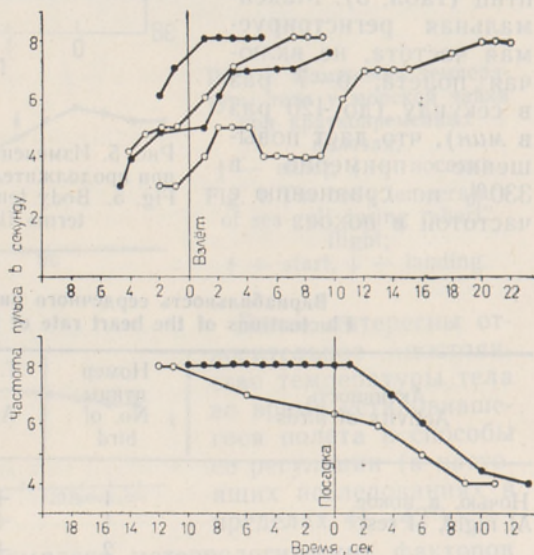


Рис. 7. Вариабильность сердечного ритма у морской чайки при взлете и посадке. ● — пассивные взлеты и посадки (с планированием), ○ — активные взлеты и посадки.

Fig. 7. Fluctuations of heart rate of sea-gulls after the start and the landing. ● — passive start and landing, ○ — active start and landing.

Скорость изменения сердечного ритма в ходе замены активности покой-полет и полет-покой, т. е. в переходном состоянии, различна (рис. 7). Как правило, скорость установления лётной частоты при взлете определяется частотой пульса перед взлетом, но при этом она значительно зависит от нагрузки. Переходное состояние при активном взлете обычно длится не более 5—7 сек, а при пассивном его завершении (использование мощных воздушных потоков, создаваемых сильным ветром) продолжается до 20 сек, т. е. до начала активного полета (рис. 7).

Длительность второго переходного состояния определяется физической нагрузкой в полете перед посадкой, обычно не превышает 10 сек, при этом «лётная» частота сердца может сохраняться в течение первых 4 сек (рис. 7). Если посадочный полет пассивный (планирование), то частота пульса понижается уже перед посадкой, в то время как планирование в ходе установившегося полета не сопровождается колебаниями данного параметра.

Координация между частотой пульса и частотой взмахов крыльев. У чаек предельная частота взмахов крыльев при установившемся полете 3 раза в секунду, частота пульса 7—8 раз в секунду. В течение 80 взмахов произошло 238 сердечных циклов, что дает соотношение 1 : 3. Однако в динамике обоих параметров не обнаружено такой четкой координации, точнее, существуют два самостоятельных ритма, которые наложены таким образом, что сердечный цикл располагается возможно больше в нейтральном положении в цикле одного взмаха (рис. 8).

Предпочитаемое расположение сердечного цикла в нейтральной позиции крыльев, очевидно, указывает на определенное влияние изменения давления в грудной клетке на работу сердечно-сосудистой системы.

Выводы

Таким образом, результаты и предположения Э. Элиассена (Eliassen, 1963) не состоятельны по причине применения недостаточно надежной методики регистрации ЭКГ и температуры тела.

По настоящим исследованиям температура тела при полете поднимается до $42,2^{\circ}$, в то время как в покое она около 38° (точнее см. табл. 1, 2). Предполагается, что лётная поза и «охлаждающая сила среды» определяют температурный уровень полета, а ее дальнейшая регуляция осуществляется изменением физической нагрузки таким образом, что температура тела не поднимается до уровня перегрева.

Сердечный ритм у чаек в установившемся полете практически постоянная величина (около 8 раз в секунду, см. табл. 4), которая не определяется продолжительностью полета и физической нагрузкой (достоверных изменений не было обнаружено и при предельной нагрузке). Четкой координации между частотой взмахов крыльев и частотой сердечного ритма не обнаружено. Существуют два самостоятельных ритма, которые наложены так, что сердечные циклы располагаются возможно больше в нейтральной зоне в цикле одного взмаха (рис. 8). Предполагается, что полет чаек мыслим в сравнительно узком пределе физиологического состояния, определяемого возможностями сердечно-сосудистой системы при неизменной частоте сердечной деятельности (за счет изменения ударного объема).

ЛИТЕРАТУРА

Хорма П., Кескпайк Ю., 1968. Регистрация биопотенциалов (ЭКГ, ЭМГ) и температуры тела у крякв (*Anas platyrhynchos*) путем радиотелеметрии. Сообщ. Прибалт. комиссии по изуч. мигр. птиц. Вып. 5 : 155—161.

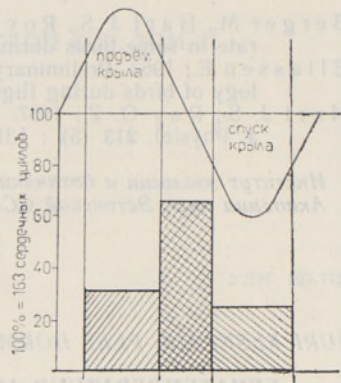


Рис. 8. Расположение сердечных циклов по отношению к взмаху крыльев.

Fig. 8. Heart cycles in relation to wing beats.

- Berger M., Hart J. S., Roy O. Z., 1970. Respiration, oxygen consumption and heart rate in some birds during rest and flight. *Z. vergl. Physiol.* **66** : 201—204.
- Eliassen E., 1963. Preliminary results from new methods of investigating the physiology of birds during flight. *Ibis* **105** (2) : 234—237.
- Hart J. S., Roy O. Z., 1967. Temperature regulation during flight in pigeons. *Amer. J. Physiol.* **213** (5) : 1311—1316.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
15/VI 1971

JURI KESKPAIK, PEET HORMA

KEHATEMPERatuur JA PULSISAGEDUS LENDAVAL MERIKAJAKAL

Resüme

Merikajakate kehatemperatuuri ja pulsisageduse muutuste uurimiseks kasutati raadio-telemetriat. Selgus, et lendavate merikajakate pulsisagedus on ca 8, puhkeolekus olevatel — 2—3 korda sekundis. Pulsisagedus lennul oleneb väga vähe lennu intensiivsusest (tab. 4).

Kehatemperatuur muutub lennu kestel 40,5—41,8 °C, öösel puhkeolekus 37,2—38,0 °C piirides.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Zooloogia ja Botaanika Instituut

Toimetusse saanud
15. VI 1971

JURI KESKPAIK, PEET HORMA

BODY TEMPERATURE AND HEART RATE OF FLYING SEA-GULLS (*LARUS M. MARINUS* L.)

Summary

The body temperature and heart rate were registered at various states of activity in the sea-gulls (3 birds). All experiments were made in the natural conditions at the Puhtu Bird Station (Fig. 1). Figs 3—8 and tables 1—4 show as follows: the body temperature in resting conditions at night fluctuates between 37.2 and 38.0 °C, during normal flight (flight time of more than one minute) from 40.5 to 41.8°. There is an "upper level" of the body temperature, and its regulation during the flight is behavioural. The heart rate at rest at night is about 2—3 beats a sec. During the flight it is about 8 beats a sec., depending only slightly on the intensity of flight.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Zoology and Botany

Received
June 15, 1971