

# Отдел I. Оригинальные статьи.

Из Физиологической лаборатории Казанского Ветеринарного Института, (Заведующий—проф. К. Р. Виктор о в).

## Влияние температуры на дыхание сердечной мышцы.

Вет. врача Е. С. Викторовой.

Как известно, сердечная деятельность ясно подчиняется закону Van't Hoffa, т. е. она учащается в 2—3 раза при повышении  $t^0$  на  $10^0C^1$ ). Этим самым сердечная деятельность характеризуется, как химический процесс. До сих пор, однако, мы не можем указать, каков характер химических процессов, лежащих в основе биений сердца, а между тем разрешение этого вопроса представляет значительный интерес в обще-биологическом смысле.

Не задаваясь широкой задачей выяснения в целом этого вопроса, я попыталась пролить некоторый свет на эту область определением силы дыхания сердечной мышцы при различных температурах и в разных условиях, так как одним из способов выяснения характера химических процессов в тканях является определение степени происходящих в них окислительных процессов.

Исследование мое было произведено на сердце лягушки, помещенном в известном микрореспирационном аппарате Winterstein'a <sup>2)</sup>, причем весь аппарат, для постоянства температуры в каждом отдельном случае, помещался в водяной стеклянный термостат при постоянном помешивании. Вырезанное вместе с синусом сердце за лигатуру прикреплялось к нижней поверхности пробки одного из сосудов аппарата менделеевской замазкой. Для поглощения выделяемой сердцем  $CO_2$  в сосуд наливалось незначительное количество крепкой калийной щелочи.

Необходимо отметить, что работа с аппаратом Winterstein'a требует чрезвычайной тщательности, сохранения постоянства условий в отдельных опытах и полной гарантии постоянства устанавливаемой температуры. При малейших сомнениях в точности методики следует отбрасывать опыт и начинать снова.

<sup>1)</sup> А. Kanitz. Zeitschr. f. Elektroch., 1907.

<sup>2)</sup> Winterstein. Bioch. Zeitschr., 1912, Bd. 46.

Опыты были поставлены с сердцем, заключавшем в себе кровь, затем с сердцем, промытым в жидкости Ringer'a, физиологическом растворе, в жидкости Tirodet, в жидкости Ringer'a без кальция и в таковой же без калия.

После того, как я убедилась, что продолжительное пребывание сердца в аппарате — до 3 часов — не отражается ни на частоте пульса, ни на величине потребления кислорода, я перешла к опытам с влиянием температуры. При этом каждый опыт слагался из двух частей: вначале аппарат с сердцем погружался на 45 мин. в термостат при комнатной температуре, в течение этого времени записывалась частота ударов сердца, по истечении же определялось количество потребленного кислорода, и аппарат вынимался; затем термостат подогревался на  $10^{\circ}\text{C}$ ., устанавливалось постоянство в нем температуры, и аппарат с сердцем снова погружался в воду опять на 45 мин., с предоставлением, однако, для согревания аппарата 10 минут лишних. В заключение производились такая же регистрация биений сердца и определение потребленного кислорода. Всего таким образом было поставлено 30 опытов.

Данные опытов с сердцем, сохранявшим в себе часть крови, показали, что частота сердечных сокращений довольно точно следует закону Van't Hoff'a, но цифры потребления кислорода оказались довольно неожиданными, а именно, они показали, что при повышении температуры потребление кислорода падает; в среднем из 11 опытов при лабораторной температуре получено: пульс = 16,5 в минуту, потребление кислорода за 45 мин. =  $21 \text{ mm}^3$ ; при повышенной на  $10^{\circ}\text{C}$ . температуре получено: пульс = 28,7 и потребление кислорода =  $16 \text{ mm}^3$ . Нельзя сказать, чтобы эти средние цифры совершенно точно отражали действительное положение вещей, так как в различных опытах колебания цифр были иногда значительны. Так, при обыкновенной  $t^{\circ}$  я имела наименьшее потребление кислорода =  $7,5 \text{ mm}^3$  при пульсе 18 и наибольшее =  $50 \text{ mm}^3$  при пульсе 15; точно также при повышенной температуре я имела наименьшее потребление кислорода =  $7,5 \text{ mm}^3$  при пульсе 50 и наибольшее =  $45 \text{ mm}^3$  при пульсе 35 минуту.

Затем было поставлено несколько опытов с сердцем, промытым жидкостью Tirodet. Жидкость эта обычно не употребляется для сердца, но было интересно взглянуть, как могут отразиться на деятельности последнего содержащиеся в ней фосфаты, так как фосфор является веществом, до некоторой степени благоприятствующим развитию окислительных процессов. Результаты получились следующие: в 3 опытах, мало отличавшихся друг от друга, получилось в среднем: при лабораторной температуре пульс = 16, по-

требление кислорода =  $12,5 \text{ mm}^3$ , при повышенной температуре пульс = 35, потребление кислорода =  $1,6 \text{ mm}^3$ . При этом оказалось, что жидкость Tirodet не отражается вредно на сердце при обыкновенной температуре, тогда как при повышенной в 2 опытах из 3 получилось полное отсутствие дыхания сердечной мышцы при прогрессивно падающем пульсе.

Результаты опытов с сердцем, промытым жидкостью Ringer'a, дали: в среднем при лабораторной температуре пульс оказался = 16, потребление кислорода =  $12 \text{ mm}^3$ , при повышенной же пульс = 21, потребление кислорода =  $7 \text{ mm}^3$ .

Промывание сердца жидкостью Ringer'a, лишенной кальция, дало следующие результаты: в среднем из 6 опытов при лабораторной температуре пульс оказался = 16 и потребление кислорода =  $7 \text{ mm}^3$ , при повышенной — пульс = 16, потребление кислорода =  $1,3 \text{ mm}^3$ . При этом нужно отметить, что потребление кислорода было понижено даже при лабораторной температуре, а в 2 опытах отсутствовало совсем, при повышенной же — потребление кислорода отсутствовало в 4 опытах. Точно также нужно указать и на отсутствие пульса в одном опыте при лабораторной температуре и в двух — при повышенной.

Промывание сердца жидкостью Ringer'a без калия дало следующие результаты: в среднем из 4 опытов пульс = 8, потребление кислорода =  $4 \text{ mm}^3$  для лабораторной температуры, при повышенной же пульс оказался = 9 при полном отсутствии потребления кислорода. Здесь нужно отметить еще большее ослабление сердца. В 2 случаях пульс отсутствовал как при обыкновенной, так и при повышенной температуре, а потребление кислорода в 3 случаях отсутствовало при обыкновенной температуре.

Приступая к разбору изложенных явлений, я остановлюсь на наиболее интересном факте, а именно, на уменьшении величины потребления кислорода сердцем при повышении температуры, несмотря на то, что частота биений сердца при этом повышается. Такое явление заставляет нас доискиваться источника, который дает сердцу возможность усиленно работать, и которым не могут быть окислительные процессы. Так как соответствие учащения пульса с законом Van't Hoff'a указывает нам, что таковым источником могут быть только химические процессы, то остается думать, что при повышении температуры входят в силу процессы аноксбиотического характера. Известно, что в организме происходят, и даже в больших размерах, такие процессы, и что многие из них сопровождаются освобождением тепла, могущего быть источником мышечной энергии. Конечно, нужно сознаться, что относительно

возможности для обыкновенных мышц в их работе пользоваться аноксибиотическими процессами мы не имеем развитого учения, но литература все же указывает, что этого нельзя отрицать. Так, Wacker<sup>1)</sup> <sup>2)</sup> указывает, что мышцы теплокровных могут вполне покрыть потребность в энергии аноксибиотическим распадом углеводов с образованием из виноградного сахара молочной кислоты. Эта последняя в последующем сгорает при участии кислорода, но это происходит значительно позднее самого сокращения<sup>3)</sup>.

Таким образом считается доказанным, что аноксибиотические процессы могут служить источником энергии; отсюда можно считать правильной и нашу мысль об участии этих процессов в работе сердца при повышении температуры. Но из наших результатов, кроме того, усматривается, что при повышении температуры, хотя и наблюдается уменьшение потребления кислорода, но все же оно имеется.

Ясно, что в данных случаях мы имеем участие не только аноксибиотических процессов, но и тех, где принимает участие кислород. При этом вполне естественно предположить, что оксидативным процессам подвергается тот же виноградный сахар, который, как углевод, требует извне гораздо меньших количеств кислорода, чем другие вещества, так как в его молекуле имеется больше его количества.

Этим путем имеется возможность удовлетворительно объяснить на первой взгляд парадоксальное явление уменьшения дыхания сердечной мышцы при повышении ее деятельности с повышением температуры.

Насколько можно при настоящих условиях судить, в литературе не имеется ничего относительно задачи, поставленной мною. Однако поиски в этом направлении дали мне возможность найти некоторые аналогии, подтверждающие мою мысль. Так, Bodenheimer<sup>4)</sup>, в 1916 г., исследуя действие некоторых ядов на процессы дыхания в сердце лягушки, установил, что, напр., при цианистом калии эти процессы весьма значительно уменьшаются при почти неизменной работоспособности сердца. Точно также интересны наблюдения Montuori<sup>5)</sup>, который, исследуя количество потребленного кислорода некоторыми морскими животными до и после нагревания морской воды, в которой они помещались, на-

<sup>1)</sup> Wacker, Pflüger's Arch., 1916, Bd. 163.

<sup>2)</sup> Wacker. Ibid., 1918, Bd. 174.

<sup>3)</sup> Hill. The Journal of Physiologie, 1911, v. 42.

<sup>4)</sup> Bodenheimer. Arch. f. exper. Path. u. Pharm., 1916, Bd. 80.

<sup>5)</sup> Montuori. Arch. ital. de biol., 1913, v. 59.



шел, что повышение температуры вызывает не повышение, а понижение потребления кислорода.

Выводы: 1) Потребление кислорода сердечной мышцей лягушки у различных индивидуумов различно. 2) Потребление кислорода не стоит в связи с частотой сокращений сердца. 3) Сердце лягушки в изолированном состоянии может длительно сохранять работоспособность и процессы дыхания в том случае, если в нем сохраняется часть крови; промывание же сердца изотоническими жидкостями ослабляет химические процессы и поднимает устойчивость сердца против высокой температуры. 4) Повышение температуры отражается учащением сердца в соответствии с законом *Van't Hoffa*. 5) Повышение температуры сердца понижает окислительные процессы в его мышце, причем увеличение деятельности сердца поддерживается частью аноксидирующим их разложением. 6) Антагонизм ионов калия и кальция не проявляется на процессах дыхания в сердечной мышце: оба действуют в одном направлении, ослабляя их. 7) Фосфаты понижают сопротивляемость сердца при высокой температуре, но не убивают его, так как при падении температуры деятельность сердца полностью восстанавливается.

---