

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SÔBRE O CONSUMO DE OXIGÊNIO PELAS PLANÁRIAS

Paulo Sawaya e
Maria Dolores Ungaretti

(Lab. Fisiologia Geral e Animal, Dept. de Zoologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo)

É fato corrente em fisiologia que a ingestão de alimentos pelos animais é seguida de aumento do consumo de oxigênio. Os Turbelários não fazem exceção à regra, e não pequena é a série de trabalhos relativos às alterações metabólicas quando êsses animais são submetidos a diferentes condições experimentais. Em relação às Planárias Tricladidas são particularmente dignas de menção as publicações de HYMAN (1919, p. 377), de ALLEN (1919, p. 420) de HYMAN, WILLIER e RIFENBURGH (1924, p. 473), entre outros, em que se demonstra haver sensível elevação da velocidade do metabolismo respiratório, logo após haverem sido ingeridos os alimentos.

Segundo HYMAN *et alt.* (l. c., p. 493) esse aumento depende da quantidade de alimento deglutiido e varia de cerca de 50 a 130% depois que se completa a ingestão. ALLEN (l. c.), em extenso trabalho, em que se encontram críticas ao conceito de "velocidade metabólica", particularmente nos invertebrados, conclue, de inúmeras experiências com *Planaria maculata* e *P. agilis*, que, sob temperatura constante, o consumo de oxigênio por êstes Turbelários decresce com o jejum. Após a alimentação, esse consumo se eleva de 80 a 140%. Nas suas experiências, a temperatura variou cerca de um grão apenas.

Afóra os trabalhos aqui sumariados, não nos foi possível encontrar, na bibliografia compulsada, dados referentes à variação do metabolismo respiratório em relação à temperatura. Apenas BOLEN (1931, p. 23) ocasionalmente, em rápida nota, assevera haver maior aceleração do consumo de oxigênio, quando a temperatura vai de 15°-30°C, em planárias mantidas em jejum que nas alimentadas.

Ao estudarmos as variações do consumo de oxigênio a diferentes temperaturas por diversos Turbelários, ofereceu-se-nos oportunidade de confirmar as asserções de BOLEN. O presente trabalho contém os resultados de nossas investigações.

Material e Método

Utilizámos as planárias que ocorrem comumente no tanque da Secção de Ciências Naturais, reconhecidas como *Dugesia tigrina* (GIRARD). Espécimes adultos de 9-12 mm, eram recolhidos e dispostos em placas de Petri, em água da fonte, filtrada, e distribuídos em dois lotes: um, de

animais a serem mantidos em jejum; e outro, de indivíduos a serem alimentados com pequenas porções de fígado fresco.

O consumo do oxigênio foi determinado (de animal por animal) por meio do microrespirômetro volumétrico para animais aquáticos, de SCHOLANDER e EDWARDS (1942, p. 292), tendo, apenas, sido modificada a câmara respiratória de modo a se poder usar o absorvente de CO₂ (ascarite ou sol. de KOH, ou de NaOH) completamente isolado do veículo em que o verme se achava mergulhado.

O micro respirômetro era colocado em tanque de temperatura constante e as leituras faziam-se de 15 em 15 minutos.

Terminada a série de experiências, determinava-se o peso seco do animal para a obtenção dos resultados em ml/gr/hora.

Como "planárias jejunas" considerámos as retiradas do estoque do laboratório, deixadas em água refiltrada, da fonte, e sem alimento durante 36 a 72 horas. As dosagens do oxigênio consumido eram feitas nesse intervalo. Definimos "planárias alimentadas" as que deglutiam fígado fresco, desde que se verificasse a entrada do alimento no tubo digestivo. Esses animais eram colocados na câmara respiratória no período de 0-24 horas após a ingestão.

Durante as diversas séries de experiências, as temperaturas constantes utilizadas foram de 20°, 25°, 30° e 35°C.

Agradeço ao Dr. George Edwards (Biological Laboratories Harvard University and Tufts College) o auxílio prestado na obtenção dos microrespirômetros e no seu manejo técnico. Ao Dr. Rubens Salomé Pereira meus agradecimentos pela revisão do manuscrito.

Discussão dos resultados

Pela tabela I verifica-se que a interferência da temperatura sobre a intensidade do consumo de oxigênio é bem acentuada. À medida que a

Influência da temperatura sobre o consumo de oxigênio por *Dugesia tigrina* (GIRARD). Os números indicam o O₂ consumido em ml/gr/hora.

TABELA I

Animais jejunos

Exp. N.º	T e m p e r a t u r a			
	20°	25°	30°	35°
1	—	2.104	3.594	—
2	2.840	—	4.386	—
3	1.450	2.337	1.922	3.360
6	1.011	1.213	1.942	2.630
7	1.841	2.630	3.156	4.471
Média	1.787	2.072	3.200	3.487

TABELA II

Animais alimentados

Exp. N.º	Temperatura			
	20º	25º	30º	35º
4	1.618	2.755	2.755	—
5	1.107	1.937	1.937	2.491
8	1.610	1.985	2.612	2.751
Média	1.445	2.225	2.434	2.621

temperatura se eleva (20-35º) cresce também o consumo do oxigênio, mesmo a 35°C, limite da resistência térmica dos animais. Com as planárias alimentadas o mesmo não acontece, i. é, a sensibilidade é muito menor. Como se vê na tabela II, a absorção do gás é mais intensa entre 20º e 25º. Entre 25º e 30º e entre 30º e 35º, é mínima a elevação do consumo de oxigênio.

Estes resultados vêm confirmar os resultados obtidos por BOLEN (l. c., p. 23) a que nos referimos acima.

A sistemática de *Dugesia tigrina* foi há pouco revista por MARCUS (1946, p. 146) e pelas observações do autor sabemos que êstes vermes se tornam sexualmente maduros ao alcançarem metade, ou mesmo menos, do seu tamanho definitivo (18 mm.). O material que usámos era inteiramente constituído de *Dugesia* maduras e a discrepância da variação do consumo de oxigênio não pode ser levada, portanto, à conta da imaturidade dos Turbelários alimentados a que se referem as nossas experiências.

Devido à homogeneidade do material que estudámos, também excluímos a hipótese de serem as *Dugesia* de idade diferente, pois, de acordo com as pesquisas de HYMAN (1919, p. 399) as planárias jovens consomem mais oxigênio que as maiores ou mais velhas.

Como se sabe, o processo digestivo (WESTBLAD 1923, p. 77; BRESSLAU 1933, p. 195) de muitos Turbelários (Rhabdocelos — Trieladidas) é relativamente complexo, realizando-se intracelularmente (digestão intraplasmática), ou extracelularmente (digestão extraplasmática). A coexistência de ambos os processos é, mesmo, geralmente admitida.

IJJIMA (1884, p. 392), em *Dendrocoelium lacteum*, ARNOLD (1909, p. 214) em *Planaria lactea* e HYMAN (1925, p. 306) em *P. dorotocephala* descrevem a digestão por fagocitose, portanto intraplasmática, e ARNOLD chega mesmo a admitir (l. c., p. 218), em todos as Trieladidas, digestão inter e intracelular. O mesmo, possivelmente, se dá com *Dugesia tigrina*, Trieladida de comportamento que lembra o daqueles vermes. Sem dúvida, a maior sensibilidade das planárias jejunas à variação de temperatura deve estar intimamente ligada a êsse processo digestivo relativamente complexo, como é o intraplasmático. Este ponto merece ligeiro reparo. É sabido que algumas planárias dágua doce são capazes de resistir um ano e mais ao jejum, reduzindo de 1/12 a 1/300 o volume do corpo, como

foi verificado por STOPPENBRINK (1905, p. 501) em *P. alpina*. Além disso, conforme as observações de HYMAN, WILLIER e RIFENBURGH (1924, p. 482) e WILLIER, HYMAN e RIFENBURGH (1925, p. 309) *P. dorotocephala*, que apresenta digestão intracelular característica, requer cinco dias para que se complete a digestão do alimento nos vacúolos do entoderma, e que o alimento é armazenado no entoderma principalmente sob a forma de gorduras. Esta reserva não desaparece mesmo sob jejum prolongado (HYMAN 1932, p. 584). Acrescenta, ainda, a autora que o aumento do metabolismo respiratório causado pela alimentação declina rapidamente e, de uma a duas semanas após a alimentação, o metabolismo respiratório atinge a nível constante. Depois deste período, a velocidade respiratória começa a elevar-se, fenômeno resultante do jejum. Consequentemente, o período de cerca de duas semanas de jejum pode ser tido como adequado para se iniciarem as experiências sobre a respiração (p. 585).

Como se vê, os resultados a que HYMAN e colaboradores chegaram, estão a indicar interferência profunda da alimentação no metabolismo respiratório destes vermes. Tôdas as suas experiências, é de notar-se, foram realizadas à temperatura praticamente constante.

Por havermos trabalhado sob condições de constância de tensão de oxigênio, particularidade especial da técnica do método empregado, exclui-se, na divergência dos resultados acima referidos, a influência das tensões do gás, visto que, de acordo com as pesquisas de LUND (1921, p. 203) e de FRAPS (1930, p. 269), em *P. agilis*, as baixas tensões limitam o consumo do oxigênio.

Finalmente, cabe aqui recordar que CHILD (1919, p. 252) com base em suas experiências sobre o CO₂ produzido por planárias jejunas e alimentadas, emitiu a hipótese de o jejum provocar como que o rejuvenescimento das planárias, i. é, a velocidade das reações aumentam durante o jejum de modo que "os animais se tornam fisiologicamente mais jovens à medida que o jejum progride".

Pelo que acabamos de vêr, o assunto aqui abordado é bastante complexo. No momento, apenas podemos aventar a hipótese de ser bem possível que a discrepância, agora assinalada, em relação ao efeito da temperatura sobre animais jejunos e animais alimentados, dependa do processo de digestão particular, que se observa nesses vermes. Infelizmente, a digestão intraplasmática é fenômeno imperfeitamente conhecido. Se bem que já se tenha esclarecido o mecanismo da fagocitose, característica dessa modalidade de digestão, as reações que se operam no interior da célula intestinal não têm sido interpretadas à luz de resultados experimentais controversos.

No presente trabalho não é nosso intuito aprofundar o estudo do mecanismo deste processo, mas tão somente indicar os resultados obtidos em nossas experiências, com material tão promissor para os estudos de fisiologia comparada. Além de confirmarmos a nota rápida de BOLEN, já citada, desejamos chamar a atenção para o fato, i. é, o de ser maior o consumo de oxigênio pelas *Dugesia* jejunas do que pelas alimentadas, pois, é prática corrente, nas pesquisas do metabolismo respiratório, determinarem-se as quantidades do gás respirado em animais mantidos em

jejum, na presunção de que, nessas condições, se achem êles em estado metabólico mais próximo do chamado metabolismo basal.

A análise e a elucidação do fenômeno aqui estudado dependerão de experiências mais amplas e mais profundas.

Resumo

Do exposto podemos concluir:

1. As variações da temperatura de 20° a 35° gráos influem, preponderantemente, sôbre o metabolismo respiratório de *Dugesia tigrina* (GIRARD).
2. Acima de 35°C êsses Turbelários morrem.
3. Os animais jejunos têm metabolismo respiratório (avaliado pelo consumo de oxigênio) mais acentuado do que os animais alimentados com fígado fresco, quando submetidos às temperaturas referidas no item 1.

Summary

Temperature and Oxygen Consumption of Planaria — *Dugesia tigrina* (Girard).

The metabolic rate of Turbellarians changes directly with temperature as many other animals do. HYMAN *et alt.*, ALLEN, etc. have demonstrated that some species of triclad planarians increase the oxygen consumption after feeding. In the extense litterature at our disposal we did not find any reference on the relation between temperature and starved and fed planarians. Only BOLEN (1931, p. 23) mentions that variation of temperature (15° to 30°) increases the oxygen consumption more in starved than in fed Planarians.

This paper contains the results of some experiments dealing with temperature and oxygen consumption of *Dugesia tigrina* (GIRARD) the most common planarian in the outskirts of São Paulo.

The oxygen consumption was measured by means of a volumetric microrespirometer described by Scholander and Edwards (1942, p. 292). The respiratory chamber has been somewhat modified in order to receive solution of CO₂ absorber. The range of temperatures from 20° to 35° was investigated on starved and fed *Dugesia*.

By "starved *Dugesia*" we mean animals which have stayed in tap water twice filtered 36 to 72 hours without food. In the mean time the experiments were run out. "Fed *Dugesia*" were those living in tap water and which swallowed fresh beef-liver. The oxygen consumption of these *Dugesia* have been determined 24 hours after particles having been seen into the gut.

Tables I and II summarise the results, by which we see that starved *Dugesia* consumes much more oxygen than the fed ones, when the animals are submitted to temperatures ranging from 20° to 25° and from 30° to 35°. The limit of resistance of those Turbellarians is about 35°C. Above 35°C all of them die.

These results are discussed in this paper. Probably the phenomenon here described is connected with intracellular digestion. HYMAN (1932, p. 585) mentions that "1-2 weeks after feeding the respiratory metabolism of *P. dorotocephala* reaches at a constant minimum level. Following this period, the respiratory rate begins to rise as a result of starvation". On the other hand, we have observed that not only starvation increases the respiratory rate but that the temperature acts in much the same way and its influence is deeper than that of starvation.

Bibliografia

- Allen, G. D.** 1919 — Quantitative studies on the Rate of Respiratory Metabolism in Planaria, Amer. Jour. Physiol., v. 49, 420-473, Baltimore, Md. **Arnold, C.** 1909 — Intra-cellular and General Digestive Processes in Planaria. Quart. Journ. Micr. Sci., N. S., v. 54, n. 214, pp. 207-220, London. **Bolen, H. R.** 1931 — The effects of cyanid and of food on the oxygen consumption by Planaria at different temperatures. Anat. Rec., v. 51, n. 1, Supp., p. 23. Philadelphia, Pa. **Bresslau, E.** 1933 — Turbellaria em **Kükenthal, W. e Krumbach, T.** — Handb. Zool., v. 2. 1.^a metade, pp. 52-304, W. de Gruyter Co., Berlin e Leipzig. **Child, C. M.** 1919 — A Comparative Study of Carbon Dioxide Production during Starvation in Planaria. Amer. Jour. Physiol., v. 48, pp. 231-257, Baltimore, Md. **Frapé, M.** 1930 — Studies on Respiration and Glycolysis in Planaria I. Methods and Certain Basic Factors in Respiration. Physiol. Zool., v. 3, n. 2, pp. 242-270. Chicago, III. **Hyman, L.** 1919 — Physiological Studies on Planaria. III. Oxygen Consumption in Relation to age (size) differences. Biol. Bull., v. 37, n. 6, pp. 388-403, Woods Hole, Mass. — 1919 — Idem, V. Oxygen consumption of pieces with respect to length, level, and time after section. Journ. Exp. Zool., v. 37, n. 1, pp. 47-67, Philadelphia, Pa. — 1932 — The Axial Respiratory Gradient: Experimental and Critical. Physiol. Zool., v. 5, n. 4, pp. 566-592, Chicago, III. **Hyman, L., Willier, B. H. & Rifenburgh, S. A.** 1924 — Physiological studies on Planaria. VI. A respiratory and histochemical investigation of the source of the increased metabolism after feeding. J. Exp. Zool., v. 40, n. 3, pp. 473-494, Philadelphia, Pa. **Iijima, I.** 1884 — Untersuchungen über den Bau die Entwicklungsgeschichte der Süßwasser — Dentrocoelen (Tricladen). Zeit. wiss. Zool., v. 40, n. 3, pp. 359-464, t. 20-23, Leipzig. **Lund, E. J.** 1921 — Oxygen Concentration as a Limiting Factor in the Respiratory Metabolism of Planaria Agilis. Biol. Bull., v. 41, n4, pp. 203-220, Woods Hole, Mass. **Marcus, E.** 1946 — Sôbre Turbellaria Brasileiros. Bol. Fac. Ciênc. e Letras, Zoologia n. 11, pp. 5-253, 31 t., São Paulo. **Scholander, P. F. e Edwards, G. A.** 1942 — Volumetric Microrespirometer for Aquatic Organisms. Rev. Sci. Instruments, v. 13, n. 7, pp. 292-295, Lancaster, Pa. **Stoppenbrink, F.** 1905 — Der Einfluss herabgesetzter Ernährung auf den histologischen Bau der Süßwassertricladen. Zeit. wiss. Zool., v. 79, n. 41, pp. 496-547, t. 25, Leipzig. **Westblad, E.** 1923 — Zur Physiologie der Turbellarien Lunds Univ. Aarskrift N. F., Avd. 2, v. 18, n. 6 (Kungl. Fysiogr. Sällsk. Handl N. F. v. 23, n. 6), pp. 1-212, t. 1-2, Lund e Leipzig. **Willier, B. H., Hyman, L. e Rifenburgh, S. A.** 1925 — A histochemical study of intracellular digestion in trielad flat-worms. J. Morph. a. Physiol., v. 40, n. 2, pp. 299-340, Philadelphia, Pa.