

Discussion. Figure 2 shows that the delay in compliance as assessed by T_A/T_B becomes asymptotic at strain levels corresponding approximately to the upper limits of strain found in-vivo in the two directions. For high frequencies the ratio T_A/T_B can be shown to be equivalent to the ratio of the dynamic elastic modulus (E^*) to the static elastic modulus (E), namely, the modulus ratio⁸.

The dynamic elastic modulus E^* can be expressed in terms of the static elastic modulus⁹.

$$E^* = E \cdot \frac{(1 + \lambda_2 s)(1 + \lambda_4 s) \dots (1 + \lambda_n s)}{(1 + \lambda_1 s)(1 + \lambda_3 s) \dots (1 + \lambda_{n-1} s)}$$

where $\lambda_1 - \lambda_n$ are constant coefficients and s represents the Laplace operator. For zero frequency

$$E^* = E^*(0) = E.$$

For infinite frequency

$$E^*(\infty) = E \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) \left(\frac{\lambda_4}{\lambda_3} \right) \dots \left(\frac{\lambda_n}{\lambda_{n-1}} \right) = kE$$

$$\therefore \frac{E^*(\infty)}{E} = k$$

where k is a constant, whose magnitude depends upon the level of the initial strain (ϵ_0). In this investigation the tension (T) resulting from a step input of strain can be related to the strain, that is:

$$T(s) = E^* \mathfrak{L}\{\epsilon(t)\} = \frac{1}{s} \cdot E^*(s).$$

For functions of time (t) where $t \rightarrow \infty$ then by the final-value theorem¹⁰,

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot F(s)$$

$$\therefore T(t \rightarrow \infty) = T_B = s \cdot \frac{1}{s} \cdot E^*(0) = E.$$

Similarly for a function of time where $t \rightarrow 0$, then by the initial-value theorem¹⁰,

$$\lim_{t \rightarrow 0^+} f(t) = \lim_{s \rightarrow \infty} s \cdot F(s)$$

$$\therefore T(t \rightarrow 0) = T_A = s \cdot \frac{1}{s} \cdot E^*(\infty) = E^*(\infty)$$

$$\therefore \frac{T_A}{T_B} = \frac{E^*(\infty)}{E} = k.$$

The only error in equating these ratios is the extent to which $T(\infty)$ equals T_B , the latter being the residual tension 3 min after the application of strain. It was found that the decay of tension from $t = 2$ min to $t = 3$ min represented less than 2% of the tension decay from $t = 0$ to $t = 2$ min.

Thus, the ratio T_A/T_B becomes equivalent to the modulus ratio E^*/E when the frequency becomes sufficiently high such that E^* approximates $E^*(\infty)$.

The delayed compliance in the abdominal aorta was greater in the tangential direction than reported for the femoral artery⁴ but in contrast to the latter was more pronounced in the longitudinal direction. This is consistent with the concept of a preponderance of serial arrangements between the elastic and viscous elements of the arterial wall in the tangential direction: with, however, a significant fraction of parallel arrangements in the longitudinal direction. These findings coincide with the histological observations of BENNINGHOFF¹¹ and ATTINGER⁵ who found that abdominal aortic cross sections of recoiled samples showed, at the outer border of the media, evidence of smooth muscle bundles which were cut transversely. Conversely, longitudinal sections showed longitudinally oriented muscle bundles which changed direction to run circumferentially.

Conclusion. The static elastic modulus and delayed compliance of the canine abdominal aorta were found to be a function of tangential and longitudinal strain; both variables being greater in the tangential direction. The delayed compliance was shown to be equivalent to the modulus ratio for high frequencies¹².

Résumé. Le module statique élastique et l'extensibilité (compliance) retardée de l'aorte abdominale du chien est une fonction des tensions tangentielle et longitudinale; ces deux variables prédominant dans la direction tangentielle. On a constaté que l'extensibilité était égale au rapport du module pour les fréquences élevées.

J. BAGSHAW and FRANÇOISE M. L. ATTINGER^{13, 14}

Bockus Research Institute and Department of Physiology, University of Pennsylvania, 19th and Lombard Streets, Philadelphia (Pennsylvania 19146, USA), 6 December 1971.

⁸ O. F. RANKE, Z. Biol. 95, 179 (1934).

⁹ E. H. LEE, in *Viscoelasticity, Phenomenological Aspects* (Ed. J. T. BERGEN; Academic Press, New York, 1960), p. 1.

¹⁰ J. G. TRUXAL, *Automatic Feedback Control System Synthesis* (McGraw-Hill Book Co., New York 1955), p. 44.

¹¹ A. BENNINGHOFF, *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen* (Springer, Berlin, 1930), vol. 6.

¹² This work was supported in part by Program Project Research Grant No. HE 07762 from the Public Health Service and Office of Naval Research Contract No. N-ONR 551 (54).

¹³ The authors are indebted to Dr. L. H. PETERSON for his support, Dr. R. H. COX for his helpful suggestions and Mr. E. C. MOORE for his excellent technical assistance.

¹⁴ Present address of F. M. L. Attinger: Department of Pediatrics, University of Virginia, Charlottesville (Virginia 22901, USA).

Rôle du ganglion frontal sur le rythme cardiaque chez *Locusta migratoria* L.

Le ganglion frontal (GF) est classiquement connu pour intervenir sur une réaction nutritionnelle, paraissant différente suivant les espèces, et sur une réaction ovarienne uniforme¹. Ces réactions, étudiées en détail chez *Locusta*²⁻⁷, mettent en cause les corpora allata (CA)^{8, 9} et les cellules neurosécrétrices de la pars intercerebralis (PI)^{9, 10}. Connaissant l'importance de l'action des CA sur la valeur du rythme cardiaque chez *Locusta migratoria*¹¹⁻¹³, nous envisageons ici l'effet de l'ablation du GF sur le rythme du cœur de cet Insecte.

L'ablation du GF, qui est une opération facile, se solde fréquemment, dans nos conditions expérimentales, par

une mortalité élevée, plus spécialement en fonction de l'époque de l'intervention.

Le Tableau I indique qu'il est préférable d'attendre au moins le premier jour de la vie imaginaire (c'est-à-dire plus de 24 h après la métamorphose) pour réaliser l'ablation de GF si l'on veut avoir des chances de survie raisonnables jusqu'à J 15. L'opération est donc effectuée à J 1 ou J 2 sur des mâles et des femelles adultes et le rythme cardiaque mesuré 5, 10 et 15 jours après l'opération.

Les résultats, indiqués dans le Tableau II, donnent des différences significatives à la fois chez les mâles et les femelles, à une exception près (chez les mâles, 15 jours

Tableau I. Pourcentage de mortalité selon le jour de l'opération après ablation du ganglion frontal chez *Locusta migratoria*

% de morts à l'opération à	J1	J5	J10	J15
J0	5	50	80	100
J1	—	4	50	85
J2	—	4	60	65

après l'opération). Nous notons une diminution plus importante du rythme cardiaque chez les femelles qui peut être mise en rapport avec celle également plus importante chez les femelles (20% contre 8%) qui suit l'ablation de CA¹². Nous savons d'ailleurs que la réponse des mâles aux interventions endocrines est toujours moins importante que celle des femelles¹³.

Cette diminution du rythme cardiaque après frontalectomie apparaît supérieure à celle provoquée par un jeûne de 3 jours¹⁴ et pourrait être produite par un processus différent.

En effet, les animaux qui jeûnent – et qui survivent très peu dans nos conditions expérimentales – doivent présenter une diminution du rythme cardiaque en liaison directe avec le manque de nourriture. Les animaux privés

Il est de toutes manières très vraisemblable que l'aspect dégénératif des CA qui suit la frontalectomie, et qui doit correspondre réellement à une dégénérescence physiologique, induise une diminution du rythme cardiaque.

Envisager la chute du rythme cardiaque après ablation du GF par l'intermédiaire des CA permet de comprendre pourquoi le rythme est plus faible dans ce cas qu'après un jeûne sévère au cours duquel les CA sont à peu près intacts⁹. Il faut cependant se garder de faire correspondre la frontalectomie à une allactomie; le rythme cardiaque résiduel après ablation du GF est nettement supérieur à celui qui suit l'ablation des CA¹².

Il n'est pas possible de choisir entre une diminution de rythme cardiaque qui serait le fait de l'absence de GF au niveau des CA ou au niveau du métabolisme; il est vraisemblable que les deux phénomènes interfèrent.

Cependant l'action des CA sur le rythme cardiaque^{11, 12} et l'action du GF sur les CA⁹ permettent d'expliquer la baisse du rythme cardiaque qui suit la frontalectomie comme une conséquence, au moins en partie de cette ablation sur les CA.

Summary. Removal of the frontal ganglion results in a decrease of the cardiac rhythm which is more important than the one following starvation in the adults of both sexes of *Locusta migratoria*. This decrease may be due in part to the reduction of protein metabolism but also,

Tableau II. Rythme cardiaque après ablation du ganglion frontal chez *Locusta migratoria*

Temps après l'opération	Femelles opérées n	RC		Témoins n	RC	Comparaison des moyennes (p)
		RC	Témoins			
5 jours	14	63,0 ± 1,0		15	69,6 ± 4,5	< 0,001
10 jours	9	59,3 ± 2,0		14	74,4 ± 6,6	≤ 0,001
15 jours	5	61,6 ± 2,4		11	75,6 ± 5,9	≤ 0,001
Mâles opérés			Témoins		Comparaison des moyennes (p)	
5 jours	13	65,8 ± 4,5		15	70,6 ± 4,5	≤ 0,01
10 jours	12	65,1 ± 7,2		14	72,7 ± 6,8	≤ 0,01
15 jours	6	65,5 ± 7,3		12	72,5 ± 5,5	0,05 < p < 0,1

de GF mangent, sans augmenter de poids il est vrai², et survivent plus longtemps. Mais surtout leur CA présentent des modifications; on les a décrit comme n'augmentant pas en taille comme ceux des témoins chez de jeunes femelles⁸ ou présentant des signes de dégénérescence chez les stades IV et V et les jeunes adultes⁹. Il apparaît d'ailleurs que c'est tout le système endocrinien qui est perturbé après ablation du GF. CLARKE et ses collaborateurs ayant montré des interactions des CA, des corpora cardiaca (CC) et de la PI^{4-7, 9}.

En ce qui concerne le rythme cardiaque, la première idée qui vient à l'esprit est de mettre en parallèle la diminution de rythme qui survient chez les animaux frontalectomisés avec celle qui suit une période de jeûne et de l'expliquer par le défaut du métabolisme protidique (mauvaise utilisation de la nourriture) lié plus précisément aux hormones des CC dans la synthèse des ARN et la production d'enzymes^{4, 6}. Cependant, après les recherches de CLARKE et ANSTEE^{7, 9} qui mettent en cause directement les CA, il faut envisager la possibilité d'expliquer la diminution du rythme cardiaque par cet intermédiaire endocrinien. Cette diminution entrerait dans le cadre de l'action générale des CA sur le rythme cardiaque.

according to STRONG⁸ and CLARKE and ANSTEE^{7, 9}, to interruption of the normal activity of the CA brought on by frontalectomy.

J.-P. ROUSSEL

Laboratoire de Biologie Générale, Université Louis Pasteur, 12, Rue de l'Université, F-67000 Strasbourg (France), 27 décembre 1971.

¹ J.-P. ROUSSEL, Bull. Soc. zool. fr. 91, 379 (1966).

² K. U. CLARKE et P. A. LANGLEY, Nature, Lond. 198, 811 (1963).

³ K. U. CLARKE et P. A. LANGLEY, J. Insect Physiol. 9, 411 (1963).

⁴ K. U. CLARKE et C. GILLOTT, Nature, Lond. 208, 808 (1965).

⁵ K. U. CLARKE et C. GILLOTT, J. exp. Biol. 46, 27 (1967).

⁶ K. U. CLARKE et C. GILLOTT, J. exp. Biol. 46, 27 (1967).

⁷ K. U. CLARKE et J. H. ANSTEE, J. Insect Physiol. 17, 717 (1971).

⁸ L. STRONG, Nature, Lond. 210, 330 (1966).

⁹ K. U. CLARKE et J. H. ANSTEE, J. Insect Physiol. 17, 929 (1971).

¹⁰ C. GILLOTT, G. S. DOGRA et A. B. EWEN, Can. Ent. 102, 1083 (1970).

¹¹ J.-P. ROUSSEL, C.R. Acad. Sci., Paris 269, 371 (1969).

¹² J.-P. ROUSSEL, Archs Zool. exp. gén. 171, 65 (1970).

¹³ J.-P. ROUSSEL, Acrida, 1, 17 (1972).

¹⁴ J.-P. ROUSSEL, C.R. Acad. Sci., Paris 272, 289 (1971).