

Zeitschrift: Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire
ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

Band: 126 (1984)

Artikel: Vergleichende Betrachtung des Kontraktilitätsmasses $\max. dp/dt$ bei Pferd, Rind, Schwein, Hund, Katze und Mensch

Autor: Beglinger, R. / Becker, M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-588434>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Aus dem Institut für Veterinär-Physiologie und der Veterinär-Chirurgischen Klinik¹
der Universität Zürich

Vergleichende Betrachtung des Kontraktilitätsmasses $\max. dp/dt$ bei Pferd, Rind, Schwein, Hund, Katze und Mensch

von R. Beglinger und M. Becker¹

I. Einleitung

Vergleichende Untersuchungen von Herz- und Kreislauffunktionen bei verschiedenen Säugetieren demonstrieren, dass manche Parameter in derselben Grössenordnung liegen, andere aber deutliche Unterschiede von Spezies zu Spezies zeigen.

So hat z.B. der Blutdruck, abgesehen von physiologischen Einflüssen des Alters und des Geschlechts, bei fast allen Säugetieren dieselben Dimensionen. Eine bekannte Ausnahme ist die Giraffe, deren Herz einen systolischen Druck von über 200 mm Hg entwickeln muss, um das hoch gelegene Gehirn genügend zu durchbluten. Hingegen findet man tierartige Unterschiede bei der Herzschlagfrequenz, dem Herzminutenvolumen, dem Herzindex (l/m^2) und der relativen Systolendauer.

Da über Herzschlagfrequenz, Blutdruck und Herzminutenvolumen bereits ausgiebig geschrieben wurde, beschränken wir uns in dieser Arbeit auf die vergleichende Betrachtung des Kontraktilitätsparameters $\max. dp/dt$.

Hauptsächlich vier Faktoren beeinflussen die Dynamik des Herzens in situ: Faserausgangslänge (Preload), kontraktiles Myokardzustand (Inotropie), Widerstand gegen den das Blut ausgeworfen wird (Afterload) und die Herzschlagfrequenz.

Die Vorbelastung (Preload) ist durch den enddiastolischen Füllungsdruck gegeben. Da die enddiastolische Faserdehnung der Ventrikel oder das enddiastolische Volumen am Ganztier nur mit grossem Aufwand messbar sind, kann angenähert der linksventrikuläre enddiastolische Druck (LVEDP) als Mass für den Preload angenommen werden. Die Nachbelastung (Afterload) entspricht, nach der Öffnung der Aortenklappe, dem der Ventrikelentleerung entgegengesetzten Widerstand. Als Mass dafür nimmt man den mittleren diastolischen Aortendruck.

Das systolische Intervall oder die Herzschlagfrequenz wird mit einem synchron registrierten EKG bestimmt.

Gemäss dem Frank-Starling-Gesetz wird bei der Erhöhung der Faserausgangslänge das Schlagvolumen gesteigert. Diese Steigerungsfähigkeit hat aber gewisse Grenzen. Eine weitere Erhöhung des Schlagvolumens, z.B. bei körperlicher Belastung, erfolgt dann unter dem Einfluss des Sympathicus und beruht auf einer von der Vordeh-

¹ Adresse: Dr. Max Becker, Veterinär-Chirurgische Klinik, Winterthurerstrasse 260, CH-8057 Zürich

nung unabhängigen Steigerung der kontraktilen Kraft des Myokards. Man spricht in diesem Falle von einer positiv inotropen Wirkung.

Die Kontraktilität oder Inotropie des Herzmuskels kann am Ganztier nur indirekt gemessen werden:

Als indirektes Kontraktilitätsmass wird meistens die maximale Druckerhöhungsgeschwindigkeit ($\max. dp/dt$) verwendet, da Änderungen von $\max. dp/dt$ in erster Linie bei Änderung der Kontraktilität auftreten (*Bussmann, 1974*). Der Parameter $\max. dp/dt$ ist demnach ein gutes, wenn auch indirektes Mass für die Verkürzungsgeschwindigkeit der kontraktilen Elemente während der isovolumetrischen Phase des linken Ventrikels.

Da z. B. viele Anästhetika einen stark negativen inotropen Effekt haben, ist die Berücksichtigung des Parameters $\max. dp/dt$ bei der pharmakologischen Beurteilung eines Präparates unerlässlich. Uns interessierte primär der «physiologische» Bereich von $\max. dp/dt$ bei verschiedenen Tierarten. Ferner untersuchten wir, ob Abhängigkeiten dieses Parameters vom Körpergewicht, von der aktuellen Herzschlagfrequenz und vom jeweiligen Preload der untersuchten Spezies bestehen.

II. Material und Methode

Um die raschen Druckänderungen im linken Ventrikel zu erfassen, muss das Messsystem eine Eigenfrequenz von mehr als 100 Hz aufweisen. Durch die Entwicklung sogenannter Katheter-Tipmanometer, welche einen mechanisch-elektrischen Druckwandler an der Spitze haben, sind diese Messungen erst möglich geworden.

Die Untersuchungen beim Schwein wurden an 20 Göttinger Miniaturschweinen durchgeführt. Wir implantierten den Tieren einen Katheter in die Arteria carotis (*Becker und Beglinger, 1979*) und schoben durch ihn, für das Tier völlig schmerzfrei, 4 bis 6 Tage danach ein Mikro-Tipmanometer² unter Röntgensichtkontrolle in den linken Ventrikel.

Das Vorgehen bei den 10 Katzen war ähnlich; nur verwendeten wir ein dünneres Katheter-Tipmanometer² mit einem Durchmesser von 1,3 mm entsprechend 4 F.

Bei den Grosstieren wurde unter lokaler Anästhesie die Arteria carotis freipräpariert und das Tipmanometer³ durch eine kleine Inzision direkt in das Gefäß eingeführt (*Spörri und Denac, 1969*). Um die Katheterspitze zu lokalisieren, zeichnete man simultan bei Pferd und Rind ein intrakardiales EKG auf.

Die intrakardialen Drücke, ein intrakardiales Phonokardiogramm, ein EKG und die Druckerhöhungsgeschwindigkeit dp/dt als Differentialquotienten des Druckes nach der Zeit wurden synchron registriert⁴.

Alle Messungen wurden an wachen, nicht sedierten Katzen, Schweinen, Kühen und Pferden vorgenommen. Die ebenfalls von wachen Hunden und Menschen stammenden Werte entnahmen wir der Literatur. Während der Untersuchungen befanden sich die Schweine in einer Hängematte, die Katzen saßen oder standen auf einem Tisch und die Grosstiere waren in einem Stand angebunden.

III. Ergebnisse

In der Tabelle 1 sind die am Institut für Veterinär-Physiologie erhobenen Daten und die aus der Literatur entnommenen zusammengefasst.

² Millar® PC-550 und PC-340, Houston, Texas

³ Telco®, Gentilly-sur-Seine, France

⁴ Electronics for Medicine Inc., White Plains, N.Y.

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen von Körpergewicht, Herzschlagfrequenz, max. dp/dt und LVEDP bei sechs wachen Spezies

Spezies	Anzahl	Körpergewicht (kg)	Herzfrequenz ($f \cdot \text{min}^{-1}$)	max. dp/dt (mm Hg/s)	LVEDP (mm Hg)
Katze	10	$4,8 \pm 0,6$	188 ± 26	4587 ± 1384	10 ± 5
Hund ¹	9	(25)	128 ± 16	3114 ± 185	3 ± 4
Schwein	20	$21,4 \pm 1,7$	117 ± 24	3621 ± 722	19 ± 4
Rind ²	6	536 ± 81	73 ± 10	2219 ± 448	23 ± 8
Pferd ²	5	561 ± 57	44 ± 9	1177 ± 302	21 ± 14
Mensch ³	20	(70)	78 ± 10	1687 ± 379	14 ± 4

¹ Nagel et al. (1979)² Spörri (unveröffentlicht)³ Bussmann (1974)

Die Abbildung 1 zeigt einen Kurvenausschnitt mit den synchron registrierten Grössen: dp/dt (mm Hg/s), intrakardiales Phonokardiogramm mit I. und II. Herzton, Druck im linken Ventrikel (LVP) und das EKG Abl. A.

VI. Diskussion

Betrachtet man die Kolonne max. dp/dt in der Tabelle 1, so fallen die grossen tierartigen Unterschiede dieses Parameters auf. Korrelieren wir diese Zahlen mit dem Körpergewicht der entsprechenden Spezies, so findet man eine negative Abhängigkeit (Abb. 2). Kleine Herzen scheinen eine höhere Kontraktilität aufzuweisen als grössere.

Bei Ratten und Mäusen dürfte man demnach Werte von 6000–7000 mm Hg/s erwarten.

Dass der Parameter max. dp/dt aber nicht nur vom Körpergewicht, sondern auch von der aktuellen Herzschlagfrequenz abhängt, zeigt die Abb. 3. Wir stellten eine signifikante Korrelation ($P > 0,01$) zwischen max. dp/dt und der aktuellen Frequenz der untersuchten Spezies fest. Dass erhöhte Frequenzen die Kontraktilität des Myokards steigern, ist bereits länger bekannt (Mason, 1969; Morgenstern et al., 1970).

Bei der Berechnung der Abhängigkeit max. dp/dt von der Herzschlagfrequenz innerhalb der Spezies, z. B. bei der Katze (50 Messungen bei 10 Tieren), erhielten wir einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,58$.

Dass dieser Koeffizient nicht grösser ist, erstaunt weiter nicht, da beim Ganztier neben der Frequenzinotropie auch die Reaktionslage des vegetativen Nervensystems, die zirkulierenden Katecholamine, Verschiebungen im Säure-Basen-Haushalt und die myokardiale Sauerstoffversorgung den Kontraktilitätszustand beeinflussen (Fischer, 1979).

Wie schon in der Einleitung erwähnt, wird die Dynamik des Herzmuskels, ausser von der Inotropie und Frequenz, zusätzlich von Preload und Afterload beeinflusst.

Da unter physiologischen Bedingungen max. dp/dt in die isovolumetrische Phase der Ventrikelkontraktion, d. h. vor die Öffnung der Aortenklappe fällt, hat der Afterload auf unsere Untersuchungen wenig Einfluss.

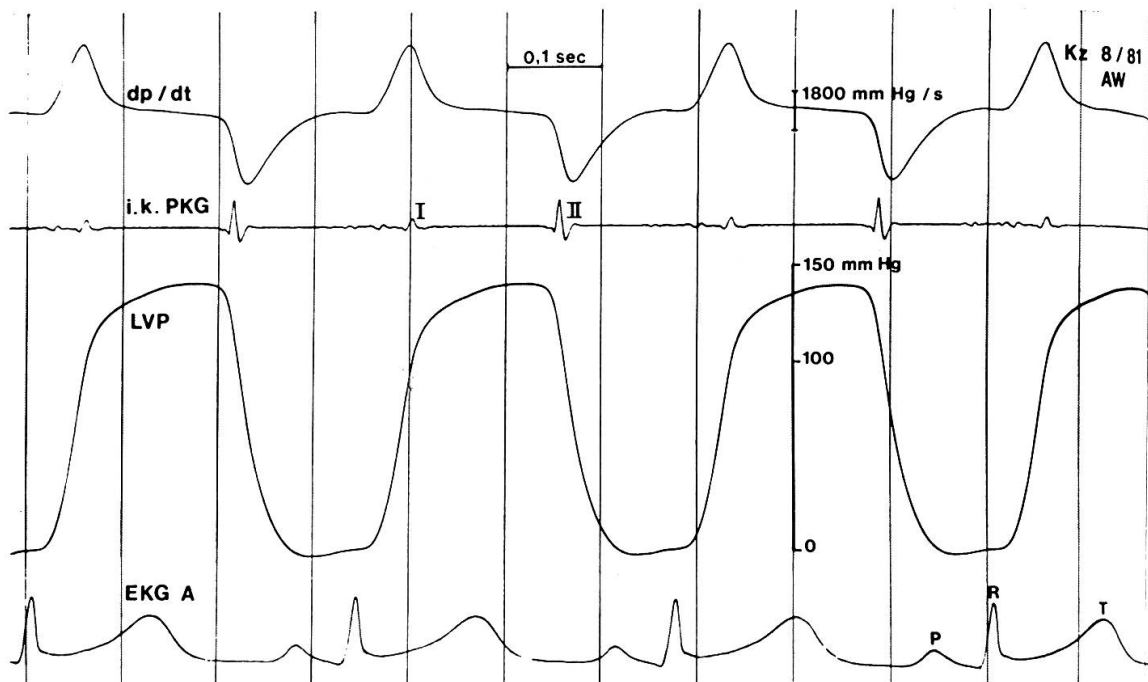


Abb. 1 Filmausschnitt mit synchroner Registrierung der Druckanstiegsgeschwindigkeit (dp/dt), eines intrakardialen Phonokardiogramms (I. und II. Herzton), des Druckes im linken Ventrikel (LVP) und eines EKG (Ableitung A) bei der wachen Katze.

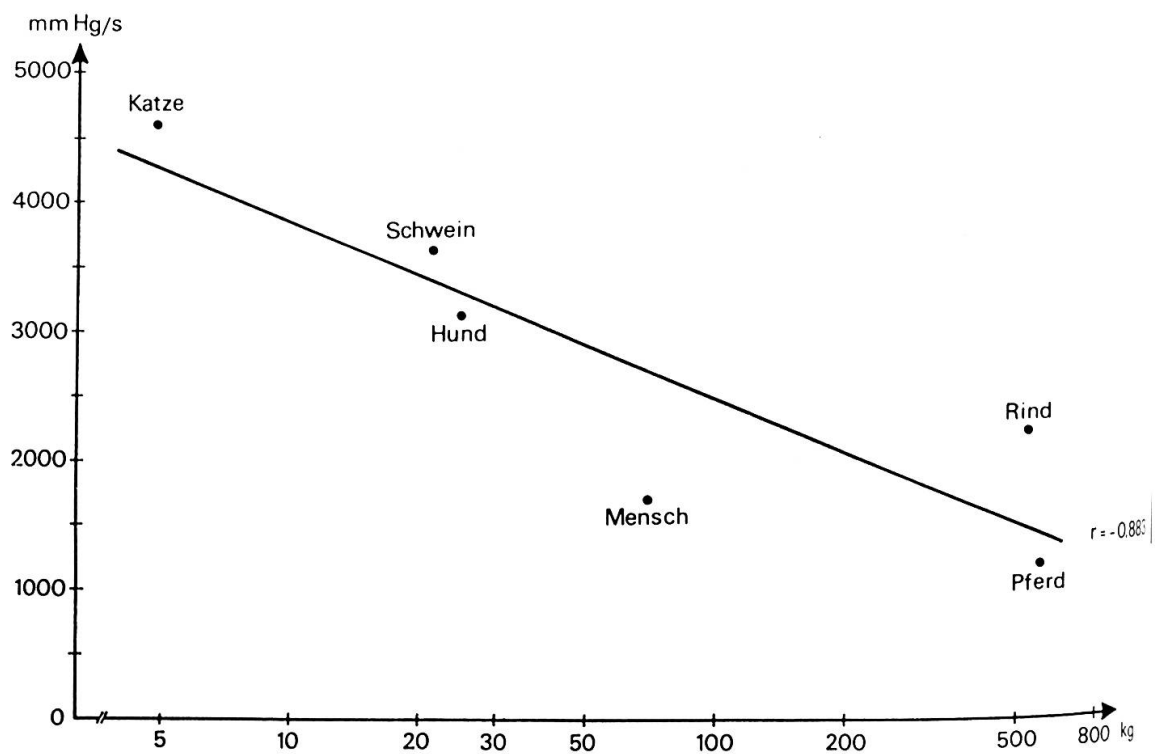


Abb. 2 Beziehung zwischen maximaler Druckanstiegsgeschwindigkeit (Ordinate) und Körpergewicht (Abszisse, logarithmischer Massstab) bei sechs Arten.

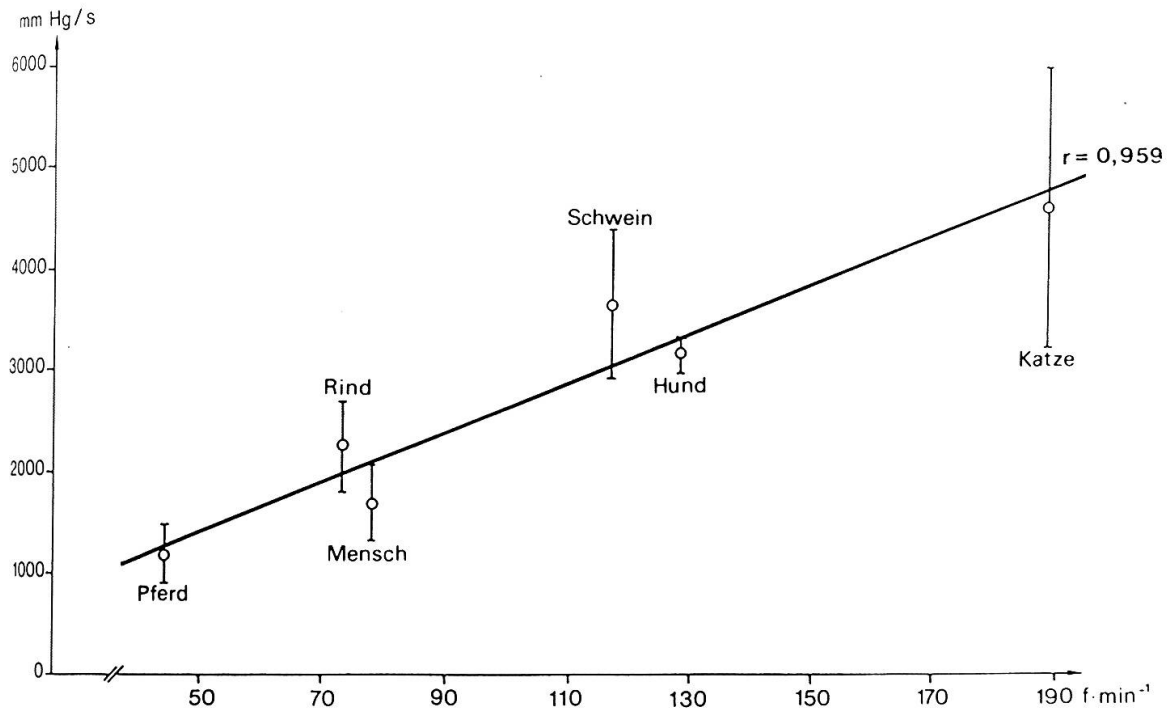


Abb. 3 Beziehung zwischen maximaler Druckanstiegsgeschwindigkeit (Mittelwerte und Standardabweichung) und Herzschlagfrequenz bei sechs Arten.

Wie verhalten sich aber Preload und Kontraktilität zueinander? Beim intakten Organismus mit frei variablen Herzparametern kann eine die Kontraktilität verändernde Intervention auch von Veränderungen des Preload begleitet sein.

So beschreibt *Bussmann* (1974) beim Menschen eine Zunahme von max. dp/dt nach körperlicher Belastung von 1685 auf 5119 mm Hg/s und eine gleichzeitige Abnahme des LVEDP von 12 auf 10 mm Hg. Andererseits können unter pharmakologischer Belastung umgekehrte Verhältnisse beobachtet werden. *Krayenbühl* (1969) fand beim Menschen nach Propranolol, und *Merin et al.* (1977) beim Schwein nach Halothan eine Reduzierung von max. dp/dt mit einer gleichzeitigen Erhöhung des LVEDP. Eine akute Steigerung des Blutvolumens führte zu einer Erhöhung des enddiastolischen Volumens und des Schlagvolumens, aber zu keiner Änderung der Kontraktilität (*Krayenbühl*, 1969).

Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass wir eine negative Korrelation ($r = -0,47$) zwischen LVEDP und max. dp/dt der sechs miteinander verglichenen Spezies gefunden haben. Selbst innerhalb der Individuen einer Art konnte keine Abhängigkeit LVEDP/max. dp/dt festgestellt werden (Schweine: $r = 0,079$; Katzen: $r = 0,070$).

Alle diese Untersuchungen zeigen, dass unter den Regulationsmechanismen der Herzdynamik zwischen dem Frank-Starling-Gesetz und dem eigentlichen kontraktilem Myokardzustand unterschieden werden muss. Eine direkte Abhängigkeit dieser beiden Mechanismen besteht nicht. Bei unseren vergleichenden Studien fanden wir hingegen eine deutliche Abhängigkeit des Kontraktilitätsparameters max. dp/dt von der aktuellen Herzschlagfrequenz und vom Körpergewicht der jeweiligen Tierart.

V. Zusammenfassung

Die Dynamik des Herzens wird hauptsächlich vom Frank-Starling-Mechanismus und vom kontraktilen Myokardzustand beeinflusst. Die Faserausgangslänge kann beim intakten Organismus angenähert durch den linksventrikulären enddiastolischen Druck (LVEDP) erfasst werden.

Als indirektes Mass der Kontraktilität gilt die maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit (max. dp/dt) im linken Ventrikel. Am Institut für Veterinär-Physiologie der Universität Zürich wurden 5 Pferde, 6 Kühe, 20 Schweine und 10 Katzen untersucht. Da uns der «physiologische» Bereich des wichtigen Parameters max. dp/dt interessierte, wurden alle Messungen an wachen, nicht sedierten Tieren durchgeführt. Die Ergebnisse verglichen wir mit publizierten Daten von Mensch und Hund.

Auffallend sind die grossen Artunterschiede: Pferd = 1177, Mensch = 1687, Rind = 2219, Hund = 3114, Schwein = 3621 und Katze = 4587 mm Hg/s. Korreliert man das Körpergewicht der jeweiligen Art mit max. dp/dt , so findet man eine negative Abhängigkeit. Kleinere Herzen scheinen demnach eine höhere Kontraktilität aufzuweisen als grössere. Eine signifikante Korrelation besteht aber auch zwischen max. dp/dt und der aktuellen Herzschlagfrequenz der untersuchten Spezies. Hin- gegen beobachteten wir keine Abhängigkeit zwischen LVEDP und max. dp/dt .

Résumé

Le mécanisme Frank-Starling et l'état de contractilité du myocarde sont les facteurs principaux influençant la dynamique cardiaque. La longueur initiale des fibres peut être estimée, dans le cas d'un organisme intact, grâce à la valeur de la pression ventriculaire en fin de diastole (LVEDP).

L'augmentation maximale de la pression par rapport au temps (dp/dt) dans le ventricule gauche permet une évaluation indirecte de la contractilité. L'Institut de Physiologie vétérinaire de l'Université de Zurich a effectué des recherches sur 5 chevaux, 6 vaches, 20 porcs et 10 chats.

L'étendue physiologique du paramètre important dp/dt nous intéressant tout particulièrement, les examens ont tous été faits sur des animaux en état d'éveil et sans aucune sédation.

Nous avons comparé les résultats avec les valeurs humaines et canines publiées ultérieurement.

Ce qui frappe premièrement sont les variations spécifiques: cheval: 1177, humain: 1687, bovin: 2219, chien: 3114, porc: 3621 et chat: 4587 mm Hg/sec. Il existe une corrélation inverse entre le poids des différentes espèces et la valeur de la dp/dt maximale.

Les petits cœurs semblent donc présenter une plus grande contractilité que les plus gros.

Une corrélation, positive celle là, existe entre la valeur de la dp/dt maximale et la fréquence cardiaque.

Par contre nous n'avons pas remarqué de relation entre la valeur de la LVEDP et celle de la dp/dt maximale.

Riassunto

La dinamica del cuore è principalmente influenzata dal meccanismo Frank-Starling e dallo stato di contrattilità del miocardio. La lunghezza iniziale delle fibre nell'organismo indenne può essere individuata con verosomiglianza per mezzo della pressione diastolica finale del ventricolo sinistro (LVEDP).

Quale misura indiretta della contrattilità vale l'aumento massimo della velocità della pressione (mass. dp/dt) del ventricolo sinistro. All'Istituto di fisiologia veterinaria dell'Università di Zurigo vennero esaminati 5 cavalli, 6 vacche, 20 suini et 10 gatti. Poichè ci interessava conoscere il campo fisiologico dell'importante parametro mass. dp/dt , tutti gli esperimenti vennero effettuati su animali svegli, non sedati. I risultati vennero comparati con i dati pubblicati per l'uomo ed il cane. Di notevole appariscenza sono le grosse differenze fra le specie: cavallo = 1177, uomo = 1687, bovino = 2219, cane = 3114, suino = 3621 e gatto = 4587 mm hg/sec. Se si compara il peso corporeo delle singole specie con il mass. dp/dt , si riscontra una dipendenza negativa. Piccoli cuori sembrano quindi presentare una più alta contrattilità che cuori di maggior volume. Una correlazione significativa sussiste anche fra il mass. dp/dt e la attuale frequenza dei battiti cardiaci delle specie esaminate.

Per contro noi non osservammo nessuna dipendenza fra la LVEDP ed il mass. dp/dt .

Summary

The maximum rate of rise of intraventricular pressure (max. dp/dt) as an indirect measure of the contractility of the myocardium was measured in five horses, six cows, twenty pigs and ten cats. The results were compared with published data of men and dogs.

All measurements were performed in conscious, non premedicated animals. The results show, that small hearts are in a higher state of contractility: Cats = 4587, pigs = 3621, cows = 2219 and horses = 1177 mm Hg/sec. A positive correlation was found between max. dp/dt and the heart rate of the species. But there was no dependence of max. dp/dt on the actual preload (LVEDP).

Literatur

Becker M. und Beglinger R.: Beitrag zur Versuchsanordnung für die Untersuchung von Narkosemitteln beim Göttinger Miniaturschwein. *Anästhesist* 28, 334–338 (1979). – Bussmann W. D.: Kontraktilitätsreserve des linken Ventrikels unter körperlicher und pharmakologischer Belastung bei verschiedenen Herzerkrankungen. *Habil. Schrift Universität Frankfurt/M.* (1974). – Fischer K. J.: Der Einfluss von Anästhetica auf die Kontraktionsdynamik des Herzens. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York (1979). – Krayenbühl H. P.: Die Dynamik und Kontraktilität des linken Ventrikels. S. Karger, Basel-New York (1969). – Mason D. T.: Usefulness and limitations of the rate of rise of intraventricular pressure (dp/dt) in the evaluation of myocardial contractility in man. *Am. J. Cardiol.* 23, 516–527 (1969). – Merin R. G., Verdouw P. D. and de Jong J. W.: Dose-dependent depression of cardiac function and metabolism by halothane in swine (*sus scrofa*). *Anesthesiology* 46, 417–423 (1977). – Morgenstern C., Arnold G., Höljes U. und Lochner W.: Die Druckanstiegsgeschwindigkeit im linken Ventrikel als Mass für die Kontraktilität unter verschiedenen hämodynamischen Bedingungen. *Pflügers Arch.* 315, 173–186 (1970). – Nagel M. L., Muir W. W. und Nguyen K.: Comparison of the cardiopulmonary effects of etomidate and thiamylal in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 40, 193–196 (1979). – Spörri H. und Denac M.: Die ventrikuläre Druckanstiegsgeschwindigkeit als Parameter der kardialen Kraftentfaltung. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 111, 239–259 (1969).

Manuskripteingang: 15. Oktober 1983

BUCHBESPRECHUNG

Kompendium der Geflügelkrankheiten. Von Otfried Siegmann. Verlag M.&H. Schaper Hannover 1983, 4., neubearbeitete Auflage, 222 Seiten, 96 Tabellen, kartoniert, Preis: 38 DM.

Das Kompendium der Geflügelkrankheiten ist zwar für Studenten und Praktiker geschrieben. Sein kompakter, stichwortartiger Aufbau setzt jedoch schon recht gute Kenntnisse voraus, damit der grosse Inhalt voll ausgeschöpft werden kann. Kleinere Schrift, kleinere Zeichnungen und das Weglassen der leeren, für Notizen bestimmten Seiten haben das Buch in der 4. Auflage auf die halbe Seitenzahl zusammenschrumpfen lassen, was dem Auseinanderbrechen des Bändchens sicher entgegenwirkt. Inhaltlich hat es jedoch wesentlich zugenommen. So gibt es neue Kapitel über «Wisconsin-Virus», «Lymphoproliferative Krankheit der Pute», «Egg-drop-Syndrom», «Trematoden», «Cestoden» und «Legeleistungsdepressionen». Ausserdem wurden fast alle Kapitel überarbeitet und stark ausgeweitet; 15 neue Tabellen wurden beigelegt. Wie in den frühern Auflagen sind leider die Hinweise über die Therapien bei vielen Krankheiten immer noch zu knapp. So fehlen vielfach die Dosierungen, die Dauer der Verabreichung und die Namen der Herstellerfirmen bei den empfohlenen Präparaten. Ganz unbefriedigend sind die Empfehlungen bezüglich der Desinfektion von Geflügelbetrieben. So wird nebst ein paar generellen Ratschlägen bloss auf das Deutsche Tierseuchenrecht und die im Deutschen Tierärzteblatt laufend publizierte Desinfektionsmittelliste verwiesen. Schade; denn das Kompendium ist im übrigen für den Geflügeltierarzt eine wahre und zuverlässige Fundgrube und aus dem deutschen Schrifttum nicht mehr wegzudenken.

K. Klingler, Bern.