

Muskelarbeit und Pulsfrequenz.

Untersuchungen am Menschen.

Von

T. A. Aulo.¹

(Aus dem physiologischen Instituts der Universität Helsingfors.)

I.

Wie Johansson² bemerkt, kann die längst bekannte Beschleunigung der Herzfrequenz, die bei der willkürlichen Muskeltätigkeit erscheint, von mehreren Ursachen bedingt sein: die Miterregung der Zentren der Herznerven bei der Entsendung des motorischen Impulses; die reflektorische Erregung dieser Zentren von den Bewegungsorganen aus; die Einwirkung der bei der Muskeltätigkeit gebildeten Stoffwechselprodukte; die durch die Gefäßnerven und die Muskelbewegungen an sich bewirkten Veränderungen der mechanischen Zirkulationsverhältnisse; die Verstärkung der Atembewegungen, die jede verstärkte Muskeltätigkeit begleiten.

Auf Grund zahlreicher und vielfach variiertter Versuche, die vorzugsweise am Kaninchen ausgeführt waren, ist Johansson zu dem Resultate gelangt, daß die bei der willkürlichen Muskelarbeit erscheinende Steigerung der Pulsfrequenz zum größten Teil von Miterregung der Zentren der Herznerven im Kopfmark verursacht ist. In weit geringerem Grade sind Reflexe von den Bewegungsorganen sowie die bei der Muskeltätigkeit gebildeten Stoffwechselprodukte hierbei mitbeteiligt. Der Einfluß von seiten der Atmung ist von ganz untergeordneter Bedeutung und die Steigerung des Blutdruckes wirkt geradezu einer Pulsbeschleunigung entgegen.

Gegen diese Anschauung sind Athanasiu und Carvallo³ sehr entschieden aufgetreten und wollen durch ihre Versuche endgültige

¹ Der Redaktion am 15. April 1908 zugegangen.

² Johansson, *Dies Archiv.* 1893. Bd. V. S. 20.

³ Athanasiu und Carvallo, *Archives de physiologie.* 1898. S. 347, 552.

Beweise dafür erbracht haben, daß die Ursache der Steigerung der Pulsfrequenz bei der körperlichen Arbeit vor allem einen durch die zentripetalen Muskelnerven ausgelösten Reflex darstellt. Die von Johansson in erster Linie gestellte Annahme einer Miterregung der bulbären Zentren für die Herznerven komme nach ihnen gar nicht in Betracht; bei einer länger dauernden Arbeit können auch gewisse Stoffwechselprodukte eine beschleunigende Einwirkung auf das Herz ausüben; diese Wirkung sei aber als eine Art pathologische Erscheinung aufzufassen.

Ihre Anschauung stützen Athanasiu und Carvallo wesentlich auf folgende Erfahrungen. Wenn man Individuen, die an Paraplegie leiden und infolgedessen nicht imstande sind, ihre Beine zu bewegen, auffordert dies zu tun, d. h. motorische Impulse den gelähmten unteren Extremitäten zu senden, so tritt keine Beschleunigung des Pulses ein. Nach der Ansicht Johanssons hätte man indessen eine solche erwarten sollen, denn der willkürliche Impuls kann ja abgegeben werden und die Zentren der Herznerven erregen, obgleich die entsprechenden Muskeln bewegungslos bleiben. Andererseits bekommt man an denselben Kranken eine bedeutende Pulsbeschleunigung, wenn sie ihre noch leistungsfähigen Muskeln, z. B. die Armmuskeln bewegen, was lediglich davon bedingt sei, daß nun die Zentren der Herznerven durch die zentripetalen Muskelnerven reflektorisch erregt werden.

Gegen diese Deutung der tatsächlichen Beobachtungen läßt sich indessen, wie mir scheint, einwenden, daß man gar nicht weiß, ob im ersten Falle ein Impuls den gelähmten unteren Extremitäten überhaupt abgegeben worden ist oder nicht, denn wir besitzen beim Menschen keine anderen objektiven Kriterien, als gerade die Muskelkontraktion, um uns von dem tatsächlichen Vorhandensein eines motorischen Impulses zu vergewissern.

Auch folgender, am Hunde ausgeführter Versuch scheint kaum das zu beweisen, was die Autoren damit beabsichtigen. Zwei Hunde wurden mit Chloralose narkotisiert, der eine tiefer, der andere schwächer. Wurde nun mit einem Hammer auf den Experimenttisch, wo die Tiere lagen, geklopft, so erschien bei dem tiefer betäubten Tiere, das dabei gar nicht reagierte, auch keine Beschleunigung des Pulses, während dagegen beim leichter narkotisierten Tiere gleichzeitig mit Muskelbewegungen auch eine Pulsbeschleunigung auftrat. Hier wäre der Einfluß der höheren Zentren, wegen der Narkose, vollständig aufgehoben und die Akzeleration also lediglich die Folge der Muskelbewegungen. Diese Deutung scheint aber gar nicht zwingend zu sein.

Da also gegen die von Johansson entwickelte Auffassung Be-

denklichkeiten geäußert worden sind, die, obgleich lange nicht beweisend, immerhin eine gewisse Berechtigung beanspruchen können, schien es nicht ganz unnützlich zu sein, die Frage noch einmal zum Gegenstand einer experimentellen Untersuchung zu machen. Dabei empfahl es sich, die Versuche am Menschen auszuführen, teils weil entsprechende Untersuchungen, meines Wissens, bisher am Menschen nicht ausgeführt worden sind, teils auch, weil man hierbei bestimmte Aufschlüsse erhalten konnte, inwiefern eine stattgefundene Bewegung willkürlich gewesen ist oder nicht.

Die meisten Versuche fanden an einem 21jährigen jungen Mann statt; sie wurden aber zum Teil auch an anderen Versuchsindividuen kontrolliert.

II.

Für meinen Zweck war es nötig, die Pulsationen eine lange Zeit hindurch ununterbrochen und sicher zu registrieren. Athanasiu und Carvallo benutzen bei ihren Versuchen den Plethysmographen. Es schien mir indessen, daß dieser Apparat zu dem vorliegenden Zwecke zu schwer und unbequem ist, und ich zog es daher vor, die Pulsfrequenz mittels eines Transmissionssphygmographen aufzuzeichnen. Die Pulsationen wurden mittels eines über die A. radialis befestigten kleinen Gummiballons aufgenommen;¹ die darin durch den Puls bewirkten Druckschwankungen wurden auf einen registrierenden Tambour mit Zelluloidmembran übertragen und am Registrierapparat von Blix-Sandström² bei einer Geschwindigkeit von 1 mm/Sek. geschrieben. Durch direkte Kontrollversuche konnte ich mich von dem völlig konstanten Gang der Registriertrommel überzeugen. Während des ganzen Versuches saß die Versuchsperson so ruhig wie möglich in einem bequemen Lehnstuhl, oder sie lag zu Bette und machte nur dann Bewegungen, wenn die Aufgabe des Versuches dies erforderte.

III.

Ich werde jetzt der Reihe nach meine Beobachtungen über den Einfluß verschiedener Einwirkungen auf die Pulsfrequenz besprechen. Um die Resultate deutlicher hervortreten zu lassen, teile ich sie in Form graphischer Diagramme und nicht als Ziffertabellen hier mit. In Zusammenhang mit meinen eigenen Untersuchungen werde ich

¹ Vgl. Tigerstedt, *Hygiea*. Festband. 1908.

² Blix, *Arch. f. d. ges. Physiol.* 1902. Bd. XC. S. 405.

auch einige früheren Arbeiten erörtern, die für die vorliegende Frage bedeutungsvoll erscheinen.

Daß die beschleunigte Atmung, welche jede Muskeltätigkeit begleitet, nicht hinreicht, um die Akzeleration der Herzschläge zu erklären, dürfte ziemlich bestimmt aus folgenden Erfahrungen geschlossen werden können. Bei sehr strenger Muskelarbeit wurde in Versuchen von Kolb¹ die Respirationsfrequenz auf 30 bis 40 in der Minute gesteigert, während gleichzeitig die Pulsfrequenz auf 180 bis 250 Schläge pro Minute zunehmen konnte. Wenn man aber, ohne andere Muskelarbeit zu leisten, willkürlich die Frequenz der Atembewegungen auf das Vierfache bringt, so vermehrt sich die Pulsfrequenz nur um etwa 20 bis 25 Schläge pro Minute. Wenn die Atembewegungen an sich die Ursache der Beschleunigung der Herzfrequenz bei der Muskelarbeit darstellen würden, so hätte im letzten Falle die Beschleunigung desselben Umfanges wie bei angestrenzter Muskeltätigkeit sein sollen, was indes nicht der Fall ist. Die jedenfalls dabei erscheinende, verhältnismäßig geringe Akzeleration dürfte außerdem nicht von den Atembewegungen an sich, sondern davon herzuleiten sein, daß die betreffende verstärkte Atmung eine Mehrleistung gewisser Muskeln darstellt und daher wie jede andere eine Erhöhung der Herzfrequenz hervorrufen muß.

Der Einfluß einer Steigerung des Blutdruckes auf die Herzfrequenz ist wie bekannt ziemlich verwickelt. Aus Johanssons Versuchen folgt indessen ganz bestimmt, daß die Veränderung des Blutdruckes bei der Muskeltätigkeit keineswegs die Ursache der Frequenzsteigerung abgeben kann, indem vielmehr die Pulsfrequenz — bei unversehrten Vagi — abnimmt, wenn der Blutdruck von dem normalen Werte ansteigt.²

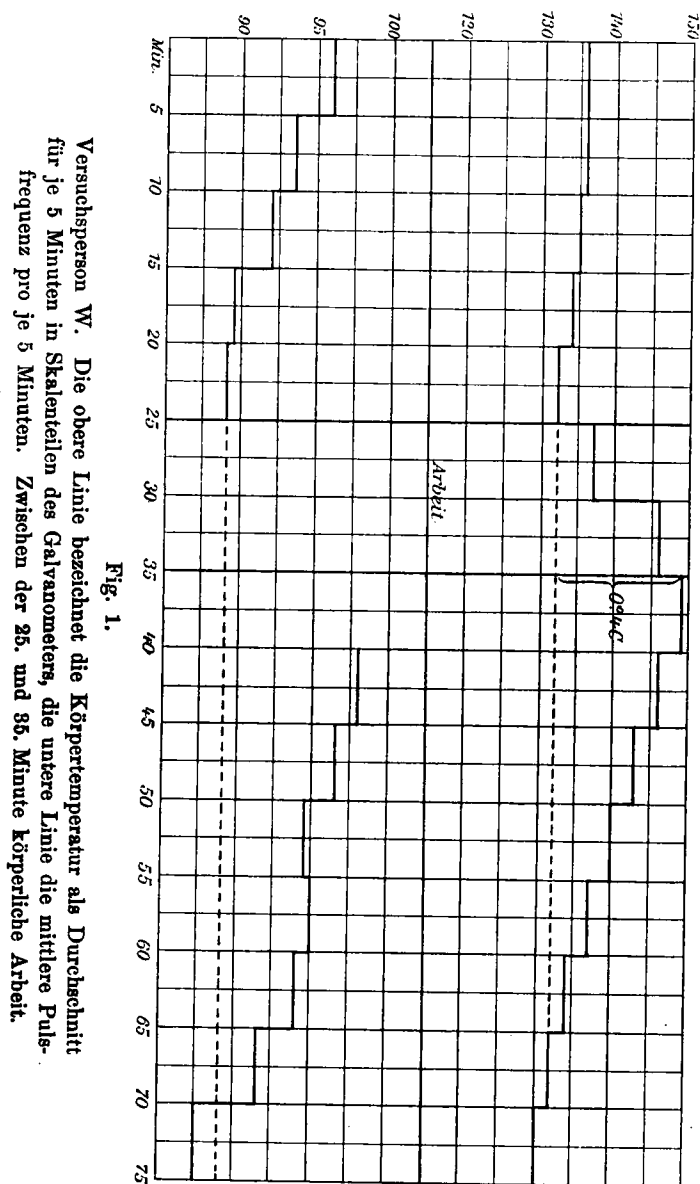
Bei der Muskelarbeit nimmt die Verbrennung im Körper zu und dabei steigt auch, wie längst bekannt, die Körpertemperatur in einem gewissen, größeren oder geringeren Grade. Da nun ferner die Herzfrequenz *ceteris paribus* mit der Temperatur ansteigt, so konnte dies für die Zunahme der Pulsfrequenz bei der Muskelarbeit von einer gewissen Bedeutung sein. Es läßt sich auch nicht verkennen, daß sich der Verlauf der Pulsfrequenz nach Ende einer Muskelarbeit fast parallel dem der Körpertemperatur darstellt.

Als Beispiel sei auf Fig. 1 hingewiesen. Im ersten Teil des Versuches, bis zu der 25. Minute, lag die Versuchsperson ganz ruhig im

¹ Kolb, *Beiträge zur Physiologie maximaler Muskelarbeit*. Berlin. S. 5.

² Johansson, a. a. O. S. 57.

Bette; während dessen sank ihre Körpertemperatur, die mittels der bolometrischen Methode alle 5 Minuten im Rektum gemessen wurde, von



136 auf 132 Skalenteile des Galvanometers (1 Skalenteil = 0.022°C.) herab; gleichzeitig nahm die Pulsfrequenz von 96 auf 89 pro Minute

ab (Durchschnitt für je 5 Minuten). Nun wurden, zwischen der 25. und 35. Minute, Muskelbewegungen (Laufen auf einer Stelle) ausgeführt. Die Temperatur ist um 17 Skalenteile, d. h. etwa 0.4°C ., die Pulsfrequenz zwischen der 5. bis 10. Minute nach dem Laufen auf 98 gestiegen. Von nun an sinken beide herab. Nach 40 Minuten beträgt die Rektaltemperatur 130 Skalenteile, die Pulsfrequenz $87\frac{1}{2}$ pro Minute. Beide haben also fast genau denselben Wert, den sie vor der Muskelarbeit besaßen, wieder erreicht, und wie aus der Figur ersichtlich, zeigt sich ein sehr bemerkenswerter Parallelismus im Verlauf der beiden Kurven.

An einer anderen Versuchsperson wurden folgende Parallelversuche gemacht, wobei die Temperatur durch ein Hg-Thermometer in der Axilla jede 10. Minute gemessen wurde. Durch schnelles Laufen während 10 Minuten wurde eine Temperaturerhöhung um 1.0 bzw. 0.9°C . hervorgerufen; nach Ende des Laufens legte sich die Versuchsperson sogleich ins Bett. Im Versuch *A* wurde sie dann sorgfältig bedeckt, im Versuch *B* mußte sie aber nackt liegen. In *A* sinken sowohl Pulsfrequenz als Temperatur entschieden langsamer herab als in *B*. In *B* ist die Temperatur schon etwa 25 Minuten und die Pulsfrequenz etwa 32 Minuten nach Ende der Arbeit auf das Niveau vor der Reizung herabgesunken, während in *A* Temperatur und Pulsfrequenz nur nach etwa 40 Minuten ihren ursprünglichen Stand wieder erreicht haben. Die als Nachwirkung nach einer starken Arbeit erscheinende Beschleunigung der Pulsfrequenz dürfte also zu der erhöhten Temperatur in eine gewisse Beziehung gebracht werden müssen. Auch in diesen Versuchen begegnen wir dem früher erwähnten Parallelismus zwischen Temperatur und Pulsfrequenz.

Es ist indessen nicht gestattet, aus diesen Erfahrungen zu folgern, daß die wesentliche Ursache der Frequenzzunahme bei der Muskelarbeit in der Temperatursteigerung liege, denn jene kommt ja fast augenblicklich nach Beginn der Arbeit zum Vorschein, während der Temperaturanstieg nur allmählich erfolgt.

Aus Johanssons¹ Versuchen an Kaninchen geht hervor, daß die bei der Muskeltätigkeit gebildeten Stoffwechselprodukte eine Steigerung der Pulsfrequenz bewirken können. Diese Steigerung ist indessen nur ganz gering: in 28 Versuchen betrug sie 3 mal 9 bis 10, 4 mal 6 bis 7, 7 mal 4 bis 5, 9 mal 1 bis 3 Proz. der früheren Pulsfrequenz; 4 mal nahm die Pulsfrequenz ab und 1 mal zeigte sie gar keine Veränderung.

¹ Johansson, a. a. O. S. 37.

Fig. 2, A.

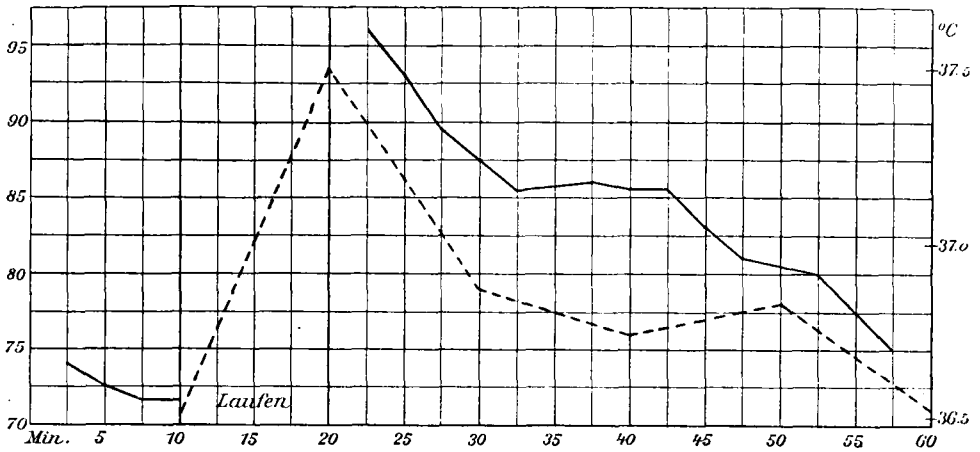
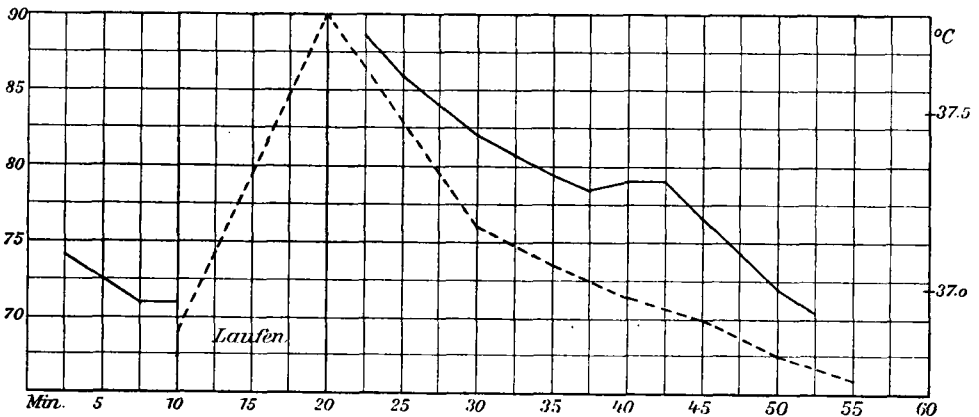


Fig. 2, B.



Versuchsperson A. Die ausgezogene Linie bezeichnet die mittlere Pulsfrequenz pro 5 Minuten, die unterbrochene die Axillartemperatur in demselben Maßstabe wie in Fig. 1. Zwischen der 10. und 20. Minute Laufen. A. Die Versuchsperson war nach Ende des Laufens bedeckt. B. Die Versuchsperson lag nach Ende des Laufens nackt.

Bei diesen Versuchen war das Rückenmark zwischen den letzten Brustwirbeln oder in der Lendenregion durchschnitten und die Muskulatur des Hinterkörpers wurde durch tetanisierende Reizung des distalen Rückenmarkstumpfes erregt; dabei war also jede willkürliche Bewegung ausgeschlossen.

Um beim Menschen die etwaige Einwirkung der Stoffwechselprodukte auf die Herzfrequenz zu untersuchen, unterwarf ich die Muskeln meiner Versuchsperson einer kräftigen Massage, nachdem die

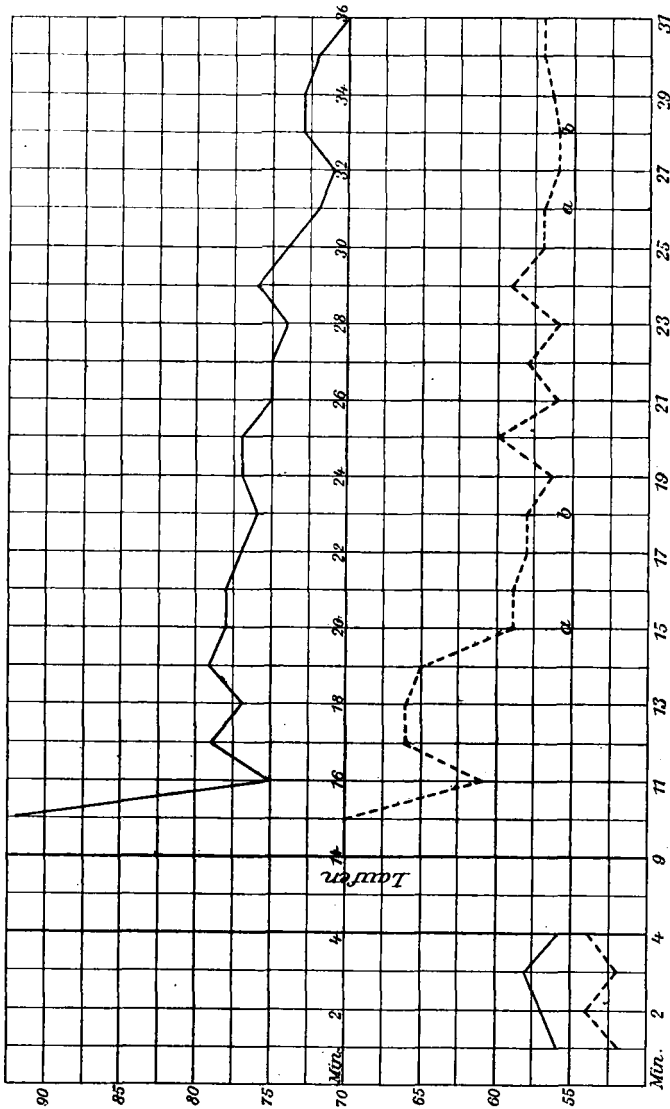


Fig. 3.
Versuchsperson A. Die vertikalen Linien geben die Zeit des Laufens an, bei -- 10 Minuten, bei - - - 5 Minuten. Zwischen a und b kräftige Massage der hinteren Extremitäten.

Versuchsperson während 5 bis 10 Minuten gelaufen war. Das Resultat zweier solcher Versuche ist aus Fig. 3 ersichtlich: die Massage hat absolut keine Veränderung der Pulsfrequenz herbeigeführt.

Ich will indessen nicht behaupten, daß die Stoffwechselprodukte überhaupt keine Einwirkung auf die Pulsfrequenz beim Menschen ausüben, denn es läßt sich ja immer denken, daß die Anreicherung des Blutes mit solchen Produkten durch die von mir in diesen Versuchen ausgeführte Massage nicht genügend stark gewesen ist, um deutliche Veränderungen zu ergeben. Jedenfalls dürfte aus dieser Erfahrung folgen, daß der Einfluß der Stoffwechselprodukte auf die Pulsbeschleunigung bei der Muskelarbeit beim Menschen nicht bedeutender als beim Kaninchen sein kann.

Schon aus diesen Versuchen geht die Tatsache hervor, daß auch nicht die kombinierte mechanische Reizung der Haut und der Muskeln die Herztätigkeit in einem merkbaren Grade beschleunigt. Dasselbe

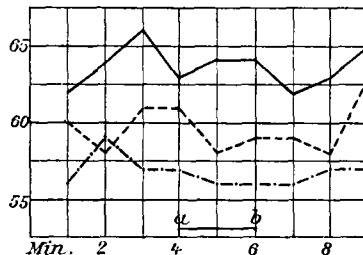


Fig. 4.

Versuchsperson A. Massieren des Hinterkörpers
zwischen a und b.

ist weiter aus den in Fig. 4 zusammengestellten drei Versuchen ersichtlich: Bei denselben wurden die Beine kräftig massiert, ohne daß dabei irgend welche Akzeleration des Herzens zum Vorschein kam.

Aus diesen Versuchen folgt auch, daß die mechanische Reizung der in den Muskeln verlaufenden zentripetalen Nerven keine Pulsbeschleunigung hervorruft. Mit diesem Resultat stimmen auch die Erfahrungen von Kleen¹ und Tengwall² am Kaninchen überein. Ersterer fand nämlich bei reiner mechanischer Muskelreizung (Massage), außer in einem Falle, wo keine bestimmte Veränderung stattgefunden hatte, anfangs stets eine Retardation des Pulses, die mitunter von einer (gewöhnlich unbedeutenden) Akzeleration gefolgt war. — Bei elektrischer Reizung zentripetaler Muskelnerven an Tieren, denen das Großhirn exstirpiert worden war, wurde in Tengwalls

¹ Kleen, *Dies Archiv*. 1889. Bd. I. S. 251.

² Tengwall, *Ebenda*. 1895. Bd. VI. S. 230.

Versuchen die Pulsfrequenz oft gar nicht verändert, in einigen Fällen nahm sie um 4 bis höchstens 16 Schläge pro Minute zu. Dabei erschienen aber gleichzeitig sehr kräftige Muskelreflexe. Aus diesen Versuchen folgt daher, daß bei großhirnlosen Tieren die Reizung zentripetaler Muskelnerven allerdings starke Muskelkontraktionen hervorruft, dagegen nur einen geringen Einfluß auf die Pulsfrequenz ausübt.

Etwas anders lauten die früheren Angaben von Asp,¹ die sich auf kuraresierte Kaninchen beziehen: bei Reizung zentripetaler Muskelnerven fand er nämlich, daß die Schlagzahl des Herzens meist ver-

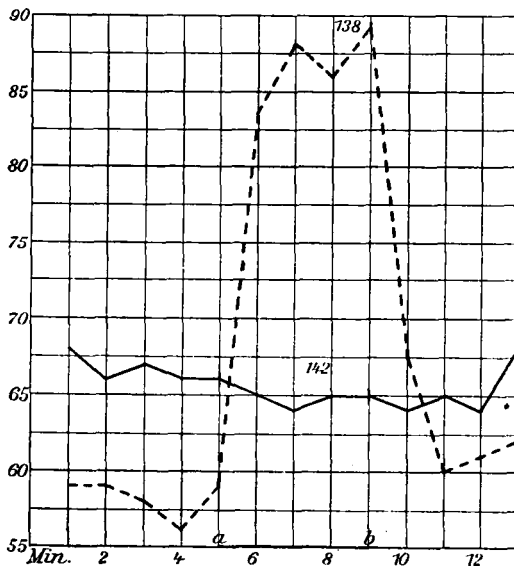


Fig. 5.

Versuchsperson A. Zwischen a und b
Bewegungen. — passive Bewegungen;
--- aktive Bewegungen.

mehrt wurde. Indessen trat diese Beschleunigung keineswegs immer ein, und es kam gar nicht selten vor, daß sich die Schlagfolge des Herzens bei der betreffenden Reizung verlangsamte.

Bei Versuchen an Tieren muß aber immer berücksichtigt werden, daß verschiedene unbeabsichtigte Einwirkungen, wie Schmerz usw., das

¹ Asp, *Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Kl.* 1867. S. 186; vgl. auch Jacob, *Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abth.* 1893. S. 305.

Resultat wesentlich trüben können; außerdem zeigen die Erfahrungen über Reflexe im allgemeinen, wie sich diese unter günstigen Umständen auf alle möglichen zentrifugalen Nerven verbreiten können; hierdurch wird die Verwertung der Tierversuche bei der Deutung spezieller Vorgänge in wesentlichem Grade erschwert.

Wenn Reflexe durch zentripetale Nerven der Gelenke, Sehnen und Muskeln die maßgebende Rolle bei der Beschleunigung des Herzens infolge von Muskelarbeit spielen würden, so hätte man zu erwarten, daß eine derartige Beschleunigung ganz besonders durch passive Bewegungen zustande gebracht werden könnte. Ich unternahm

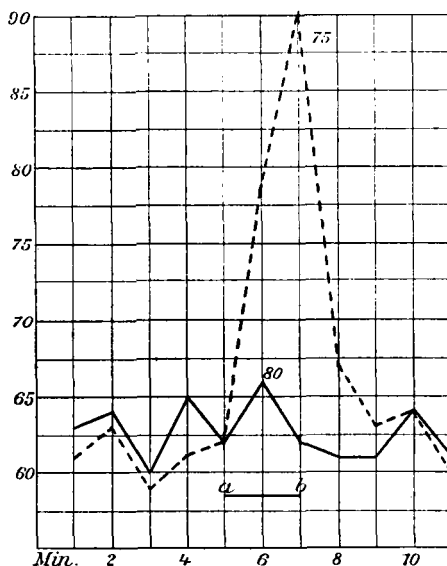


Fig. 6.

Versuchsperson A. —, passive Bewegungen,
 -- aktive Bewegungen. Zwischen a und b Bewegungen.

daher Versuche, bei welchen passive Bewegungen in der Weise ausgeführt wurden, daß die am Unterschenkel gefaßten unteren Extremitäten wechselweise gebeugt und gestreckt wurden. Der Rhythmus der Bewegungen wurde möglichst konstant gehalten. Zum Vergleich mit den solcher Art gewonnenen Resultaten ließ ich die Versuchsperson aktive Bewegungen ausführen, die in bezug auf Rhythmus, Dauer und Umfang möglichst gleich den entsprechenden passiven Bewegungen waren. Die Resultate sind aus den folgenden Diagrammen ersichtlich.

Aus der Fig. 5 geht hervor, daß die Pulsfrequenz durch 142 mal erfolgende passive Beugung und Streckung mit jedem Bein gar nicht beeinflußt wird. Vor der Bewegung sinkt sie ganz allmählich von 68 auf 66 herab, während der 4 Minuten lang dauernden Bewegung

Fig. 7, I.

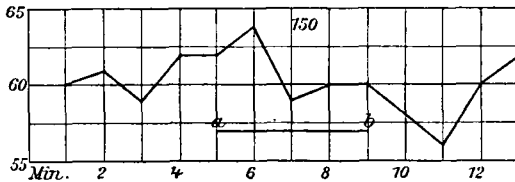


Fig. 7, II.

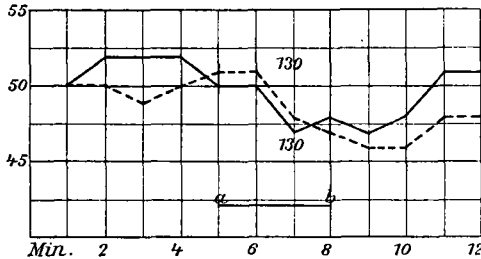
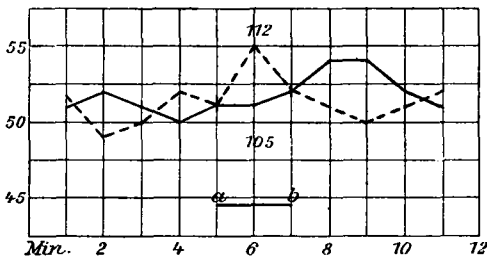


Fig. 7, III.



Versuchsperson A. Passive Bewegungen zwischen a und b. Die Ziffern geben die Zahl der Bewegungen an.

schwankt sie zwischen 66 und 64 und ist am Ende derselben 65 pro Minute. Während der folgenden 3 Minuten beträgt die Frequenz 64 bis 65 und steigt dann während der 4. Minute auf 68.

Bei aktiver Muskelarbeit steigt die Pulsfrequenz dagegen schnell in die Höhe, nimmt von 59 auf 83, 88, 86 und 89 zu.

Bei dem in der Fig. 6 dargestellten Versuch waren die 80 mal

stattfindenden passiven Bewegungen wesentlich kräftiger als die 75 mal stattfindenden aktiven; nichtsdestoweniger erscheint auch hier keine Zunahme der Pulsfrequenz bei jenen, während die Pulsfrequenz bei den aktiven Bewegungen in sehr bedeutendem Grade vermehrt wird.

In Fig. 7 sind noch fünf weitere Versuche über die Einwirkung passiver Bewegungen auf die Pulsfrequenz zusammengestellt.

Alle diese Versuche ergeben ein und dasselbe, nämlich daß beim Menschen passive Bewegungen mit den unteren Extremitäten, selbst wenn sie schnell und kräftig ausgeführt werden, keine Beschleunigung der Pulsfrequenz hervorrufen. Sehr oft findet man sogar eine kleine Verlangsamung, die indessen nur indirekt mit den Bewegungen

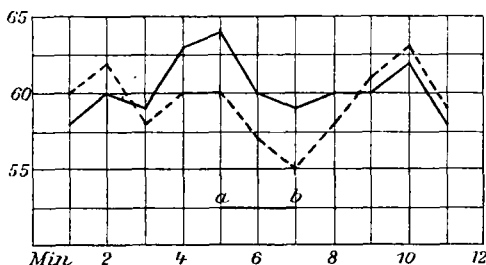


Fig. 8.

Versuchsperson Gr. Reiben des Oberkörpers mit einer Kleiderbürste zwischen a und b.

zusammenhängt. Nach Aufhören der Bewegung dauert diese Verlangsamung in vielen Fällen noch weiter fort. Die Ursache hierzu dürfte „psychischer“ Art sein und soll in einer folgenden Abhandlung näher besprochen werden.

Es bleibt noch den Erfolg einer kräftigen Reizung der Haut zu untersuchen. Zu diesem Zwecke rieb ich die nackte Haut des Oberkörpers der Versuchsperson mit einer harten Kleiderbürste. Wie die Kurven in Fig. 8 zeigen, trat dann eine Verlangsamung der Pulsfrequenz auf, und auch nach Ende der Reizung erschien keine Steigerung im Vergleich mit der Pulsfrequenz vor der Reizung.

In anderen Fällen benutzte ich als Hautreiz den elektrischen Pinsel, den ich auf den linken Arm applizierte und zwar teils mit Strom, teils ohne Strom. Zwei solche Versuche sind in der Fig. 9 zusammengestellt.

Die hier erscheinenden Variationen der Pulsfrequenz bewegen sich in der Regel innerhalb derselben Grenzen, die man auch beim ganz ruhenden Menschen beobachtet. Nur in der unteren Kurve finden wir

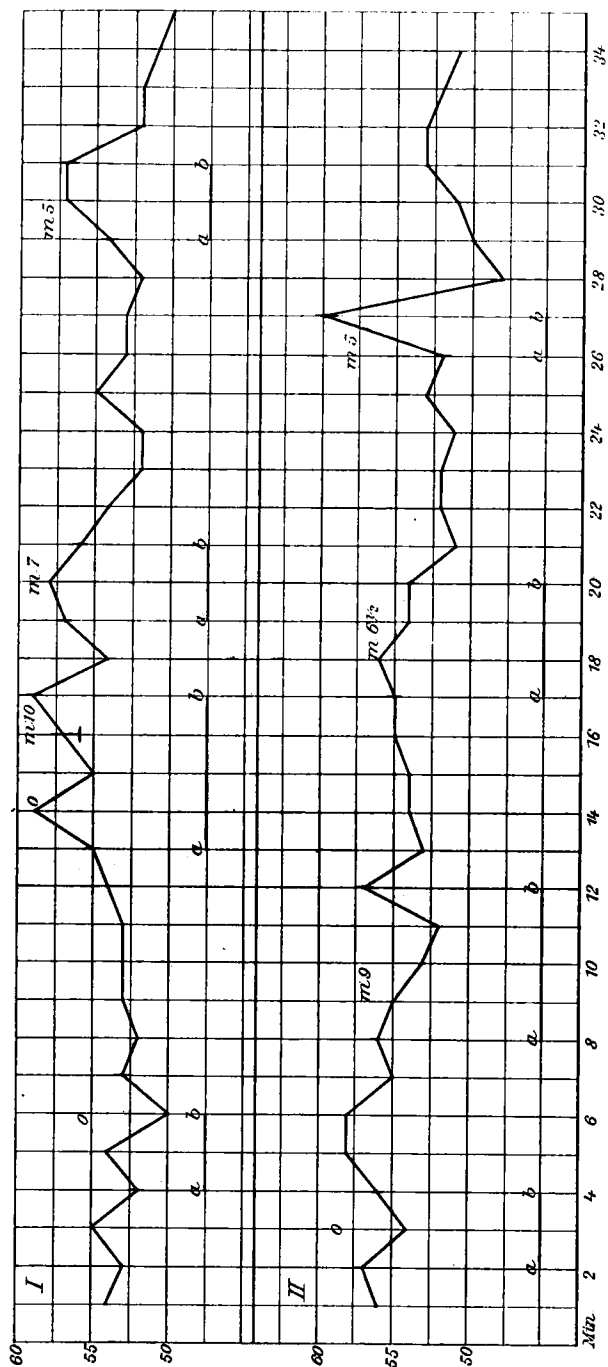


Fig. 9.

Versuchsperson A. Streichen mit dem elektrischen Pinsel am Oberarm. Die Reizung findet zwischen a und b statt; o ohne, m mit Strom. Die Zahlen bezeichnen den Rollenabstand des Induktoriums.

bei der letzten, starken Reizung (Rollenabstand 5^{cm}), einen Anstieg der Pulsfrequenz von 52 auf 60 pro Minute. Hier hat der Schmerz einen großen Einfluß ausgeübt.

Endlich bewirkt das Streichen des ganzen Oberkörpers mit der Hand keine Veränderung der Pulsfrequenz.

IV.

Aus diesen Versuchen dürfte also hervorgehen, daß weder das Kneten der Muskeln, noch passive Bewegungen oder selbst starke Hautreizungen es vermögen, beim Menschen die Pulsfrequenz in einem deutlich merkbaren Grade zu steigern. Auch die bei der Muskelarbeit auftretenden Veränderungen der Atembewegungen und des Kreislaufes genügen nicht, um die gleichzeitig stattfindende Beschleunigung der Herzfrequenz zu erklären. Da also, wie es scheint, dieser Vorgang nicht durch die Einwirkung peripherer Einflüsse erklärt werden kann, dürfte die von Johansson vertretene Auffassung, daß die Beschleunigung der Herzfrequenz bei der Muskelarbeit im wesentlichsten durch die Miterregung der Zentren der Herznerven beim Abgeben der motorischen Impulse verursacht ist, durch die hier mitgeteilten Versuche eine weitere Stütze bekommen haben.
