

Zur Lehre von den Mydriaticis.

Von

Dr. Heinrich Braun

in Berlin.

Je ausgebreiteter von Tag zu Tag die Verwendung der Belladonna in der Augenheilkunde wird, um so näher liegt es, den physiologischen Ursachen nachzugehen, welche ihrer merkwürdigen Einwirkung auf den Durchmesser der Pupille zu Grunde liegen. Diese Frage gewinnt noch an Interesse, wenn wir bedenken, dass es sich hierbei möglicherweise um die Reizung eines Theils des Nervensystems handelt, nämlich des sympathischen, dessen Beziehung zu den übrigen Theilen des Nervensystems eins der wichtigsten Probleme der heutigen Nervenphysiologie ist, und das sich dem direkten Nachweis einer möglichen arzneilichen Einwirkung, der hier sonst geliefert werden könnte, hartnäckig zu entziehen scheint. Mit der Entscheidung dieser Frage, ob die Einwirkung des Atropins auf die Pupille in einer Reizung der sympathischen Fasern bestände, beschäftigen sich die nachfolgenden Untersuchungen, die ich auf die gütige Aufforderung des Herrn Prof. v. Graefe zu veröffentlichen mir erlaube.

Biffi, Cramer und de Ruiter wurden durch ihre Untersuchungen zu dem Schlusse geführt, dass allerdings durch das Atropin eine Reizung der sympathischen Fasern geschähe, unter deren Einfluss der M. dilatator pupillae steht; wenngleich auf Rechnung derselben nur ein Theil der stattfindenden Pupillarerweiterung zu setzen sei: der Rest könne dann nur die Folge einer herabgesetzten Thätigkeit der Oculomotoriusfasern sein. Der Grund, welcher Biffi und Cramer zu dieser Behauptung veranlasste, war die Beobachtung, dass nach der Durchschneidung des n. sympathicus am Halse die Einträufelung von Atropin allerdings eine Erweiterung beider Pupillen zur Folge habe, dass diese jedoch auf der Seite des durchschnittenen Nerven, immer um etwas geringer sei als auf der gesunden Seite. Diese Beobachtung die auch von de Ruiter wiederholt wurde kann ich nach meinen Versuchen an Kaninchen bestätigen; vier Experimente ergaben das folgende Resultat:

Experiment	Querdurchmesser der Pupille.			
	Vor der Einträufelung von Atropin:		Nach der Einträufelung von Atropin:	
	operirte Seite	unverletzte Seite	operirte Seite	unverletzte Seite
1.	5,0mm.	7,6mm.	10,7mm.	11,0mm.
2.	5,2mm.	6,4mm.	8,9mm.	10,1mm.
3.	5,0mm.	5,5mm.	9,0mm.	9,1mm.
4.	4,6mm.	5,4mm.	7,5mm.	8,0mm.

Man sieht hieraus, dass zwar die Pupille auf der operirten Seite sich beträchtlich erweiterte, ihr Durchmesser aber doch constant um eine, wenn auch sehr kleine Grösse, hinter dem der andern Seite zurückbleibt. Die Exstirpation des ganglion cervicale supremum zeigte in ihrem Einfluss auf den Durchmesser der Pupille keinen bemerkbaren Unterschied von der blossen Durchschnei-

dung des Grenzstranges: ebensowenig war in dieser Beziehung eine wesentliche Differenz in dem Verhältniss der beiderseitigen Pupillenerweiterung bei der nachfolgenden Atropin-Einträufelung zu beobachten. Ich führe zum Beleg einige Zahlen aus der betreffenden Experimentenreihe an:

Experiment	Querdurchmesser der Pupille.			
	Vor der Einträufelung von Atropie:		Nach der Einträufelung von Atropie:	
	operirte Seite	unverletzte Seite	operirte Seite	unverletzte Seite
1.	5,1mm.	7,9mm.	7,8mm.	8,4mm.
2.	6,0mm.	8,2mm.	9,5mm.	9,9mm.
3.	5,0mm.	7,5mm.	7,8mm.	8,0mm.

Indessen glaube ich nicht, dass dieses constante Resultat zu dem Schlusse berechtigt, dass die Erweiterung der Pupille durch Atropin theilweise auf eine Reizung der sympathischen, zur Iris gehenden Fasern zurückzuführen sei, denn eine einfache Betrachtung lehrt, dass wenn derjenige Nerveneinfluss geschwächt oder gelähmt ist, welcher den m. dilatator pupillae zur Contraction erregt, auch der Schwächung des antagonistisch erregenden n. oculomotorius nur eine geringere Erweiterung der Pupille folgen kann. Denn nehmen wir einen wirklich bestehenden Tonus an, der auf fortdauernder gleichmässiger Nervenregung beider antagonistischen Muskeln beruht, so ist es natürlich, dass wenn die durch das Atropin hervorgerufene Pupillenerweiterung allein auf eine Lähmung derjenigen Oculomotoriusfasern beruht, welche zum m. sphincter pupillae gehen, der auf der operirten Seite sich contrahirende Antagonist eine geringere Excursion machen muss, als der auf der gesunden Seite, weil jenem der Nerveneinfluss mangelt,

der diesen zur Contraction reizt, und weil es daher allein seine, durch die vorherige Dehnung von Seiten des sich zusammenziehenden sphincter (nach Durchschneidung des sympathicus) in Spannung versetzte elastische Kraft ist, welche auf den Nachlass der dehnenden Gewalt (nach der Lähmung der Oculomotoriusfasern durch Atropin) mit einer Zusammenziehung antwortet, die um so viel geringer ist, als auf der gesunden Seite, als das lebendige Contractionsmaass beträgt, zu welchem der Muskel durch den Nerveneinfluss erregt wird. Selbst wenn wir aber auch den Tonus gänzlich verwerfen, so lässt sich die etwas geringere Erweiterung der Pupille auf der operirten Seite in folgender Weise erklären: Ist der n. sympathicus, der bewegende Nerv für den m. dilatator pupillae, durchschnitten, so wird jede später einmal zum Behufe der Accommodation oder anderer Zwecke stattfindende Contraction der Irismuskeln nur eine Zusammenziehung des sphincter erreichen; durch diese (die, wie die obigen Zahlen beweisen, ziemlich bedeutend ist) wird eine Dehnung des dilatator bewirkt, die wohl, wie man aus den analogen Beobachtungen von Wertheim und Wundt an quergestreiften Muskeln und den Dehnungsversuchen von Budge an den Irismuskeln selbst zu schliessen sich erlauben darf, die Elasticitätsgrenze etwas überschreitet. Hebt man sonach später durch Einträufeln von Atropin die Innervation des sphincter, mithin seine dehnende Kraft auf, so wird der elastisch gespannte dilatator nicht ganz sein früheres Volumen wieder annehmen, sondern um so viel hinter dem gesunden zurückbleiben, als der in Folge der Dehnung erlittene Verlust an elastischer Kraft beträgt.

Ebenso wenig scheint mir ein von de Ruiter gemachtes Experiment entscheidend die Reizung des n. sympathicus durch Atropin zu beweisen: dass nämlich

die durch Atropininstillation erlangte Pupillenerweiterung bei Kaninchen zu der Zeit nach dem Tode, wo auf den am Auge angebrachten electricen Reiz keine Verengung, sondern eine Erweiterung der Pupille folgte, durch den electricen Reiz nicht vermehrt werden konnte: dasselbe ist der Fall während des Lebens. Es ist nämlich nicht als bewiesen anzusehen, dass zu dieser Zeit nach dem Tode die Erregungsfähigkeit des oculomotorius vollständig erloschen war; es ist ebenso gut möglich, dass die sympathischen Fasern nur ein gewisses Uebergewicht hatten: zog sich nun aber in Folge der Atropin-Einträufelung, wodurch der oculomotorius vollends gelähmt wurde, der dilatator zusammen, so hatte diese Thätigkeitsäusserung wahrscheinlich zumal bei einem warmblütigen Thiere, ein so rasches Erlöschen der Erregbarkeit des dilatator und seines Nerven zur Folge, dass der galvanische Reiz keine Zusammenziehung mehr auszulösen vermochte. Während des Lebens aber ist es nach Joh. Müller's*) und Zehender's**) Beobachtungen wahrscheinlich, dass die Erregbarkeit des oculomotorius durch das Atropin nicht vollständig aufgehoben wird, und es ist daher denkbar, wie auf Applikation eines so energischen Reizes, wie des galvanischen, beide antagonistischen Muskeln sich contrahiren, und so gar keine oder eine nur kaum merkbare Erweiterung entsteht. — Dazu kommt, dass die durch wirkliche Reizung des Sympathicus mittelst des inducirten Stromes erzielte Erweiterung in der Regel 2—3,5 mm. beträgt, während die Einträufelung von Atropin nach dem Tode den Durchmesser der Pupille um höchstens 1,75 Mm. vermehrte.

Was nun aber die oben angeführten Experimente

*) Phys. II. 333.

**) Dieses Arch. 1856. p. 97.

angeht, in denen der sympathicus durchschnitten und darauf Atropin ins Auge geträufelt wurde, die immer die hauptsächlichsten positiven Anhaltspunkte für diejenigen waren, welche eine Reizung des sympathicus annehmen, so waren diese, wie ich glaube, nach keiner Seite hin beweiskräftig. Dass sie es für die letzte Ansicht nicht waren, haben wir gezeigt: man war indessen auch nicht berechtigt, aus der noch immer, selbst nach durchschnittenem n. sympathicus, erfolgenden, beträchtlichen Erweiterung der Pupille, einen unbedingten Schluss gegen dieselbe zu ziehen. Denn es war möglich und sogar wahrscheinlich, dass zur Zeit der Atropin-Einträufelung (die in der Regel an demselben Tage oder wenige Tage nach der Durchschneidung des n. sympath. geschah), die peripherischen Endigungen des sympathicus in der Iris noch so viel Erregbarkeit bewahrt hatten, dass sie auf einen unmittelbar auf sie angebrachten Reiz (wie er bei der Einträufelung durch das Medium des humor aqueus ausgeübt wurde) zu reagiren im Stande waren. Man musste daher so experimentiren, dass man entweder nur die Centraltheile des Irissympathicus der Einwirkung des Atropin aussetzte, oder die örtliche Einwirkung desselben auf die peripherischen Fasern erst nach völliger Vernichtung jeder Erregbarkeit in ihnen erfolgen liess. Das Erstere zu erreichen ist sehr schwierig. Allerdings unternahm ich es, das Atropin in die gesammte Blutcirculation zu bringen: ich spritzte mit einer Bernard'schen Spritze, die ich der Güte des Herrn Prof. du Bois-Reymond verdankte, wenige Tropfen einer Lösung von Atrop. sulph. gr. β in Aq. dest. 5j . in das Zellgewebe unter der Haut des Rückens bei mehreren Kaninchen, welchen auf der einen Seite der n. sympathicus durchschnitten oder das ganglion cervicale supremum exstirpirt war: die Aufnahme ins Blut und die Wirkung von hier auf den Durchmesser der Pupillen erfolgte sehr schnell,

denn schon nach 3—4 Minuten begannen sie sich zu erweitern und erreichten nach 10—15 Minuten das Maximum. Das Resultat war das gleiche, wie in den anderen Experimenten: *) stets war die Erweiterung der Pupille auf der Seite des durchschnittenen sympathicus etwas geringer als auf der anderen. Wenn man nun wohl auch annehmen kann, dass hier in der ersten Zeit nach der Einträufelung die Einwirkungen nur eine auf die Centraltheile der Irisnerven beschränkte war (zumal da in einigen Versuchen es nicht glücken wollte, durch den den Thieren entzogenen humor aqueus eine dilatirende Wirkung zu erhalten), so ist doch die Möglichkeit einer späteren Einwirkung auf die peripherischen noch reizbaren Nervenenden durchaus nicht ausgeschlossen und die den früher auf andere Weise erhaltenen ganz conformen Zahlenergebnisse machen daher einen positiven Schluss nicht zulässig. So war denn die einzige Aufklärung hierüber nur zu erwarten, wenn es gelang, auch diesen letzten störenden Factor, die restirende Erregbarkeit der peripherischen Nervenendigungen zu vernichten. Dies wurde dadurch erreicht, dass nach geschehener Operation ein volles Vierteljahr, von Februar bis in den Mai, gewartet wurde, ehe man

*) Die Zahlen waren folgende.

A. Der n. symp. Durchschnitten.

Experiment	Vor der Einspritzung.		Nach der Einspritzung.	
	Pupille		Pupille	
	der unverletzten Seite	der operirten Seite	der unverletzten Seite	der operirten Seite
1.	9,8mm.	7,5mm.	10,8mm.	10,4mm.
2.	8,2mm.	7,5mm.	10,9mm.	10,6mm.
3.	9,2mm.	7,9mm.	10,4mm.	10,0mm.

B. Das gangl. cerv. supr. extirpirt.

1.	7,9mm.	4,1mm.	8,5mm.	8,0mm.
2.	8,2mm.	6,0mm.	9,8mm.	9,5mm.
3.	7,5mm.	5,1mm.	8,0mm.	7,8mm.

die Einträufelung vornahm: es war bei der Operation entweder das ganglion cervicale supremum exstirpiert oder ein etwa 20 Mm. langes Stück aus dem Grenzstrange excidirt worden, um sicher das Zusammenheilen der Enden mit Wiederherstellung der Leitungsfähigkeit zu verhüten. Von dem nicht eingetretenen Zusammenheilen konnte man sich in vielen Fällen durch eine bleibende, wenn auch kleine Temperaturdifferenz in beiden Ohren, in allen hier angezogenen durch die Unterschiede in den Pupillenweiten überzeugen: überdies geben wiederholt angestellte directe Untersuchungen die positive Bestätigung. Somit konnte mit voller Sicherheit angenommen werden, dass nach Verlauf eines Vierteljahres die eingetretene fettige Degeneration jeden Rest von Erregbarkeit in den von ihrem Centrum getrennten peripherischen Nervenendigungen des Irissympathicus ein Ende gemacht habe. Wurde nun zu dieser Zeit Atropin in beide Augen der Kaninchen geträufelt, so ergab sich auf unzweideutige Weise dasselbe wie oben, d. h. eine um etwas geringere Erweiterung der Pupille auf der Seite des durchschnittenen sympathicus, wie die nachfolgenden Zahlen zeigen:

Experiment	Auf der unverletzten Seite		Auf der operirten Seite	
	Querdurchm. der Pupille.	Längsdurchm. der Pupille.	Querdurchm. der Pupille.	Längsdurchm. der Pupille.
1.	7,0 ^{mm.}	9,5 ^{mm.}	5,2 ^{mm.}	7,0 ^{mm.}
	10 Minuten nach der Einträufelung:			
	10,1 ^{mm.}	10,0 ^{mm.}	9,5 ^{mm.}	9,6 ^{mm.}
2.	7,9 ^{mm.}	8,0 ^{mm.}	6,8 ^{mm.}	7,4 ^{mm.}
	10 Minuten nach der Einträufelung.			
	9,9 ^{mm.}	10,2 ^{mm.}	9,5 ^{mm.}	10,0 ^{mm.}
3.	5,9 ^{mm.}	7,0 ^{mm.}	4,9 ^{mm.}	5,1 ^{mm.}
	10 Minuten nach der Einträufelung.			
	9,0 ^{mm.}	9,0 ^{mm.}	8,3 ^{mm.}	8,1 ^{mm.}

Ueberschauen wir nun das übereinstimmende Resultat aller dieser Experimentenreihen, so ergibt sich meiner Ansicht nach daraus der nothwendige Schluss: dass die durch die Einwirkung des Atropin hervorbrachte Erweiterung der Pupille keinesfalls auf einer Reizung derjenigen sympathischen Fasern beruht, welche vom centrum ciliospinale des Rückenmarks aus durch den Halstheil des n. sympathicus und das ganglion cervicale superior zum m. dilatator pupillae gehen.

Was nun die Ursache der mydriatischen Wirkung der Belladonna sei, lässt sich so leicht nicht entscheiden. Dass den hauptsächlichsten Antheil daran eine Lähmung der Pupillarzweige des n. oculomotorius hat: dafür spricht nicht allein die alte Erfahrung, dass bei voller Integrität in der Functionirung des n. opticus die Pupille vollständig die Fähigkeit verloren hat, sich auf Lichtreiz zusammenziehen, sondern noch entschiedener die seit Joh. Müller unzählig oft wiederholte Beobachtung, dass auch die Accommodation sowohl für die Nähe als für die Ferne, durch den Gebrauch der Belladonna beträchtlich eingeschränkt wird und endlich ein sehr interessantes, von Prof. v. Graefe*) beschriebener Fall, wo bei einem 18jährigen Mädchen gleichzeitig mit den Symptomen einer Reizung des Facialis eine krampfhafte Accommodation für die Nähe mit bedeutender Einengung der gesamten accommodativen Bewegungen bestand, und wo alle diese Beschwerden durch Einträufelung von Atropin in kurzer Zeit gehoben wurden. Ob man indessen diese Lähmung des oculomotorius als die alleinige Ursache der artificiellen Mydriasis ansehen darf, das kann wohl nach den Erfahrungen der Augenärzte (die durch das physiologische Experiment bestätigt werden), wonach bei vollständigen

*) Dies. Arch. 1856. p. 313 sqq.

Oculomotoriuslähmungen nie das Maximum der Pupillenerweiterung besteht, welches durch Atropin erreicht wird, einigen Zweifel leiden, denn wenn man auch mit Recht dagegen einwenden kann, dass wohl hier nur selten der stringente Beweis einer Lähmung aller Oculomotoriusfasern geliefert ist, so wäre es doch ein seltsamer Zufall, wenn bei so reichem Material, wie es z. B. Herrn Prof. v. Graefe zu Gebote steht (der über 300 Kranke der Art beobachtet hat) immer gerade die Pupillarzweige verschont bleiben sollten. — Ob eine Einwirkung auf diejenigen motorischen Zweige stattfindet, welche möglicherweise der n. trigeminus der Iris zuführt, ist bei dem jetzigen Stande dieser Lehre nicht zu entscheiden:

Einige andere Narcotica, die ich auf ihre Einwirkung auf den Durchmesser der Pupille untersuchte, zeigten das folgende Verhalten.

I. Coniin.

Vorschrift: Rp. Coniini gr. β. Aq. dest. ʒj. 1 Tr.

Rechter sympathicus durchschnitten.

Die Breitendurchmesser der Pupillen waren:

Experiment I. Links:	Rechts:	Experiment II. Links:	Rechts:
6,0mm.	5,1mm.	7,0mm.	6,1mm.
10 Minuten nach der Einträufelung:			
dieselben Durchmesser.			
30 Minuten nach der Einträufelung:			
6,0mm.	5,2mm.	7,2mm.	6,2mm.

II. Morphinum muriaticum.

Linker sympathicus durchschnitten.

Die Durchmesser der Pupillen waren:

Experiment I.			
Rechts.		Links.	
Längendurchm.	Höbendurchm.	Längendurchm.	Höbendurchm.
8,7mm.	6,7mm.	6,0mm.	5,9mm.
10 Minuten nach der Einträufelung.			
9,0mm.	8,0mm.	7,2mm.	6,0mm.

Experiment II.

Rechts.	Links.
7,9mm.	6,2mm.
10 Minuten nach der Einträufelung.	
8,2mm.	7,0mm.

III. Aconitin.

Da dieses Alcaloid in Wasser unlöslich ist, so versuchte ich es zuerst in Form einer mit Hülfe von Gummi gemachten Suspension anzuwenden, da ich indessen auf diese Weise keine Veränderung im Durchmesser der Pupille erreichte, wahrscheinlich weil überhaupt nichts resorbirt wurde, so träufelte ich einige Tropfen einer alkoholischen Lösung (gr. i auf 3j) ein, und hielt dann einige Minuten hindurch die Augenlider geschlossen, um die zu schnelle Verdunstung des Alkohols (vor der Resorption) zu hindern.

Das linke gangl. cerv. supr. war exstirpirt.
Pupillardurchmesser:

Rechts.		Links.	
Querdurchm.	Höhendurchm.	Querdurchm.	Höhendurchm.
7,3mm.	8,0mm.	6,2mm.	7,4mm.
10 Minuten nach der Einträufelung:			
6,5mm.	7,0mm.	6,2mm.	7,4mm.
25 Minuten nach der Einträufelung:			
7,6mm.	7,6mm.	7,2mm.	7,3mm.

IV. Strychninum muriaticum.

Von einer Lösung von gr. i auf Aq. dest. 3jß wurden in jedes Auge 2 Tropfen eingebracht, so dass, wenn alles resorbirt wurde, das Thier ungefähr gr. $\frac{1}{22}$ Strychnin erhielt.

Experiment I.

Rechter sympathicus durchschnitten.

Pupillardurchmesser:

Links.		Rechts.	
Höhendurchm.	Querdurchm.	Höhendurchm.	Querdurchm.
6,4mm.	5,9mm.	5,2mm.	5,1mm.

Die Wirkung des Strychnins begann schon nach 3 Minuten mit Unruhe des Thieres, rascherem Herzschlage, frequenterer Respiration, ohne Veränderung der Pupillendurchmesser. Nach 5 Minuten zeigten sich dann in der gewöhnlichen Aufeinanderfolge die erhöhte-reflectorische Reizbarkeit, die auf jede Berührung eine heftige Zuckung auslöste, dann klonische Krämpfe der Extremitäten und endlich heftiger Tetanus aller Muskeln des Rumpfes und Trismus. Während des Tetanus konnten die Pupillen mit Bestimmtheit als beträchtlich erweitert erkannt werden, doch wurden, wegen der unbequemen Lage des Thieres keine genaueren Messungen gemacht. Diese wurden erst angestellt, als eine Viertelstunde später der Tetanus nachgelassen hatte, allerdings noch einige Spannung der Extremitäten vorhanden war, hin und wieder clonische Krämpfe eintraten und das Thier in äusserster Erschöpfung dalag. Zu dieser Zeit waren die Pupillendurchmesser:

Links.		Rechts.	
Höhendurchm.	Querdurchm.	Höhendurchm.	Querdurchm.
7,1 ^{mm} .	7,0 ^{mm} .	6,0 ^{mm} .	5,3 ^{mm} .

Das Thier blieb am Leben.

Experiment II.

Der rechte sympathicus war durchschnitten.

Pupillendurchmesser vor der Einträufelung:

Links.	Rechts.
7,1 ^{mm} .	5,9 ^{mm} .

Während des Tetanus:

9,8 ^{mm} .	9,0 ^{mm} .
---------------------	---------------------

direct nach der Messung starb das Thier im Tetanus.

V. Digitalis.

Auch dieses Alcaloid musste, da es in Wasser vollkommen unlöslich ist, in alkoholischer Lösung (gr. i auf 3j) in der beim Aconitin angegebenen Weise angewendet werden.

Experiment I.

Der rechte sympathicus war durchschnitten.

Pupillardurchmesser:

Links.		Rechts.	
Querdurchm.	Höhendurchm.	Querdurchm.	Höhendurchm.
7,8mm.	8,2mm.	5,9mm.	6,2mm.
10 Minuten nach der Einträufelung:			
7,0mm.	7,0mm.	5,9mm.	6,2mm.
20 Minuten nach der Einträufelung:			
6,2mm.	6,4mm.	5,9mm.	6,2mm.

Experiment II.

Der rechte sympathicus war durchschnitten.

Pupillardurchmesser:

Links.		Rechts.	
Querdurchm.	Höhendurchm.	Querdurchm.	Höhendurchm.
6,5mm.	7,2mm.	5,6mm.	6,6mm.
30 Minuten nach der Einträufelung:			
6,0mm.	6,7mm.	5,6mm.	6,6mm.
60 Minuten nach der Einträufelung: dieselben Durchmesser.			

VI. Nicotin.

Vorschrift. Rp. Nicot. gutt. i Aq. dest. 3j.

Die Einbringung eines Tropfens dieser Lösung schien den Thieren sehr schmerzhaft zu sein: sie stiessen jenen bei Kaninchen vorkommenden, durchdringenden Schrei aus, warfen sich unruhig hin und her; beruhigten sich aber dann bald wieder und es liess sich mit Ausnahme einer heftigen localen Reizung keine dadurch herbeigeführte intensivere Störung nachweisen.

Experiment I.

Der rechte sympathicus war durchschnitten.

Pupillardurchmesser:

Links.		Rechts.	
Querdurchm.	Höhendurchm.	Querdurchm.	Höhendurchm.
7,0mm.	8,3mm.	5,3mm.	5,8mm.
3 Minuten nach der Einträufelung:			
2,0mm.	2,0mm.	2,0mm.	2,0mm.

5 Minuten nach der Einträufelung:

1,0^{mm.} 1,0^{mm.} 1,0^{mm.} 1,0^{mm.}

Experiment II.

Ebenso wie vorher:

7,0^{mm.} 7,5^{mm.} 6,2^{mm.} 7,0^{mm.}

5 Minuten nach der Einträufelung:

1,0^{mm.} 1,0^{mm.} 1,0^{mm.} 1,0^{mm.}

Als Gesamtergebnis aller dieser Beobachtungen ergibt sich, dass mit Ausnahme des Strychnins und Nicotins keines der untersuchten Narcotica der Belladonna entfernt an Intensität der Wirkung gleichkommt, in so fern durch keins in der hier angewandten Concentration eine so bedeutende Veränderung im Durchmesser der Pupille erzielt, noch auch die Fähigkeit derselben auf Licht zu reagieren, aufgehoben wurde. Beim Aconitin wurde zuerst eine Verengung beobachtet, der dann eine Erweiterung folgte, die jedoch nicht in allen Durchmessern sofort bis zur normalen Weite führte. Die hier gesehene Wirkung des Morphiums und Digitalins scheint von dem abzuweichen, was die klinische Beobachtung in den meisten Fällen ergeben hat, da man bekanntlich bei der Opiumintoxication Verengung der Pupille gesehen hat und unter die Symptome der cumulativen Digitaliswirkung die Erweiterung derselben rechnet, während unsere Zahlen gerade das umgekehrte ergeben. Indessen sind hier die Verhältnisse nicht so einfach, um zur unmittelbaren Vergleichung zu berechtigen, und es ist wahrscheinlich, dass eine stärkere Dosis von Opium nöthig ist, um die Oculomotoriusfasern zu erregen, während beim Digitalin einerseits die kleinere Dosis als Erregungsmittel für dieselbe wirken könnte und diese erst allmählig durch den fortdauernden Reiz so abgestumpft würden, dass sie dem Reize nicht mehr gehorchen, und andererseits

das Fehlen der Wirkung auf der Seite des aufgehobenen Sympathicuseinflusses die Erklärung offen lässt, dass das Digitalin in dieser kleinen Gabe vielleicht die Thätigkeit der sympathischen Fasern herabsetzt. Die Wirkung des Strychnins ist, ohne von langer Dauer zu sein, in Art und Intensität der des Atropins analog: und es scheint mir dies um so bemerkenswerther, als in den Fällen tetanischer Erkrankungen bei Menschen man meist eine Verengerung der Pupille beobachtet.

Die rapide erfolgende, eclatante Verengerung der Pupille, die durch Nicotin hervorgebracht wurde, habe ich durch keine andere Substanz dieser Gruppe erreichen können.
