Aus dem Anatomischen Institut der Med. Fakultät, Univ. Okayama
(Vorstand: Prof. M. SEKI).

Die Histometrie des Epithels der Trachea und der Luftwege in der Lunge der Embryonen von Mensch, Kaninchen, Meerschweinchen und Ratte. I.

人, 家兎, 天竺鼠, 大黒鼠の氣管と肺内氣道の
上皮の組織測定. I.

Yoshio KUSUHARA 楠原良雄.

[Eingegangen am 6. Februar 1952.]

An Untersuchungen über die Histogenese der Lunge sind schon viele vorhanden. Unter anderen sind die Arbeiten von OGAWA (1920), BENDER (1925), POLICARD (1929), SEEMANN (1931) und SHIMAI (1950) zu nennen. Die Trachea und der Bronchus haben aber, weil sie verhältnismäßig einfach strukturiert werden, wenig Interesse geboten. Die Trachea und die Luftwege in der Lunge in der embryonalen Zeit wurden übrigens von Autoren nur stellenweise untersucht, und ein statistisches Studium ist noch nicht unternommen. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der statistischen Messung der Epithelien der Trachea, des Bronchus und der Bronchulen.

I. Material und Methode.

Es standen mir Menschenembryonen von 4, 6 und 8 Monaten, Kaninchenembryonen von 20 und 25 Tagen, ein neugeborenes Kaninchen, ein 3 Wochen altes Kaninchen, Meerschweinchenembryonen von 40 und 50 Tagen, ein neugeborenes Meerschweinchen, ein 2 Wochen altes Meerschweinchen, Rattenembryonen von 15 und 18 Tagen, eine neugeborene Ratte und 1 Woche alte Ratte zur Verfügung. Nach der Fixierung in 10%iger Formalinlösung wurden die Trachea, der Bronchus und die Lunge ausgenommen, in Zelloidin eingebettet, um 15 μ dicke Schnitte mit Hämatoxylin und Eosin zu färben. Die Messung wurde mit dem Okularmikrometer durchgeführt. Es wurde zuerst der Mittelwert der Epitheldicke erzielt. Die Form des Zellkerns läßt manchmal auf die Form des Zellkörpers schließen. Die Zellen mit einem kleinen Größen-Breitenindex (Breite / Länge $\times$ 100) sind nämlich von zylindrischer Form, diejenigen mit einem Wert sehr weit über 100 sind aber platt. Bei den mehrreihigen Epithelien maß man nur die in einer Höhe liegenden Zellkerne,

II. Resultate der Messung.

A. Mensch.

a) Trachea und Bronchus (Tabelle 1).

Das Epithel ist bei 4-, 6- und 8 monatigen Embryonen immer

Tabelle 1. Epithelien der Trachea und

		Trachea			
		Epithel- dicke	Bau	Kerngröße	Kernbreite
4. fet. M.	kran. Tl.	53.4	mehrreihig	6.2 ± 0.1	4.1 ± 0.1
	kaud. Tl.	39.9		6.4 ± 0.2	4.3 ± 0.2
6. fet. M.	kran. Tl.	53.1	mehrreihig	6.6 ± 0.2	5.5 ± 0.1
	kaud. Tl.	39.9		6.9 ± 0.1	6.6 ± 0.2
8. fet. M.	kran. Tl.	53.1	mehrreihig	6.6 ± 0.1	5.3 ± 0.1
	kaud. Tl.	40.8		6.6 ± 0.2	5.3 ± 0.2

mehrreihig. Aus Tabelle 1 ergibt sich, daß die Epitheldicke der Trachea beim Menschen sich während der Entwicklung, nicht wie bei den anderen Tieren, sich kaum ändert. Die Epitheldicke des Bronchus nimmt im Gegenteil zu den anderen Tieren zu. Der Größen-Breitenindex der im Epithel hoch stehenden Zellkerne zeigt keine regelmäßige Veränderung.

b) Bronchulen (Tabelle 2).

Die Messung der Bronchulen in der Lunge ist nur in den frühesten Zeiten leicht durchführbar. In späteren Zeiten verästeln sich die Bronchulen wiederholt, und die Endstücke der letzteren erweitern sich beträchtlich, deren Zellen kubisch bis platt werden. Eine statistische Messung wird dann sehr schwer, zumal da die Lungenalveolen, worauf schon vor allem POLICARD (1929) aufmerksam gemacht hat, wieder der klassischen Theorie ursprünglich in dem Bindegewebe entstehen und im postnatalen Leben nur mit diskontinuierlichem Epithel bekleidet sind. Daher befindet sich die Luft in direktem Kontakt mit dem blutgefäßreichen Bindegewebe. In der Tat ist uns eine einwandfreie Darstellung sog. kernloser Platten in der Alveolarwand der Säugetiere durch die Versilberung nicht gelungen. Dazu kommt noch, daß die Zellform und -größe der Bronchulenwandung ganz mannigfaltig werden, so daß die Variation der gemessenen Werte stark wächst. Es scheint also unbegründet, den arithmetischen Mittelwert der Einzelwerte der Epithelien der Bronchulen tadellos zu suchen. In

vorliegender Arbeit wählte man also in den Schnittpräparaten unsachgemäß einige Bronchulen und maß die Epitheldicke und Kerngröße an jedem Bronchulus und ermittelte die Mittelwerte. Die Untersuchungen über die Epithelien der terminalen Bronchulen und der Alveolargängen werden hier ausgenommen.

des Bronchus des Menschen (μ).

Größen-Breiten-index	Bronchus				
	Epitheldicke	Bau	Kerngröße	Kernbreite	Größen-Breiten-index
66	39.0	mehrreihig	6.1 ± 0.2	4.4 ± 0.2	72
67	39.3		6.0 ± 0.2	4.6 ± 0.2	77
83	47.7	mehrreihig	6.2 ± 0.2	5.8 ± 0.2	94
96	45.9		6.2 ± 0.2	5.8 ± 0.2	85
80	50.1	mehrreihig	6.3 ± 0.1	4.8 ± 0.1	76
82	46.8		6.3 ± 0.2	4.4 ± 0.2	70

Tabelle 2. Epithel der Bronchulen des Menschen (μ).

	Durchmesser	Epitheldicke	Bau	Kerngröße	Kernbreite	Größen-Breiten-index
4. fet. M.	360	25.2	meist 2- reihig	5.4	5.4	100
	330	24.6		6.9	5.6	81
	132	21.0		6.8	6.1	90
	109	21.9		6.4	5.8	91
6. fet. M.	228	21.9	meist 2- reihig	7.1	6.2	87
	156	22.0		6.6	6.0	91
	135	20.1		7.1	6.0	85
	132	21.8		6.8	7.1	96
8. fet. M.	333	20.1	meist 2- reihig	7.5	5.9	79
	264	18.7		7.1	5.2	73
	255	19.5		7.4	5.5	74
	234	18.7		7.3	5.7	78

Was oben bei der Untersuchung der Bronchulen des Menschen gesagt ist, gilt von den Bronchulen anderer Tiere.

In Tabelle 2 ersieht man, daß das von mir untersuchte Bronchulenepithel meist zweireihig bleibt. Der Größen-Breitenindex der im

Epithel hoch liegenden Kerne nimmt in späteren Embryonalzeit etwas ab.

B. Kaninchen.

a) Trachea und Bronchus (Tabelle 3).

Tabelle 3. Epithelien der Trachea

		Trachea			
		Epithel- dicke	Bau	Kern- größe	Kern- breite
20. fet. Tg.	kran. Tl.	19.8	2-reihig	6.9 ± 0.0	6.0 ± 0.1
	kaud. Tl.	19.2	2- bis 3-reihig	6.9 ± 0.1	5.4 ± 0.1
25. fet. Tg.	kran. Tl.	19.8	2-reihig	6.9 ± 0.1	5.2 ± 0.2
	kaud. Tl.	19.5	2-reihig	6.5 ± 0.2	5.3 ± 0.2
Neu- geborenes	kran. Tl.	15.3	2-reihig	6.8 ± 0.1	5.5 ± 0.2
	kaud. Tl.	15.0	2-reihig	6.5 ± 0.1	5.4 ± 0.2
3 Wochen n. P.	kran. Tl.	14.4	2-reihig	6.9 ± 0.1	5.7 ± 0.2
	kaud. Tl.	14.1	2-reihig	7.0 ± 0.1	5.7 ± 0.2

Sowohl in der Embryonalzeit als auch nach dem Partus ist das Epithel zweireihig. Es ist im Bronchus immer dünner als in der Trachea. Dementsprechend erweist sich der Größen-Breitenindex der

Tabelle 4. Epithel der Bronchulen des Kaninchens (μ).

	Durch- messer	Epithel- dicke	Bau	Kern- größe	Kern- breite	Größen- Breiten- index
20. fet. Tg.	255	13.7	ein- schicht.	5.6	5.6	100
	48	11.9		5.8	4.4	76
	30	13.0		5.0	3.9	78
	30	11.5		5.5	4.4	80
	27	11.5		5.6	5.0	90
	24	11.9		6.0	5.3	88
	24	11.6		5.6	4.3	77
	21	10.7		5.9	4.6	78
	18	11.0		5.4	5.0	93

hoch liegenden Zellkerne im Bronchus etwas größer als in der Trachea. Der Indexwert verändert sich wenig während der Entwicklung.

b) Bronchulen (Tabelle 4).

Das Epithel ist meist einschichtig. Die Zellkerne zeigen keine regelmäßige Veränderung.

und des Bronchus des Kaninchens (μ).

Größen- Breiten- index	Bronchus				
	Epithel- dicke	Bau	Kerngröße	Kernbreite	Größen- Breiten- index
82	19.2	2- bis 3-reihig	6.2 ± 0.2	5.6 ± 0.2	90
81	18.3	2- bis 3-reihig	6.2 ± 0.2	5.3 ± 0.1	86
75	18.6	2-reihig	6.2 ± 0.2	5.3 ± 0.1	86
82	18.3	2-reihig	6.2 ± 0.2	5.3 ± 0.1	86
81	14.7	2- bis 3-reihig	6.2 ± 0.2	5.5 ± 0.2	89
83	14.1	2-reihig	6.2 ± 0.1	5.6 ± 0.2	90
83	14.4	2-reihig	6.0 ± 0.1	6.0 ± 0.2	100
82	13.5	2-reihig	6.2 ± 0.2	6.2 ± 0.2	100

Tabelle 4 (Fortsetzung).

25. fet. Tg.	162	10.4	ein- schicht.	5.4	4.9	91
	144	10.4		5.6	5.0	89
	114	10.1		5.3	4.3	81
	99	10.3		5.3	4.5	85
	36	11.5		5.0	4.1	82
	30	11.2		5.6	4.7	89
	27	12.2		5.5	4.5	82
	24	10.6		4.8	4.0	83
	21	10.3		4.9	3.7	76
Neu- geborenes	243	12.3	ein- schicht.	5.6	5.1	91
	156	13.7		5.6	4.8	86
	81	10.8		5.1	4.3	84
	42	9.8		4.8	4.1	86
	33	9.8		4.2	3.7	88
	30	10.1		4.9	4.5	92
	27	10.3		4.2	4.1	98
	24	9.9		4.4	3.8	86
	21	10.2		4.8	4.2	88

Tabelle 4 (Fortsetzung).

3 Wochen n. P.	72	9.3	ein- schicht.	5.5	4.4	80
	69	9.6		5.4	4.2	78
	48	9.5		5.4	4.4	82
	47	7.8		5.0	4.2	84
	45	10.3		5.7	5.5	97
	36	8.9		5.2	4.3	83
	30	8.2		5.1	4.2	82
	30	8.6		4.9	4.2	86
	24	9.2		5.5	4.5	82

Tabelle 5. Epithelien der Trachea und

		Trachea			
		Epithel- dicke	Bau	Kerngröße	Kernbreite
40. fet. Tg.	kran. Tl.	28.5	2- bis 3-reihig	6.7 ± 0.2	6.6 ± 0.1
	kaud. Tl.	28.2	2- bis 3-reihig	6.6 ± 0.2	6.5 ± 0.2
50. fet. Tg.	kran. Tl.	30.6	3- bis 4-reihig	6.3 ± 0.2	6.3 ± 0.2
	kaud. Tl.	30.0	3- bis 4-reihig	6.3 ± 0.2	6.2 ± 0.1
Neu- geborenes	kran. Tl.	29.1	3- bis 4-reihig	6.3 ± 0.2	6.2 ± 0.2
	kaud. Tl.	28.5	3- bis 4-reihig	6.3 ± 0.2	5.3 ± 0.2
2 Wochen n. P.	kran. Tl.	26.4	3- bis 4-reihig	6.4 ± 0.2	5.4 ± 0.2
	kaud. Tl.	25.8	3- bis 4-reihig	6.4 ± 0.2	6.4 ± 0.2

C. Meerschweinchen.

a) Trachea und Bronchus (Tabelle 5).

Tabelle 6. Epithel der Bronchulen des Meerschweinchens (μ).

	Durch- messer	Epithel- dicke	Bau	Kern- größe	Kern- breite	Größen- Breiten- index
40. fet. Tg.	75	13.0	meist ein- schicht.	6.2	5.1	82
	45	12.8		5.8	5.4	93
	27	11.9		6.1	5.5	90
	24	12.1		5.9	5.7	97
	21	11.0		6.2	5.4	87
	69	13.6		6.1	5.3	82
	36	11.5		5.8	5.1	83

Hier ist das Epithel wie bei dem Kaninchen vor und nach dem Partus immer 2–3 reihig. Es neigt dazu, nach dem Partus dünner zu werden. Der Größen-Breitenindex der hoch liegenden Epithelkerne ist im Bronchus immer kleiner als in der Trachea.

b) Bronchulen (Tabelle 6).

Das untersuchte Epithel besteht immer aus einschichtigen Zylinderzellen und wird etwas dünner mit dem Schreiten der Entwicklung. Die Zellkerne zeigen keine regelmäßige Veränderung des Größen-Breitenindexes.

des Bronchus des Meerschweinchens (μ).

Größen-Breiten-index	Bronchus				
	Epithel-dicke	Bau	Kerngröße	Kernbreite	Größen-Breiten-index
98	27.1	2- bis 3-reihig	6.5 ± 0.1	5.5 ± 0.2	85
99	26.1	2- bis 3-reihig	6.5 ± 0.1	5.4 ± 0.2	83
100	28.8	3- bis 4-reihig	6.4 ± 0.2	5.3 ± 0.2	83
99	29.4	3- bis 4-reihig	6.5 ± 0.2	5.4 ± 0.1	83
99	27.0	3- bis 4-reihig	6.5 ± 0.2	5.2 ± 0.2	80
84	26.4	3- bis 4-reihig	6.5 ± 0.1	5.4 ± 0.2	83
84	25.2	3- bis 4-reihig	6.3 ± 0.2	5.2 ± 0.1	83
100	24.9	3- bis 4-reihig	6.3 ± 0.2	5.2 ± 0.2	83

Tabelle 6 (Fortsetzung).

50. fet. Tg.	33	15.6	meist einschicht.	4.8	2.6	78
	30	10.9		5.8	5.2	90
	21	13.7		6.2	4.9	79
Neugeborenes	36	12.3		5.7	5.0	88
	35	12.7	meist einschicht.	6.2	5.3	86
	33	11.8		5.1	4.2	82
	30	11.4		5.6	4.5	80
	21	13.5		5.4	4.4	82
2 Wochen n. P.	162	10.9		5.5	4.7	86
	63	11.0	meist einschicht.	5.0	4.9	98
	48	13.5		5.6	4.2	75
	45	12.4		5.3	5.2	98
	15	11.9		5.7	5.3	93

D. Ratte.

a) Trachea und Bronchus (Tabelle 7).

Die Epithelzellen ordnen sich in der Embryonalzeit 2-3 reihig und nach dem Partus 1-2 reihig. Das Epithel des Bronchus ist etwas

Tabelle 7. Epithelien der Trachea

		Trachea			
		Epithel- dicke	Bau	Kerngröße	Kernbreite
15. fet. Tg.	kran. T.	20.4	2- bis 3-reihig	6.8 ± 0.2	5.6 ± 0.2
	kaud. Tl.	17.7	2- bis 3-reihig	6.9 ± 0.3	5.7 ± 0.2
18. fet. Tg.	kran. Tl.	17.1	2- bis 3-reihig	6.3 ± 0.1	5.7 ± 0.2
	kaud. Tl.	16.2	2- bis 3-reihig	6.9 ± 0.1	5.7 ± 0.2
Neu- geborenes	kran. Tl.	16.2	1- bis 2-reihig	6.6 ± 0.1	5.9 ± 0.2
	kaud. Tl.	12.6	1- bis 2-reihig	6.5 ± 0.2	6.3 ± 0.2
1 Woche n. P.	kran. Tl.	12.3	1- bis 2-reihig	6.8 ± 0.2	6.1 ± 0.2
	kaud. Tl.	9.9	1- bis 2-reihig	6.6 ± 0.2	5.2 ± 0.2

dünnere als das der Trachea. Die beiden Epithelien werden mit dem Zeitablauf dünner. Der Größen-Breitenindex der Zellkerne bleibt immer etwa gleich.

Tabelle 8. Epithel der Bronchulen der Ratte (μ).

	Durch- messer	Epithel- dicke	Bau	Kern- größe	Kern- breite	Größen- Breiten- index
15. fet. Tg.	35	14.4	ein- schicht.	6.0	4.7	78
	29	13.3		5.7	5.1	90
	28	13.8		6.0	4.8	80
	26	14.1		6.1	5.1	84
	25	14.0		5.7	4.8	84
	20	14.6		6.0	5.2	87
	20	15.0		5.8	4.5	78
	19	13.7		5.9	4.8	82
	19	13.5		6.0	5.1	85
	12	11.9		5.6	5.0	89

b) Bronchulen (Tabelle 8).

Die Bronchulen sind mit einschichtigen Zylinderepithelzellen ausgekleidet. Der Größen-Breitenindex ist in der prä- und postnatalen Zeit fast der gleiche.

und des Bronchus der Ratte (μ).

Größen-Breiten-index	Bronchus				
	Epithel-dicke	Bau	Kerngröße	Kernbreite	Größen-Breiten-index
82	17.1	2- bis 3-reihig	6.4 ± 0.1	5.6 ± 0.2	88
83	16.2	2- bis 3-reihig	6.5 ± 0.1	5.7 ± 0.2	88
91	15.3	2- bis 3-reihig	6.8 ± 0.2	5.7 ± 0.2	84
83	15.0	2- bis 3-reihig	6.2 ± 0.3	5.7 ± 0.2	92
89	12.3	1- bis 2-reihig	6.7 ± 0.1	5.3 ± 0.2	79
97	11.4	1- bis 2-reihig	5.5 ± 0.2	6.3 ± 0.3	92
90	9.9	1- bis 2-reihig	6.4 ± 0.2	5.9 ± 0.2	92
79	9.0	1- bis 2-reihig	5.4 ± 0.2	5.4 ± 0.2	100

Tabelle 8 (Fotrselzung).

18. fet. Tg.	33	13.2	ein-schicht.	5.9	4.3	73
	33	13.5		5.7	4.8	84
	24	14.6		5.9	4.9	83
	21	16.4		5.9	4.7	80
	18	13.8		5.9	4.1	70
	15	14.7		5.9	4.4	75
	15	13.1		5.9	4.1	70
	15	13.7		5.9	4.2	71
	12	12.9		5.9	4.3	73
	12	14.5		6.2	4.9	79
Neu-geborenes	108	8.9	ein-schicht.	5.1	4.1	81
	99	9.5		5.4	4.3	80
	93	8.9		5.3	4.3	81
	78	9.4		6.0	4.7	78
	72	9.6		5.9	4.7	80
	57	8.8		5.4	4.8	89
	39	11.8		5.6	4.9	88
	36	8.4		5.3	4.2	79
	33	9.2		5.8	4.6	79
	30	8.0		5.3	4.3	81

Tabelle 8 (*Frotsetzung*).

1 Woche n. P.	231	9.6	ein- schicht.	5.1	4.1	81
	135	9.1		5.4	4.3	78
	120	9.4		5.3	4.3	81
	87	9.1		6.0	4.7	78
	81	10.1		5.9	4.7	80
	78	9.2		5.4	4.8	89
	75	8.8		5.6	4.9	88
	63	9.0		5.3	4.2	79
	48	9.4		5.8	4.6	79
	39	9.1		5.3	4.3	81

III. Zusammenfassung.

Es wurden die Epithelien der Trachea, des Bronchus und der Bronchulen der Menschenembryonen in der zweiten Hälfte der Fetalzeit, der Embryonen von Kaninchen, Meerschweinchen und Ratte in einem letzteren Drittel der Fetalzeit und der Kindehen der genannten Tiere im Alter von 1 - 3 Wochen histometrisch untersucht, aber vorläufig mit Vorbehalt auf die terminalen Bronchulen mit den Alveolen-gängen.

1. Über die Trachea und den Bronchus. Sie sind in der Fetalzeit bei Mensch mit mehrreihigem Epithel und bei Kaninchen, Meerschweinchen und Ratte mit 2 - 3 reihigem Epithel ausgekleidet. Bei den Tieren nimmt seine Dicke während der Entwicklung ab, soweit sie die hier bezogenen Entwicklungsperioden betrifft. Die Dicke des Epithels ordnet sich in den ganzen Entwicklungsperioden in der Reihe: Mensch > Meerschweinchen > Kaninchen > Ratte, wobei der Dickenwert des Meerschweinchens merkwürdigerweise beträchtlich größer ist als derjenige des Kaninchens von weit größerer Körpergröße. Der Wert des Größen-Breitenindex der im Epithel hoch liegenden Zellkerne ist beim Kaninchen im Bronchus immer etwas größer als in der Trachea, beim Meerschweinchen ist aber das Umgekehrte der Fall. In Betreff der Zu- und Abnahme des Index während der Entwicklung ist keine allgemeine Regel zu finden.

2. Über die Bronchulen. Das Epithel der Bronchulen, abgesehen von den terminalen, besteht bei Mensch wie bei Kaninchen, Meerschweinchen und Ratte aus einschichtigen Zylinderzellen. Das Bronchulene epithel wird, dasjenige des Meerschweinchens ausgenommen, schon vor dem Partus mehr und mehr dünner. Die peripheren Bronchialäste und die Bronchulen des Meerschweinchens sind in jedem Stadium gegenüber den anderen Tieren durch ein verhältnismäßig

dicke Epithel charakterisiert. Der Größen-Breitenindex des Bronchuleneithels zeigt keine regelmäßige Veränderung.

内 容 自 抄.

人の胎生後半期, また家兎, 天竺鼠, 大黒鼠の胎生後3分1期と生後1-3週までの氣管, 氣管支, 細氣管支の上皮の組織測定を行つた. しかし終末細氣管支と肺胞管は後の研究に譲つた.

先づ氣管と氣管支について云へば, その上皮は人の胎生期では多列で家兎, 天竺鼠, 大黒鼠では2-3列の上皮である. 動物ではその厚さは發育中に減ずる. 上皮の厚さは全發育過程に於て, 人>天竺鼠>家兎>大黒鼠の順である. 上皮の厚さが家兎よりも體形の小さい天竺鼠に著しく厚いのが妙である. 上皮内の高位の細胞核の丈幅示數は家兎では氣管よりも氣管支に常にやや大きい, しかし天竺鼠では逆である. 發育中に於ける丈幅示數の増減には何等一般的な規則が見出されない.

次にあまり末梢に至らない細氣管支について云へば, その上皮は人, 家兎, 天竺鼠, 大黒鼠の何れにも單層の柱形上皮から出來てゐる. 細氣管支上皮は, 天竺鼠のものを除き, 出生前にすでに次第に薄くなる. 天竺鼠の末梢の氣管支枝と細氣管支の上皮は各時期に於いて他の動物のものに比してやや厚い. 細氣管支上皮の丈幅示數は規則正しい變化を示さない.

Literatur.

Bender, K. W. : Über die Entwicklung der Lungen. Z. Anat. 75 (1925). — **Ogata, Ch.** : Contributions to the histology of the respiratory spaces of the vertebrate lungs. Amer. J. of Anat. 27 (1920). — **Policard, A.** : Les nouvelles idées sur la disposition de la surface respiratoire pulmonaire. Presse méd. 37 (1929). — **Shimai, K.** : Histogenetische Studien über die Lunge des Menschenembryos. II. (Jap.) Keio I. Z. 28 (1951).