

TRACHEALENGTE EN JUISTE INTUBATIEDIEPTE
BIJ HET ZEER JONGE KIND

**TRACHEALENGTE EN JUISTE INTUBATIEDIEPTE
BIJ HET ZEER JONGE KIND**

SOME ASPECTS OF INFANT TRACHEA

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN
DOCTOR IN DE GENEESKUNDE
AAN DE ERASMUSUNIVERSITEIT ROTTERDAM
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS
PROF. DR. M.W. VAN HOF
EN VOLGENS BESLUIT VAN HET COLLEGE VAN DEKANEN,
DE OPENBARE VERDEDIGING ZAL PLAATSVINDEN OP
WOENSDAG 4 SEPTEMBER 1985 TE 14.00 UUR

DOOR

ANNEKE ELINA ELVIRA MEURSING

geboren te 's Gravenhage

1985

ROECCO DAVIDS
ALBLASSERDAM

BEGELEIDINGSCOMMISSIE:

PROMOTOREN : PROF. DR. W. ERDMANN
PROF. DR. B. SMALHOUT

OVERIGE LEDEN : PROF. DR. J.C. MOLENAAR
PROF. DR. C.D.A. VERWOERD

Dit onderzoek werd verricht in het Sophia Kinderziekenhuis dat deel uitmaakt van het Academisch Ziekenhuis Rotterdam. De afdelingen anesthesiologie, keel-, neus- en oorheelkunde en röntgenologie werkten hierbij nauw samen.

Het dierexperimentele gedeelte vond plaats in het Primatencentrum TNO te Rijswijk, in samenwerking met het Instituut voor Anaesthesiologie van het Academisch Ziekenhuis te Utrecht.

Het drukwerk werd financieel mogelijk gemaakt door de Stichting Researchfonds Kinderanesthesiologie SKZ.

Ter nagedachtenis van en in dankbare herinnering
aan mijn vader.

Aan Roos

AAN ALLE PASGEBORENEN
MET ADEMHALINGSMOEILIKHEDEN

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk 1	: Introductie en doelstelling van het onderzoek	9
Hoofdstuk 2	: Literatuurstudie	17
Hoofdstuk 3	: A. Methode van meten en resultaten van de * Tracheallengte gemeten bij kinderen onder algehele anesthesie én neuromusculaire relaxatie * Tracheallengte gemeten bij kinderen onder algehele anesthesie en met behoud van spontane ademhaling B. Voorspelbaarheid van tracheallengte	43 51
Hoofdstuk 4	: Tracheallengte gemeten bij rhesusapen onder algehele anesthesie in apnoe en bij spontane respiratie	57
Hoofdstuk 5	: Invloed van de positie van het hoofd op de juiste intubatiediepte	63
Hoofdstuk 6	: Discussie en conclusies	69
Hoofdstuk 7	: Samenvatting Summary	79 81
Literatuur		85
Naschrift		103
Curriculum Vitae		109

HOOFDSTUK 1

Introductie en doelstelling van het onderzoek

"The lighted candle respire and we call it flame. The body respire and we call it life....."

aldus begint John W. Severinghaus zijn voorwoord tot het veel gelezen en geciteerde boek van John Nunn "Applied Respiratory Physiology", één van de standaardwerken der anesthesiologie, waarin duidelijk wordt hoe de anesthesiologie de disciplines physiologie, farmacologie en anatomie tezamen verweeft in de dagelijkse praktijk.

Op deze wijze wordt de anesthesiologie gedefinieerd naar zijn diepste essentie, namelijk de regulatie en bewaking van physiologische systemen.

Zowel de vlam als het leven zijn processen, die beiden zijn opgebouwd uit losse elementen, die ieder op zich weinig betekenis hebben. Zonder zuurstof, dat essentiële losse element, raakt het menselijk leven in enkele minuten onbestaanbaar.

Ontwikkelingen in de medische technologie hebben vele fantasieën tot werkelijkheid gebracht zoals nierdialyse, orgaantransplantaties en reimplantatie van ledematen. Echter, behoudens kortdurende kostbare procedures als extracorporele membraanoxygenatie of diepe hypothermie is er nog geen oplossing gevonden voor een gestoorde gaswisseling.

Volgens Applebaum (1983) zou Hippocrates de eerste beschrijving gegeven hebben van een artificiële luchtweg teneinde respiratoire obstructie op te heffen. Een modernere vertaling van zijn werk laat hier echter twijfel over ontstaan.

Geen twijfel bestaat over de levendige beschrijving van Robert Hooke's experiment met een hond in 1667 (R. Hooke, 1667). Hooke(1635-1705) anticipeerde in deze studie op het gebruik van de extracorporele membraanoxygenatie en wees op het belang inzicht te verkrijgen in de physiologie van de ademhaling en circulatie. Zijn studie kwam 124 jaar nadat Vesalius (1514-1564) een zwangere zeug in leven had gehouden door haar te ventileren via een rieten buis die in de trachea was gebracht. Zo leidde wetenschappelijk onderzoek in de zestiende en zeventiende eeuw tot de klinische toepassing van kunstmatige ventilatie. Deze techniek werd in die tijd echter beperkt tot het toepassen bij het redden van drenkelingen.

Acute ontstekingsprocessen van de luchtweg kunnen ook op mechanische wijze de ventilatie belemmeren. Rond het einde van de achttiende, begin negentiende eeuw, werd voor het eerst bij croup en diphterie het advies gegeven tracheotomie te verrichten. Later werd dit probleem opgelost door de klinische toepassing van endotracheale buizen in de geneeskunde. Aan de Franse chirurg Desault gelukte het, zij het accidenteel, bij een wakker persoon een elastische buis via een neusgat en de keel tussen de stembanden door te schuiven. Hiermede was voor het eerst melding gemaakt van de mogelijkheid tot nasotracheale intubatie (Macewen, 1880).

In 1858 kwam de eerste Europese anesthesioloog John Snow met een publicatie waarmee hij de anesthesiologie bracht op het terrein van de beheersing der luchtwegen. Hij beschreef toediening van chloroformanesthesie via een tracheostoma bij dieren.

Trendelenburg bracht dit in 1871 in praktijk bij de mens.

Jackson, een destijds beroemd Amerikaans keel-, neus- en oorarts beschreef in 1907 in zijn boek "Tracheobronchoscopy, Esophagoscopy and Gastrosocopy" voor het eerst uitgebreid in de angelsaksische literatuur de endoscopie van luchtwegen, slokdarm en maag. Hij ontwikkelde een nieuwe techniek om tracheotomie uit te voeren op kinderen met diphterie. Hij was de eerste die met succes endotracheale intubaties met kleine metalen buizen uitvoerde.

Sinds die tijd werd het mogelijk onder directe visie endotracheale intubatie uit te voeren . Latere onderzoekers concentreerden zich op de ontwikkeling van endotracheale buizen en technieken van endotracheale intubatie.

Nog steeds is dit een gebied waar vele onderzoekers, gedreven door de noodzaak van adequate gaswisseling, zich toe voelen aangetrokken.

Het blijkt heden ten dage een trefpunt van uiteenlopende specialismen: anesthesiologie, keel-, neus- en oorheelkunde, pediatrie (neonatologie), algemene chirurgie en pulmonologie. Prominente vertegenwoordigers van vele specialismen hebben publicaties het licht doen zien over endotracheale buizen, de technieken van het inbrengen hiervan en het vervolgens verbeteren van de gaswisseling bij de betrokken patiënten.

Immers, zonder gaswisseling is het leven, onze brandende vlam, onbestaanbaar.

Vanaf de conceptie tot de geboorte bereidt de foetus zich voor op het extrauteriene bestaan. Dit betekent een verschuiving van een onderwater bestaan met een gaswisseling door diffusie via de placenta, naar een extrauterien leven, dat gekenmerkt wordt door gaswisseling via ventilatie. Het kind beschikt tijdens het intrauteriene bestaan over een aantal fysiologische aanpassingen, die het onderwater leven op ingenieuze wijze mogelijk maken. Er bestaat uitwisseling van zuurstof, koolzuur, voedingsstoffen en metaboliëten via de placenta. De relatief lage zuurstofspanning in dit systeem wordt gecompenseerd door een hoog haemoglobinegehalte in combinatie met de zogenaamde foetale circulatie, die kort samengevat verloopt via de volgende wegen:

- * de ductus venosus, die het bloed rechtstreeks buiten de lever om naar de rechter harthelft transporteert
- * het open foramen ovale waardoor het bloed rechtstreeks geleid wordt in de grote lichaamscirculatie, en
- * de open ductus arteriosus die door een hoge pulmonale vaatweerstand het bloed, dat toch in de arteria pulmonalis terechtkomt, toevoegt aan het aortale bloed.

Op deze wijze wordt een, gezien de omstandigheden, zo goed mogelijke oxygenatie bereikt waardoor ontwikkeling en groei mogelijk wordt van essentiële organen in het bijzonder de hersenen.

Tijdens de veertiende tot zestiende week na de conceptie worden de luchtwegen en de longcirculatie aangelegd. Het aantal alveoli is bij de geboorte nog lang niet volledig. De alveolaire uitrijping is pas volkomen rond het achtste levensjaar (Proctor 1977, Polgar 1979). Na de geboorte is de lengtegroei van de centrale bronchi en trachea sneller dan die van de meer perifeer gelegen luchtwegen.

Bij de overgang van intra- naar extrauterien leven spelen zich in het respiratoire systeem drie belangrijke processen af:

- * het elimineren van vocht uit de longen en vervanging daarvan door lucht
- * het opbouwen van fysiologische longvolumina, zoals de functionele residuaal capaciteit en het ademvolume
- * het initiëren van een adequaat ademrhythme, gereguleerd door ademcentra en chemoreceptoren.

De pasgeborene wordt bij het volbrengen van deze nieuwe taken gehandicapt door een aantal onrijpe systemen, zoals bij voorbeeld een

beperkte mogelijkheid zijn hartminutenvolume aan te passen. Ieder bijkomend probleem in de vorm van perinatale asphyxie of aangeboren gebreken, zal deze overgang van intra- naar extrauterien leven nog eens extra bemoeilijken.

Gebleken is uit de fundamentele research, verricht door Dawes, Rudolph, Swyer en vele anderen, dat door een tot dusver nog onopgehelderd mechanisme de pulmonale vaatweerstand toeneemt in omstandigheden als hypoxie, hypothermie, acidose, hypoglycaemie en hypocalcaemie (Dawes 1953, 1955 en 1968, Rudolph 1966 en Philippart et al 1980). Door deze vaatweerstandshoging heropent zich het foramen ovale. De bloedstroom in de ductus arteriosus draait zich om, zodat dan de prenatale rechts-links shunt terugkeert. Dit verslechtert de klinische toestand van de pasgeborene.

De enige therapie hiervoor, tot nu toe, is oxygenatie en ventilatie in combinatie met het opheffen van de oorzaak van de persisterende foetale circulatie, die ook wel persisterende pulmonale hypertensie wordt genoemd (Levin et al, 1972). Nog geen 20 jaar geleden was deze therapie (oxygenatie en ventilatie) slechts gedurende luttele uren mogelijk.

In het Sophia Kinderziekenhuis vond de eerste langdurige beademing van een pasgeborene plaats in 1969 onder leiding van Mettau en Kerrebijn, die het jaar daarvoor de beademing van pasgeborenen in Zwitserland en Engeland hadden bestudeerd (Mettau 1983). Zij hadden hierover gelezen in de abstracts van het eerste Europese anesthesiologie congres. De problemen die bij deze langdurig geïntubeerde patienten optraden werden in Rotterdam bestudeerd door Berkovits en Bos (1971). Berkovits beschreef en vervaardigde als eerste de gesiliconeerde tube.

Anesthesiologen hielden zich al langer bezig met de beheersing van de kinderluchtwegen. Reeds in 1937 publiceerde Philip Ayre zijn klassiek geworden werk over het gebruik van een T-stuk bij de anesthesie van kinderen met gespleten verhemelte. Overigens betrof dit voornamelijk gezonde kinderen. Met dit T-stuk was het mogelijk kinderen adequaat te beademen.

Deze techniek werd vergemakkelijkt door de anesthesioloog Gordon

Jackson Rees in 1950 (G.J. Rees 1950). Hij verbond de uitademingsbuis van Philip Ayre's T-stuk met een aan beide zijden geopende ballon, waarvan de inhoud aangepast was aan de maat van het kind. In die tijd kwam de zowel bejubelde als bekritiseerde maar desondanks baanbrekende "Liverpool" techniek tot stand, die bestond uit het trias van Gray: lachgas, zuurstof en neuromusculaire relaxans.

Op grond van de physiologische en anatomische eigenschappen van de luchtweg der pasgeborene en diens ademhalingsregulatie postuleerde Gordon Jackson Rees dat iedere pasgeborene onder algehele anesthesie beademd diende te worden (G.J. Rees 1950).

Naast het groeiende inzicht in de perinatale physiologie en patho-physiologie en naast de toegenomen therapeutische mogelijkheden en het gebruik van betere endotracheale buizen en intubatietechnieken, is echter ook de uitvinding en verbetering van bloedgaselectroden van onschatbare waarde geweest.

Zonder het baanbrekende werk van Clark, Stow, Severinghaus en vele anderen en het aantonen van de klinische toepasbaarheid van deze technieken door Astrup en medewerkers, waren de hedendaagse ontwikkelingen en therapiën niet mogelijk geweest. Dankzij de meting van de bloedgaswaarden werd het mogelijk de kwaliteit van de ventilatie te beoordelen en de beademing aan te passen aan de physiologische behoeften.

Door al deze ontwikkelingen en de toepassing daarvan in de klinische kindergeneeskunde zijn de overlevingskansen van premature en dysmature kinderen de laatste 10 jaren sterk gestegen, hetgeen zich uitte in een explosieve ontwikkeling van neonatale intensive care units. Tevens gaan congenitale afwijkingen, die chirurgische correctie behoeven dikwijls gepaard met prematuriteit .

De hiermee samenhangende anesthesiologische problematiek komt gedeeltelijk voort uit de te opereren afwijking, doch wordt grotendeels veroorzaakt door de specifieke perinatale anatomische en physiologische eigenschappen. Jūīst bij de te opereren pasgeborene is de zuurstofvoorziening essentieel. De levensduur, doch vooral de

cerebrale kwaliteit van het individu in spe, staat of valt met een goede zuurstofvoorziening.

Het belang van optimale oxygenatie, waarvoor bij vele probleemkinderen beademing noodzakelijk is, was de aanleiding tot dit onderzoek van de grote luchtwegen van het zeer jonge kind. Er bleek in de literatuur weinig bekend te zijn over de afmetingen van de luchtwegen bij levende kinderen in de lage gewichtsklasse.

Tevens rees de vraag naar een optimale intubatiediepte bij deze kinderen. Dit hield in dat eerst de lengte van de trachea moest worden vastgesteld.

Onder de trachealengte wordt in dit onderzoek verstaan: de afstand tussen de stembanden enerzijds en de hoofdcarina anderzijds.

Vervolgens diende te worden nagegaan welke parameters invloed kunnen uitoefenen op de uitkomst van de metingen. Tenslotte werd de klinische relevantie van deze gegevens bestudeerd.

Samengevat richtte het onderzoek zich op de volgende punten:

- * meting van trachealengte bij kinderen in de gewichtsklasse van één tot zes kilogrammen onder algehele anesthesie en spierverslapping
- * meting van trachealengte bij kinderen in de gewichtsklasse van één tot zes kilogrammen onder algehele anesthesie met behoud van spontane ademhaling (Smalhout 1984)
- * meting van trachealengte bij rhesusapen met een gewicht van één tot zes kilogrammen onder algehele anesthesie zowel bij spontane ademhaling als in apnoe én met verschillende metende personen
- * meting van trachealengte bij overleden kinderen (literatuur)

- * relatie tussen de positie van het hoofd en die van de endotracheale tube bij levende kinderen in de gewichtsklasse van één tot zes kilogrammen.
- * tenslotte op de voorspelbaarheid van de trachealengte op basis van de verkregen parameters.

HOOFDSTUK 2

Literatuurstudie

In de literatuur betreffende de trachealengte bij jonge kinderen met een laag gewicht valt het op, dat dit terrein door meerdere onderzoekers vanuit verschillende disciplines betreden wordt.

Metingen bij levende kinderen worden slechts zelden vermeld (Fearon en Whalen 1968, Matillà et al 1971, Bouhanna et al 1972, Curran et al 1975, Morgan en Steward 1982). Daarbij blijken essentiële gegevens als aantallen patiënten, zwangerschapsduur, lichaamsgewicht, geboortegewicht of andere referentiewaarden dikwijls te ontbreken. Bij het zoeken naar publicaties over trachealengte bleken er op vele en gevarieerde methoden studies verricht te zijn naar de verschillende aspecten van de bovenste luchtweg. Het is interessant in de literatuur na te gaan op welke wijzen de genoemde aspecten door allerlei onderzoekers werden benaderd. De gemeenschappelijke noemer van alle aspecten is uiteindelijk de behandeling van ademhalingsstoornissen en het in stand houden of verbeteren van de gaswisseling. Vanuit dit punt gezien is een uitvoerige vermelding van uiteenlopende literatuurgegevens gerechtvaardigd.

* Met gebruik van fysische meetmethoden:

Croteau en Cook (1960) observeerden de veranderingen in volume en lengte van de trachea, die optraden wanneer zij de druk én spanning bij post mortem preparaten varieerden.

Met behulp van acoustische impedantie metingen, onderzochten Ishizaka et al (1976) hoe de verschillende luchthoudende systemen in de tractus respiratorius bijdroegen tot de vorming van geluid.

Fredberg et al (1980) gebruikten reflectie van geluid om de verhoudingen van de grote luchtwegen ten opzichte van de kleinere te meten.

Cauberghs en van de Woestijne (1983) gebruikten hoog frequente druk-oscillatie om de compliantie van de bovenste luchtwegen nader in getal uit te drukken. Zij trachtten aan te tonen dat deze compliantie, indien nauwkeurig bepaald, anders is bij het respiratory distress syndrome dan onder normale omstandigheden. Zij verrichtten eerst onderzoek hiernaar bij 14 volwassen vrijwilligers.

Sant'Ambrogio et al (1980) bestudeerden tracheapreparaten van dode honden met behulp van piezoëlectrische kristallen. Zij onderzochten welke veranderingen in de dwarse doorsnede van de trachea optraden bij uitoefening van longitudinale krachten.

*** Met gebruik van physiologische meetmethoden:**

Lubchenco et al beschreven in 1963 bij 5635 kinderen de groei van het individu, gerelateerd aan leeftijd en gewicht. Het aantal bepalingen bleek voldoende om te komen tot de momenteel overal ter wereld in gebruik zijnde groeicurves in de vorm van percentiel lijnen. In een volgende publicatie (1965) legden zij een relatie tussen deze groeicurves naar gewicht en de hoofdomvang van de patiënt. Hierdoor werd het Coldiron (1968) mogelijk gemaakt een relatie te leggen tussen de gewichtstoename, de hoofdomvang en de trachealengten van de patiënten in zijn onderzoek.

Tucker en Tucker (1975) trachtten hetzelfde als Lubchenco et al te doen: percentielcurves vastleggen, maar dan voor de foetus en wel in het bijzonder gerelateerd aan de ontwikkeling van diens larynx in de opeenvolgende weken van de zwangerschap.

Sant'Ambrogio et al (1980) bestudeerden de activiteit van langzame strekreceptoren in de trachea bij honden onder algehele anesthesie bij oplopende beademingsdrukken. Bij drukken hoger dan 20 cm H₂O nam de activiteit van deze receptoren af.

*** Met gebruik van röntgentechniek:**

Donaldsson en Tompson (1952) maten bij 350 pasgeborenen, jonger dan 24 uur, in een retrospectief onderzoek op laterale thoraxfoto's de dwarse doorsnede van de trachea. De waarden hiervan bleken te zijn: ter hoogte van C5: 4,5 mm, Th 1: 3,9 mm en Th 3: 3,5 mm. Sinds die tijd

kon men beoordelen in welke mate thymusweefsel, een abnormaal verloopend bloedvat of een tumor de dwarse diameter van de trachea comprimeerde.

Fraser (1961) mat bij 55 bronchografieën (volwassenen) onder doorlichting én met fluoroscopie de diameter van de bronchi gedurende maximale inspiratie, normale expiratie en hoesten. Dit waren zowel patiënten mét als zonder longafwijkingen.

Eenzelfde soort studie verrichtten Wittenborg et al (1967) bij kinderen, in de leeftijd variërend van enkele uren tot 18 maanden én bij jonge honden. Zij observeerden de variaties in tracheadiameter bij 8 gezonde en 45 zieke kinderen met een stridor en/of pulmonale afwijkingen.

In een retrospectief onderzoek maten Curran et al (1975) van zijdelingse foto's de afstand van neuspunt c.q. rand bovenkaak tot de carina, of voor zover dit op röntgenfoto's was te identificeren, tot de stembanden. Zij deden dit bij foto's van 77 kinderen die in gewicht varieerden van 750 tot 5000 gram. In hun artikel lieten ook zij andere referentiewaarden achterwege. Zij concludeerden dat 7 cm tubelengte bij orotracheale- en 8 cm bij nasotracheale intubaties, in de meeste gevallen leidde tot een mid-tracheale positionering van de beademingsbuis. Curran vond in 1975, evenals Kuhns en Poznanski in 1971, röntgenologen in een kinderziekenhuis, Ann Arbor, Michigan USA, dat 50% van ingebrachte beademingsbuizen op de X-foto endobronchiaal-, pharyngeaal- of zelfs een enkele oesophageaal bleken te zitten!!

Mackenzie (1979) trachtte een relatie te leggen tussen de glottisopening, die hij mat ter hoogte van het sternoclaviculaire gewricht op CAT-scan afbeeldingen, en de leeftijd, het geslacht, het ras, de lengte of het gewicht van volwassen patiënten. De variaties bleken te groot voor een betrouwbare correlatiecoëfficiënt.

Alexopoulos et al (1983) bestudeerden de anatomische eigenschappen van de luchtweg met behulp van laterale röntgenfoto's bij volwassen patiënten onder anesthesie. In Uppsala (Zweden) hadden een niet nader genoemd aantal patiënten druknecrose van de trachea ontwikkeld ter hoogte van de cuffs, het einde van de tube en op dié plaatsen waar

wrijving tussen de tube en tracheawand was ontstaan. Daardoor verontrust, trachtten Alexopoulos en medewerkers voor volwassen mannen en vrouwen een theoretisch model van de anatomie van de bovenste luchtweg op te bouwen, zoals deze zich bij een patiënt op de operatietafel presenteert. Hierdoor zou het mogelijk zijn tubes vóór gebruik in patiënten te beoordelen op hun gedragingen in de luchtweg.

*** Met behulp van bronchoscopie:**

In 1953 rapporteerde Liu reeds in het Chinese Medical Journal de maten van de tracheobronchiale boom, verkregen bij 400 volwassen patiënten, tijdens bronchoscopie. Dit onderzoek werd in 1964 uitgebreid met de nauwkeurige beschrijving van de afmetingen der tracheobronchiaalboom van 650 volwassen patiënten, lijdend aan tuberculose.

Fearon en Whalen (1968) waren de eerste in de geschiedenis, die bij kinderen onder algehele anesthesie tijdens bronchoscopie metingen van de luchtwegen verrichtten én die ook publiceerden. Vele metingen zullen die van hen vooraf zijn gegaan, echter publicaties hiervan bleven achterwege (Smalhout 1983). Fearon en Whalen's artikel komt later in dit hoofdstuk nog uitvoerig aan de orde.

Morgan en Steward (1982) eveneens uit Toronto, stelden dat de glottiscarina lengte het beste correleerde met het lichaamsgewicht van de patiënt. Ook zij maten deze afstand tijdens bronchoscopie onder algehele anesthesie bij kinderen.

*** Met gebruik van optimale intubatiediepte:**

Reeds in 1948 werd door Leigh en Belton in het eerste handboek der kinderanesthesie beschreven, hoe belangrijk de juiste intubatiediepte is. Dit onderwerp komt voortdurend terug in de anesthesiologische literatuur (McIntyre 1957, Levin 1958, Schellinger 1963, Jackson Rees en Owen Thomas 1966, Matilla et al 1971).

Aan het eind van de zestiger, begin zeventiger jaren verschenen in de kindergeneeskundige literatuur publicaties over dit onderwerp. Kuhns en Poznanski (1971) zagen in hun retrospectieve onderzoek, dat bij 50%

van hun geïntubeerde patiënten de tubes zich niet mid-tracheaal bevonden (pag. 19). Dit was tevens de tijd dat het intuberen uitgeoefend werd door niet of niet voldoende hierin geschoolde artsen van velerlei pluimage. In de volgende jaren werden in de anesthesiologische, pediatriche, radiologische en otolaryngologische literatuur methoden beschreven om snel een juiste intubatiediepte te bepalen (Scanlon 1973, Loew en Thibault 1974, Bednarek en Kuhns 1975, Tochen 1979 en vele anderen). Telkenmale werd benadrukt dat ook deze beschreven methodes niet leiden tot een gegarandeerd succes.

*** Met gebruik of ontwerp van beademingsbuizen:**

Cole (1945), Adriani en Griggs (1954), Alsop (1955), Jackson Rees en Owen Thomas (1966), King et al (1974), Lomholt et al (1981) én Morgan en Steward (1982) stelden beademingsbuizen voor anders van vorm dan gebruikelijk, al of niet gebaseerd op metingen van de bovenste luchtweg.

*** Tenslotte komen in de PATHOLOGISCHE ANATOMIE:**

vele aspecten van de trachea aan de orde, zoals:

- = de structuur van de trachea en het belang ervan voor de trachea-stabiliteit (Wailoo en Emery, 1980)
- = variaties in de vorm van de trachea en de grote bronchi (Campbell en Liddelow, 1967)
- = de groei van bronchi en bronchioli na de geboorte (Cudmore et al, 1962)
- = Fishman en Pashley (1981) legden een relatie tussen de afmetingen van de trachea en geboortegewicht, cq. zwangerschapsduur. Zij concludeerden dat er een betrouwbare relatie bestond bij hun 39, reeds enige tijd overleden én in de formaline gefixeerde patiënten tussen geboortegewicht, zwangerschapsduur en trachealengte.
- = metingen van trachealengte zelf waar later in dit hoofdstuk op zal worden ingegaan (Hartung en Düweling 1964).

In dit verband is het fascinerend om te lezen hoe men reeds lang geleden getracht heeft in te grijpen bij problemen in de bovenste luchtweg.

Na de publicaties van Vesalius (1514 - 1564) en Hooke (1635 - 1703) die beschreven dat menselijk ingrijpen in de luchtweg mogelijk was, volgde in 1744 een publicatie van Fothergill, getiteld: "Of recovering a Man dead in Appearance by distending the Lungs with Air...". Hierin werd het feit vermeld dat een chirurg, Mr. William Tossack, een bijna dode patiënt weer tot leven had gebracht met behulp van mond op mond beademing. Vervolgens had een kennis aan Fothergill gesuggereerd voortaan voor dit doel een blaasbalg te gebruiken. Reeds toen werden door Fothergill de problemen onderkend bij het gebruik van een blaasbalg, waarmede wij nōg steeds geconfronteerd worden bij de huidige gebruikte "blaasbalgen":

" It may not always be at hand"

" As the lungs of one man may bear without injury as great a force as those of another man can exert; which by the bellows cannot always be determined"

" As the moisture of the breath would be more likely to promote the circulation than the chilling air forced out of a pair of bellows".

In 1776 werd door Cullen in een brief aan Lord Cathcart (President of the Board of Police in Scotland) gewag gemaakt van het baanbrekende werk van de Amsterdamse Vereeniging tot het Redden van Drenkelingen. Cullen zei dat aan de leden van die Vereeniging geadviseerd werd, indien mond op mond beademing niet het gewenste effect bracht, het slachtoffer te beademen met behulp van een gekromde buis, zoals die werd gebruikt voor catheterisaties van de urineblaas bij mannen.

Dit advies werd herhaald in de publicatie van Herholdt en Rafn in 1796. Zij brachten alle publicaties en adviezen op het gebied van het redden van drenkelingen in die tijd tezamen. Deze publicatie werd in 1960 heruitgegeven ter gelegenheid van het tienjarig bestaan van de

"Scandinavian Society of Anaesthesiologists".

Het redden van drenkelingen was één drijfveer de toegang tot de luchtwegen, en daarmee de gaswisseling, te beheersen.

Een andere drijfveer bleek de opheffing van mechanische obstructie door ontstekingsprocessen als diphterie. Vóór de ontdekking en toepassing van de oro- of nasotracheale buis trachtte men deze obstructie te verhelpen met behulp van tracheotomie. Men vindt hier in de literatuur sporadisch beschrijvingen van, die door Goodall werden samengevat in zijn publicatie "History of tracheotomy" (1934). In 1880 beschreef William Macewen in het British Medical Journal:

"Introduction of tracheal tubes by the mouth instead of performing tracheostomy or laryngotomy". Hij gaf een gedetailleerde beschrijving van 4 geslaagde orotracheale intubaties met verschillende oogmerken:

- twee, teneinde operaties in het mond/keelgebied mogelijk te maken en hiermede bescherming van de luchtweg te bieden en
- twee, teneinde mechanische obstructie door oedeem, c.q. een ontstekingsproces op te heffen.

In zijn introductie vermeldde Macewen 2 artsen die hem waren voorgegaan, echter de één accidenteel en de ander met weinig succes:

* Aan P.J. Desault, "Surgeon in chief of the Great Hospital of Humanity, Paris", werd door zijn leerling Xavier Bichat een accidentele orotracheale intubatie toegeschreven. Ter overbrugging van een hechting in de oesophagus werd naar hun mening oesophageaal een dikke voedingssonde ingebracht en werd pas bemerkt, dat deze zich in de trachea bevond, toen getracht werd de patiënt te voeden met dikke soep!

Men realiseerde zich toen echter, dat het mogelijk was bij wakkere personen een buis in de luchtpijp te brengen.

* Bochut (1858) beschreef in Comptes Rendus de l'Academie des Sciences (vol. 47) zijn intubaties bij de behandeling van diphterie. Mede

gezien de toen nog niet aanwezige therapeutische mogelijkheden van de ziekte zelf, was het overlevingspercentage van patiënten in deze publicatie gering.

Dit laatste was waarschijnlijk de reden, dat in de Europese Geneeskunde van die tijd aan het mogelijke voordeel van endotracheale intubatie zo weinig aandacht werd besteed.

William Macewen beschreef de orotracheale intubatie en het belang hiervan in Engeland in 1880. Juist daarvóór, in 1878, hield Dr. Hack in Freiburg een voordracht over een acute larynxobstructie, waarbij de patiënt door hem via een orotracheale intubatie werd gered.

In 1885 beschreef O'Dwyer in het New York Medical Journal het gebruik van orotracheale intubatie.

Tezelfder tijd speelde zich een discussie af in de geneeskundige literatuur over de voor- en nadelen van tracheotomie ten opzichte van endotracheale intubatie. Een discussie, die 100 jaar later, nog immer niet lijkt te zijn afgerond!

De oro- en nasotracheale intubatie won echter geleidelijk terrein:

Chevalier Jackson publiceerde in 1907 het allereerste in het Engels geschreven boek over endoscopie: "Tracheobronchoscopy, Esophagoscopy and Gastroscopy". Hij maakte hierin melding van het werk van met name Killian (1897) en Kirstein (1897), die respectievelijk de bronchoscopie (voor de verwijdering van een vreemd lichaam) en tracheoscopie nauwkeurig in de Duitse taal beschreven.

Chevalier Jackson vermeldde in detail de verschillende instrumenten die hij tot zijn beschikking had en welke voordelen elk respectievelijk bood. De opstelling van personeel en patiënt, steriliteit van werken én nauwkeurigheid van handelen werden de leerlingen op het hart gedrukt. Van zijn hand was de eerste beschrijving in de Angelsaksische literatuur van tracheaalte bij zuigeling en kind. Helaas werden hierbij geen details vermeld, zoals leeftijd, gewicht, soort en aantallen patiënten.

Uit zijn werk komen de volgende gegevens:

	<u>Volw.man</u>	<u>Vrouw</u>	<u>Kleuter</u>	<u>Zuigeling</u>
Tracheadiameter	14x20 mm	12x16 mm	8x10 mm	6x7 mm
Trachealengte	120 mm	100 mm	60 mm	40 mm

De metingen werden post mortem verricht. Hij vermeldde hierbij dat de gegevens slechts bij benadering juist konden zijn, omdat er een grote variabiliteit was (Jackson 1907, pag. 165).

Sinds die tijd, toen endotracheale intubatie onder directe visie geleidelijk in zwang kwam, nam het aantal publicaties naar nieuwe en betere laryngoscopen, beademingsbuizen en intubatietechnieken aanzienlijk toe. Het debat of orale dan wel nasotracheale intubatie de voorkeur verdient óf tracheotomie is nog steeds gaande. Deze discussie, hoe interessant ook, ligt echter buiten het bestek van deze studie.

Het belang van het kennen van de trachealengte met het oog op intubatiediepte en de veiligheid van gaswisseling werd telkenmale in de literatuur benadrukt. Trachealengte werd in een twintigtal publicaties nader beschreven en op gevarieerde wijzen gemeten.

Men kan deze publicaties als volgt onderverdelen:

- naar de meting op dode of levende kinderen
- naar de wijze van meten, of
- naar historische chronologie.

In verband met de historische relevantie is de keuze is gevallen op de chronologische volgorde, waarbij dan telkens de wijze van meten én het feit of het levende of dode patiënten betrof, besproken zal worden.

Chevalier Jackson (1907) was zoals gezegd de eerste in de Angelsaksische literatuur (zie boven), die maten van de bovenste luchtweg van het kind vastlegde.

In het boek 'Pediatrics', vol 1, door Abt geredigeerd (1923), werd een tabel opgenomen waarin een relatie werd gelegd tussen leeftijd en tracheallengte. Deze tabel was verkregen uit gegevens van 7 auteurs: Engel, Gegovd, Koike, Mettenheimer, Oppikofer, Passavant en Scammon. Naspeuren van deze referenties leverde de volgende verrassing op: In de Duitse literatuur hield men zich reeds geruime tijd bezig met de afmetingen van de kinderluchtweg:

- * Passavant (1884) beschreef de tracheotomie "Bei Diphtherischen Croup". Het artikel behandelde diphtherie en wat de therapeutische mogelijkheden waren. Slechts terloops, aan het einde, werden enkele metingen van bronchiaalbomen vermeld, verkregen met behulp van metaalafgietsels. Dit "metaal" werd bereid volgens een recept van Rose: 2 delen bismuth, 1 deel lood, 1 deel tin en een geringe toevoeging van kwikzilver. Deze alliage smelt reeds bij lage temperatuur.

Zeven metingen werden verricht: bij een jonge vrouw, een 15 jarige jongen, een 92 jarige man, en bij 4 jongens in de leeftijd van $6\frac{1}{4}$ jaar, $4\frac{1}{2}$ jaar, $3\frac{1}{4}$ jaar en $1\frac{1}{2}$ jaar.

hij beschreef reeds de verandering van tracheallengte door het overstrekken of buigen van het hoofd! In deze publicatie werden de tracheallengten slechts bij benadering vermeld.

- * Oppikofer (1912), een patholoog anatoom uit Basel, maakte wasafgietsels van 125 overleden patiënten, twintig hiervan waren kinderen. De leeftijd, de doodsoorzaak en de lichaamslengte (gemeentenna het intreden van de dood) werden vermeld. De afstand tussen stembanden en carina op de jonge leeftijd varieerde van 57 tot 66 mm (1 tot 6 maanden).

- * Engel beschreef in 1913 de bronchiaalboom afmetingen bij 18 overleden kinderen en 1 volwassene. Onder de kinderen waren 2 van 1 maand, 1 van 3 en 1 van 5 maanden oud.

Deze metingen werden verricht door vloeibaar Wood's metaal (eveneens een alliage met lage smelttemperatuur) via een venster in de trachea te gieten vóór de obductie. Dan werd het preparaat verwijderd en in de kaliloog gehangen. Na 6-8 uren was het

nog omringende weefsel opgelost. Nergens in het artikel is een vermelding van glottis-carina afstand, hoogstens van een frontale en sagittale tracheadoorsnede, voor zover deze dan althans gevuld was geweest met dit metaal.

- * Gegovd wordt verschillend gespeld door verschillende auteurs: Gegovd/Gedgout/Gedgowt.

Hij schreef een dissertatie in het Russisch, verschenen in 1900 in Petersburg. Gundobin refereerde hem in 1912, waarop Engel Gundobin weer refereerde en aldus deze publicatie in Abt's Pediatrics terechtkwam. De titel zou (volgens Engel en Gundobin) geluid hebben "Ueber den anatomischen Besonderkeiten der Atmungsorgane bei Kindern".

- * De referentieopgave betreffende Mettenheimer bleek bibliografisch niet juist en daarmee onvindbaar.
- * Scammon bleek de schrijver van dit hoofdstuk in Pediatrics, vol 1, geredigeerd door Abt (1923). Hij schreef de trachealengte gemeten te hebben van de onderrand van het cricoid tot de carina, maar hoe liet hij onvermeld.

In een volgend deel "Pediatrics" (ed. Abt), dat verscheen in 1924, wijdde J.A. Foote in het hoofdstuk "Respiratory Diseases" een apart gedeelte aan de trachea haar maten.

Hij vermeldde de volgende trachealengte:

	<u>Trachealengte in mm</u>
A terme geboren	32
Bij 6 maanden	44
Op 2 jaar	50
Etc.	

Zijn enige referenties waren hiervoor (nū gespeld) Gedgout VA (1900) en Gundobin (1912), zoals reeds eerder vermeld de eerste een dissertatie in het Russisch en de ander, Gundobin, baseerde zijn artikel op Gedgout's dissertatie.

Samenvattend bleek de tabel in het eerste deel "Pediatrics"

(ed. Abt) een samenraapsel te zijn van verschillende meetmethoden: wasafgietsels, metaalafgietsels en $\bar{a}$ vue tijdens obducties.

Dit waren hun gegevens:

<u>Aantal</u>	<u>Leeftijd</u>	<u>Gemiddelde trachea lengte</u> <u>mm</u>
20	0- 30 dagen	40
30	30- 90 dagen	38
35	90-180 dagen	42
23	180-365 dagen	43

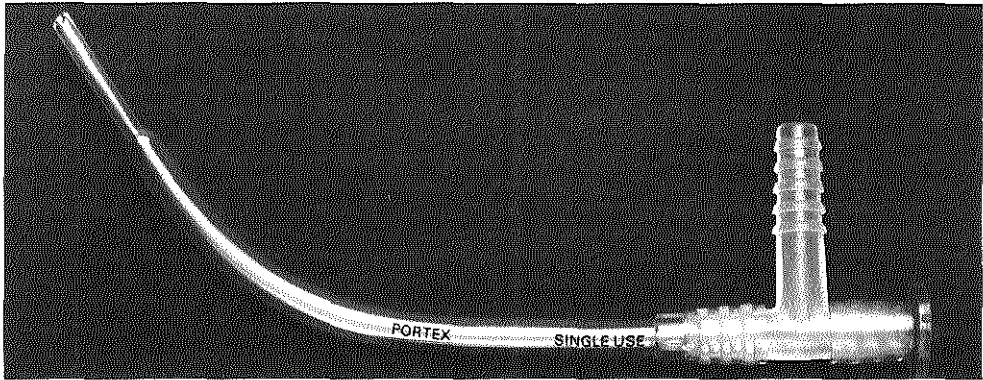
De aandacht wordt gevestigd op het feit dat er tussen beide tabellen, verschenen weliswaar in aparte volumina maar met dezelfde editor, een opmerkelijk verschil bestaat. De "krimping" van de trachea na de eerste levensmaand werd niet becommentarieerd, evenmin als de verschillende meetmethoden, en zoals duidelijk zal worden, is deze tabel een eigen leven gaan leiden. In een aantal latere publicaties over de trachea werd telkens deze tabel uit 1923 geciteerd (Cole 1945, Hall 1955, McIntyre 1957, Fearon en Whalen 1968).

In 1958 verscheen het Handbook of Respiration (P. Altman et al). Nóg steeds werden deze trachealengten, gepubliceerd in 1923 en afkomstig uit bijna 100 jaar oude publicaties, zonder commentaar overgenomen!

In de dertiger jaren namen de chirurgische ingrepen bij kinderen steeds meer toe in getal en omvang. Daardoor werden de eisen aan de anesthesie ook hoger gesteld. Philip Ayre (1937) publiceerde zijn klassiek geworden werk over de anesthesie bij kinderen met gehemelte-spleten. Het belang van het goed, atraumatisch en op de juiste plaats brengen van de beademingsbuizen bij kinderen werd steeds meer benadrukt.

Cole (1945) beschreef een anders dan gebruikelijk gevormde beademingsbuis, namelijk één die aan het einde trechtervormig toeliep. Hij refereerde Abt (1923) aangaande de tracheaalengte.

Leigh en Belton (1948) adviseerden in het eerste Handboek der Kinderanesthesiologie een naar hun mening optimale tubelengte vóór de intubatie af te knippen. De ideale lengte zou volgens hen zijn de af-



Afbeelding 1: "Cole" tube (Portex)

stand tussen de neuspunt en de oorlel van de patiënt. Zij vermeldden echter niet, waarop zij deze maatadviezen baseerden.

In 1955 hield Hall een voordracht, later gepubliceerd in "Proceedings of the Royal Society of Medicine", waarin hij nog steeds de gegevens van Abt (1923) betreffende de tracheallengte aanhaalde!

En zo gleed de geschiedenis der anesthesiologie voort en met deze die bij het kind (Jackson Rees 1950, Eckenhoff 1953, Smith 1955).

Adriani en Griggs (1954) signaleerden dat de anesthesie bij het kind één van de nog verwaarloosde aspecten in de anesthesiologie was. Teneinde tot een juiste intubatiediepte te komen, maten zij de tracheallengte bij overleden, maar nog niet in formaline gefixeerde kinderen. Hôe zij dit maten, bleef onvermeld. Zij groepeerden de patiënten als volgt: prematuur geboren, à terme geboren, zuigelingen met een gemiddeld gewicht van 5000 gram, kinderen met een gemiddeld gewicht van 7500 gram en kinderen met een gemiddeld gewicht van 13,5 kg.

<u>Aantal</u>	<u>Lich.gew.</u> <u>in grammen</u>	<u>Afstand glottis-</u> <u>carina in mm</u>	<u>zw.sch.d.</u>
50	700-1825	40	premauur
*	900-1825	45	à terme
*	5000 gem.	55	*
*	7500 gem.	65	*
*	13½ kg	80	*

De kalenderleeftijd, het geboortegewicht en de gegevens aangeduid met * werden in deze publicatie niet vermeld.

Alhoewel deze studie uit 1954 was, verscheen, zoals reeds is opgemerkt, tóch het Handbook of Respiration in 1958 met de tabel van Abt uit 1923.

In de januarinummers van 1957 én 1958 van het tijdschrift "Anaesthesia" werd door respectievelijk McIntyre en Levin een artikel gepubliceerd "Endotracheal tubes in children".

Beiden legden een relatie tussen trachealengte en leeftijd. Het valt op dat in deze studies niet gerept werd over pas- en te vroeggeboren kinderen, maar in die tijd waren vermoedelijk nog te weinig overlevingskansen voor te vroeg geboren kinderen met ademhalingsproblemen aanwezig.

McIntyre stelde dat de door Leigh en Belton geadviseerde neuspunt-oorlel afstand als maat voor de orotracheale tube, niet juist was. Hij kwam via metingen van de afstand kaakrand-stembanden bij 173 kinderen onder algehele anesthesie, gecombineerd met de door Abt (!) gepubliceerde gegevens over trachealengte, tot een te adviseren orotracheale tubelengte. Het trekken van conclusies uit een aantal heterogene gegevens, verkregen bij overleden kinderen, gecombineerd met de meetwaarden bij levende patiënten, lijkt een wat merkwaardige procedure om tot een advies betreffende tubelengte te komen.

Levin (1958) bleef vager in de vermelding van het hōe van zijn metingen, maar kwam met een simpele formule voor het bepalen van de gewenste tubelengte:

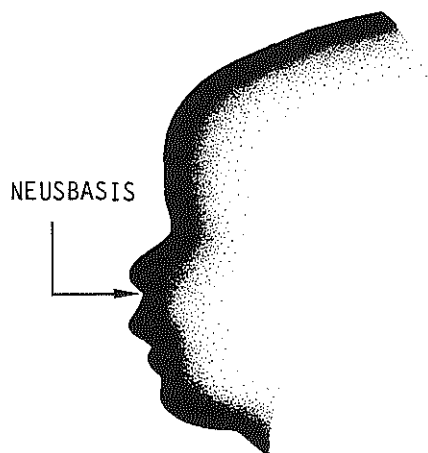
$$\frac{\text{leeftijd in jaren}}{2} + 12 = \text{te adviseren lengte orotracheale tube in centimeters}$$

Ook deze studie spreekt niet over het zeer jonge kind.

In de zestiger jaren bleek het belang van de juiste intubatiediepte nog voornamelijk op het werkterrein der anesthesiologen te liggen.

Schellinger (1964) bestudeerde de lengte van de luchtweg bij 50 overleden patiënten. Hieronder bevonden zich 7 kinderen, variërend in

leeftijd van enkele uren tot 6 jaar. De metingen werden verricht op overleden patiënten in rugligging met het hoofd in een neutrale positie (zie pag. 61). Later zal blijken waarom deze vermelding belangrijk is (zie hoofdstuk 4). Na het verwijderen van hart en ribben via een midthoracale incisie, werd de carina blootgelegd. Via nasotracheale intubatie, waarbij de tube tot op de carina werd gebracht, verkreeg Schellinger de afstand neusbasis-carina.



Afbeelding 2: Neusbasis

Vanuit de carina werd retrograad een tube in de mond gebracht en de afstand carina tot de rand van de bovenkaak gemeten. Bij de doodgeboren kinderen vermeldde hij het gewicht, maar niet de leeftijd en bij de andere kinderen wel de leeftijd, maar niet het gewicht.

<u>Kaakrand-</u> <u>carina mm</u>	<u>Lich.gew.</u> <u>gr.</u>	<u>kal.1ft.</u> <u>dg-jr.</u>
90	1610	?
90	1975	?
105	2495	?
108	?	2 dg
115	?	61 dg
135	?	164 dg
180	?	

Schellinger vond het belangrijk dat tracheallengte gecorreleerd kon worden met een gemakkelijk te verkrijgen referentiewaarde. Hij koos hiervoor zonder nadere toelichting de afstand tussen de bovenrand van het cricoid en de punt van de processus xiphoideus. Uiteindelijk vergeleek hij de afstanden kaakrand-carina en neusbasis-carina met de totale lichaamslengte, de romplengte en de afstand cricoidrand-xiphoid. Hij vond een lineair verband met de afstand tussen kaakrand (c.q. neusbasis) en carina enerzijds én de cricoidrand-xyphoid anderzijds.

Hartung en Düweling (1964) besteedden vanuit de pathologische anatomie aandacht aan het onderwerp tracheallengte. Bij 100 obducties in verschillende leeftijdsgroepen maten zij de lengte en de diameter van de trachea. Zij keken ook naar de samendrukbaarheid en de rekbaarheid van het bovenste gedeelte van de luchtweg. Nauwkeurig vermeldden zij hoelang na het intreden van de dood zij hun metingen verrichtten (5 tot 72 uur). In hun metingen waren echter slechts 6 van kinderen in de leeftijd van 0 tot 15 jaar (5 jongens en 1 meisje). De schrijvers verschaften geen andere details zoals lichaamsgewicht of exacte leeftijd. Hun resultaten waren als volgt:

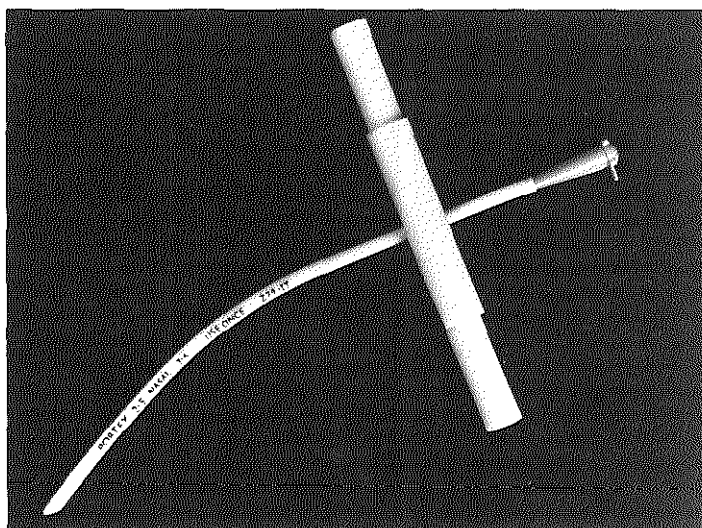
		<u>Aantal</u>	<u>L (cm)</u>
0 - 15 jr	m	5	6,0
	v	1	5,7
16 - 30 jr	m	6	9,5
	v	1	9,3
31 - 45 jr	m	14	10,5
	v	8	9,7
46 - 60 jr	m	22	11,3
	v	13	10,9
61 - 75 jr	m	9	11,9
	v	11	10,6
> 75 jr	m	5	12,0
	v	5	11,1

Het is duidelijk dat deze eerste groep (0-15 jr) zo heterogeen is, dat geen gemiddelde genomen had mogen worden.

Dat dit onderwerp in de gehele wereld de aandacht had, moge blijken uit de publicatie in de Chinese Medical Journal van Liu Fang Sheng et al (1964). Zij verrichtten onder lokaal anesthesie bronchoscopie bij 650 volwassen patiënten, die leden aan tuberculose. Nauwkeurig werden onder meer de volgende afstanden gemeten: kaakrand-epiglottis, kaakrand-glottis, kaakrand-carina, trachea, carina-rechter bovenkwab, rechter bovenkwabsbronchus-middenkwabsbronchus.

Hier werden ook geen relaties gelegd met enig ander gegeven, zoals bijvoorbeeld de leeftijd of het gewicht. Hoewel de resultaten van dit onderzoek bij uitsluitend volwassen patiënten voor ons doel niet bruikbaar waren, toonde de publicatie echter wel aan, dat er internationaal kennelijk belangstelling was voor de maten van de bronchusboom.

In 1966 werd in de anesthesiologische literatuur opnieuw een endotracheale tube voor gebruik bij kinderen beschreven (G. Jackson Rees en J.B. Owen Thomas).



Afbeelding 3: Naar G.J. Rees en J.B. Owen Thomas (1966), Portex.

Hierbij stelden zij een optimale intubatiediepte vast en wel op de millimeter nauwkeurig! Zij verkregen deze gegevens uit persoonlijke communicatie met G. Bush. De publicatie vermeldde helaas niet, waarop deze gegevens gebaseerd waren.

<u>Leeftijd</u>	<u>Gewenste Nasotracheale Tubelengte (mm)</u>
0 - 3 maanden	118
4 - 7 maanden	126
8 - 11 maanden	136

Treffend is dat tot die tijd nog altijd gerefereerd werd naar de leeftijd van de te intuberen patiënt, hetgeen als aanwijzing moge gelden, dat te vroeg geboren en met ademhalingsproblemen, toen nog weinig overlevingskansen hadden.

Het zal blijken dat de midzestiger jaren van deze eeuw een keerpunt waren in de zorg aan pas- en te vroeg geboren en.

Nog 6 publicaties liggen ter bespreking, maar allen legden de nadruk op het belang van het weten van de tracheallengte, waardoor de veilige intubatiediepte nauwkeuriger bepaald kon worden. Butz (1968) en Coldiron (1968) deden hun onderzoek nog bij obducties, Fearon en Whalen (1967) tijdens bronchoscopieën bij kinderen onder algehele anesthesie.

Butz (1968) signaleerde dat, verspreid in de literatuur, tot op dat moment weliswaar tracheallengten werden vermeld, maar zelden met andere referentiewaarden, zo die er al waren, dan de leeftijd. Tevens merkte hij op dat meestal ook de methode van onderzoek niet vermeld was. Vervolgens verwijderde hij 24 tracheae in toto bij overleden kinderen in leeftijd variërend van enkele uren tot 14 jaar.

Hij vervaardigde een dia van de trachea naast een meetlat. Hierna sneed hij enkele ringen uit het preparaat, legde deze naast het preparaat en maakte wederom een dia naast een meetlat. Hij mat ten slotte de volgende afstanden vanaf geprojecteerde dia's: tracheallengte, tracheadoorsnede en tracheaoppervlak, zowel van het begin van de trachea als in het midden. Hij vermeldde ook de leeftijd, de lengte en het gewicht van de betrokken patiënten. Men kan zich afvragen of de meetresultaten betrouwbaar geacht kunnen worden. Immers, het preparaat werd uit de natuurlijke omgeving verwijderd en in formaline gefixeerd,

tevens werd vanaf geprojecteerde dia's gemeten. Toch moet aan Butz waardering worden toegekend voor zijn nauwkeurige vermelding van alle hem ter beschikking staande gegevens. Dat zijn metingen de kortste trachealengten opleverden, is vermoedelijk aan het verwijderen van het preparaat uit het lichaam te wijten. Hijzelf waarschuwde reeds voor het gebruik van meetwaarden van dode individuen in klinische omstandigheden.

<u>Lft</u>	<u>Lengte</u> (inch)	<u>Gewicht</u> (Lb)	<u>Lich.gew.</u> <u>in grammen</u>	<u>Trachealengte</u> (mm)
uren	14.0	1.8	816	22.0
uren	12.4	3.1	1406	29.0
26 dg	18.0	4.7	2132	32.0
2 dg	18.0	5.1	2313	32.0
12 uur	18.4	5.6	2540	29.0
8 dg	21.2	7.0	3175	34.0
9 dg	21.4	7.2	3266	38.0
24 uur	19.5	7.4	3356	32.0
3 wk	20.5	7.8	3538	37.0
2 mnd	21.4	8.3	3765	39.0
4.5 "	22.5	8.4	3810	41.0
4 mnd	21.4	8.8	3992	37.0

Hierbij beperkt deze vermelding zich tot die gegevens die voor deze studie relevant waren, namelijk tot het lichaamsgewicht van 6 kilogrammen.

In het jaar 1968 verscheen in hetzelfde tijdschrift (Pediatrics) onder het hoofd: "Experience and Reason" een ingezonden brief van Coldiron. Hij benadrukte het belang van het weten van de trachealengte met het oog op de opmars van de langdurige nasotracheale intubatie bij babies met ademhalingsmoeilijkheden. Opgemerkt moet worden dat voor zover er dus al beademingsmogelijkheden waren voor het zeer jonge kind, deze tot dan toe werden toegepast via een tracheostoma.

De langdurige nasotracheale intubatie won terrein (Allen en Steven 1965; Rees et al 1966; Smith 1966; Berkovits 1971), alhoewel sommigen daar hun twijfel over uitspraken (Fearon et al 1966; Hatch 1968). In Rotterdam werd toendertijd pionierswerk op dit gebied verricht vanuit de keel-, neus- en oorheelkunde door C.E. Bos. R.N.P. Berkovits, aanvankelijk opgeleid tot anesthesioloog, verlegde zijn belangstelling naar de keel-, neus- en oorheelkunde. Hij verrichtte in nauwe samenwerking met C.E. Bos het onderzoek, dat leidde tot het proefschrift: "Therapeutische nasotracheale intubatie". In diezelfde tijd kreeg ook de mechanische beademing van kinderen vanuit Rotterdam aanzienlijke aandacht (Keuskamp 1963).

Terugkerend naar Coldiron (1968) zijn naast vermelding van zijn gegevens toch enkele kanttekeningen op zijn plaats.

Zijn methode van meten mag merkwaardig genoemd worden: bij overleden kinderen werd à vue een zogenaamde Jackson Rees tube tot op de carina gebracht. Na het verwijderen van deze tube werd de lengte hiervan afgelezen als de afstand neusbasis tot carina.

Vervolgens werd het larynx-trachea-longenpreparaat in toto verwijderd en de glottis-carina afstand gemeten. Uit deze 2 meetresultaten, concludeerde hij de afstand neusbasis-stembanden. Nadien werden de verkregen metingen uitgezet tegen zwangerschapsduur, leeftijd, hoofdomvang, kruin-hiellengte, kruin-stuitlengte en het lichaamsgewicht.

Coldiron mag de eerste genoemd worden die al deze gegevens nauwkeurig naast elkaar legde. Enige verwarring tussen feiten verkregen bij de levende en bij overleden patiënten ontstond wel! Zo gebruikte hij het geboortegewicht (levend) als lichaamsgewicht, zeggende dat deze patiënten nauwelijks in gewicht waren toe- of afgenomen, maar alle lengtegegevens verkreeg hij ná het intreden van de dood zonder vermelding hoelang na de dood deze metingen verricht werden. Hij legde tenslotte in 6 aparte regressielijnen de neusbasis-carinaafstand enerzijds en de neusbasis-stembanden afstand anderzijds vast, beide in relatie tot lichaamsgewicht, hoofdomvang en kruinhiellengte. Tenslotte adviseerde hij de in te brengen beademingsbuis vóór het

inbrengen af te knippen ter hoogte van een gemiddelde tussen deze maximum (neusbasis-carina) en minimum (neusbasis-stemband) afstand.

<u>Afstand</u> <u>glottis-</u> <u>carina</u> <u>in mm</u>	<u>lich.</u> <u>gew. in</u> <u>grammen</u>	<u>kal.</u> <u>lft.</u>	<u>geb.</u> <u>gew.</u>	<u>zw.</u> <u>sch.</u> <u>duur</u>	<u>Kr-Hl</u> <u>cm</u>	<u>Kr-R</u> <u>cm</u>	<u>Hoofd-</u> <u>omvang</u> <u>cm</u>
36	760	1	760	175	30	nv	22
31	1040	1	1040	189	36	26	25.5
39	1060	17.5	1060	175	34	21	25
47	1660	1	1660	199	37	25	28.5
44	1410	1	1410	203	36	25	28
43	1275	14	1275	203	34.5	23	25.5
41	1330	1	1330	224	39.0	28	26
43	1700	1	1700	onbek.	42	28.5	29.5
42	1450	1	1450	onbek.	39	30	27.5
47	2005	1	2005	238	45	34	31
50	1590	11	1590	231	40	29	27
50	2650	1	2650	280	48	30	32.5
50	3500	1	3500	280	53	37	34.5
60	4250	1	4250	280	58	39	37
51	2860	1	2860	294	46	32	32.5

"Tracheal dimensions in the living infant" luidde de titel van een voordracht voor de 47e jaarlijkse bijeenkomst van de American Broncho-Esophagiological Association in 1967 door Fearon and Whalen, respectievelijk KNO-arts en anesthesioloog. Beide waren in het Hospital for Sick Children te Toronto werkzaam, ze verrichtten bij 100 kinderen bronchoscopie onder algehele anesthesie met behoud van spontane ademhaling. Zij maten de afstand glottis-carina door met hun wijsvingers de punten op de bronchoscoop aan te geven waar de tip van de scoop respectievelijk de carina en de stembanden raakte. Deze studie werd geïnitieerd door de discussie over de wenselijke lengte van het distale gedeelte van de zogenaamde Cole tube (zie pag. 29).

De Noord Amerikanen (in dit geval de firma Foregger) en de Europeanen (in dit geval de firma Rusch) bleken met elkaar over deze afstand van mening te verschillen. Nadat de bronchoscoop uit de patiënt was verwijderd, werd de afstand tussen beide vingers gemeten:

<u>lft</u>	<u>aantal</u>	<u>trachealengte</u> <u>in mm</u>	<u>range</u> <u>mm</u>
0- 3 m	25	57	50-75
3- 6 m	28	67	50-80
6-12 m	35	72	50-90
12-18 m	12	81	70-90

Ook hier is het ontbreken van enig ander detail, zoals lichaamsgewicht of exacte leeftijd, teleurstellend.

Men kan zich afvragen of hun meetmethode met behulp van de plaatsing van vingers ook niet aan een grove meetfout onderhevig was.

Zij constateerden een opvallend verschil tussen hun eigen metingen en die op dode kinderen, zoals door hen aan Hall werd toegeschreven.

Echter, dit was de reeds eerder genoemde tabel vermeld in ABT's PEDIATRICS!! (1923). Zoals opgemerkt, was dit een verzameling van gegevens van Engel, Gegovd, Koike, Mettenheimer, Oppikofer, Passavant en Scammon. Op grond van deze dubieuze vergelijking, stelden Fearon en Whalen dat metingen in dynamische toestand, dus tijdens het leven, veel grotere waarden opleverden dan in de overleden toestand. Zij schreven dit ten dele toe aan de adembewegingen van het diafragma. Terzelfdertijd echter stelden zij dat hún metingen in dát stadium van de anesthesie verricht werden:"where the respiratory motions of the trachea and bronchial tree were minimal....".

Op grond hiervan zou men zich hebben kunnen afvragen welke invloed de diafragmabeweging heeft op de lengte van de tracheobronchiale boom!! Terloops vermeldden zij dat de trachealengte varieerde met de leeftijd en niet met het gewicht, voorbijgaande allereerst aan de correlaties door Lubchenco et al (1963) gelegd tussen leeftijd en gewicht en in de tweede plaats aan het feit dat leeftijd een onbruikbare rekeneenheid

is bij te vroeg geboren kinderen. De feitelijke tracheallengte, à vue gemeten met behulp van de bronchoscoop, werd hierna nog slechts eenmaal gepubliceerd (Morgan en Steward 1982) en niet op de zeer jonge leeftijd of bij het zeer lage gewicht.

Wel werd herhaaldelijk het belang van de juiste intubatiediepte en de invloed van de positie van het hoofd hierop onderstreept (Hamilton en Stevens 1966; Heinonen et al 1969; Kuhns en Poznanski 1971; Scanlon 1973; Loew 1974; Bednarek en Kuhns 1975; Todres 1976; Bosman en Foster 1976; Conrardy et al 1976; Tochen 1979).

Matilla et al (1971) bevestigden de noodzaak vóór de intubatie kennis te hebben van de benodigde tubelengte. Retrospectief berekenden zij voor 200 kinderen, variërend in leeftijd van enkele uren tot 17 jaar, wat de afstand neusbasis-carina was. Zij deden dit door juist vóór de extubatie een thoraxfoto te maken, (voorachterwaarts), vervolgens de nasotracheale tube, na verwijdering, in lengte te meten en daarbij op te tellen de afstand van de punt van de tube tot aan de carina, gemeten op de laatste thoraxfoto.

Hierna werden de gemeten afstanden statistisch bewerkt en gecorreleerd aan de lengte, het lichaamsgewicht, het lichaamsoppervlak en de leeftijd van de patiënten.

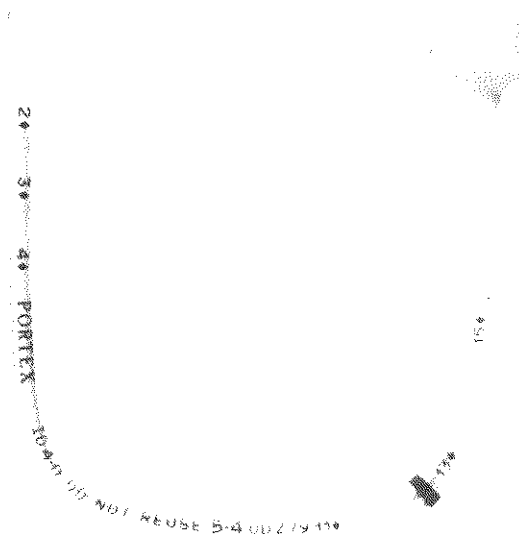
Voor het bereiken van hun doel, optimale lengte van de nasotracheale buis, leek dit een redelijke studie, als gemis werd ervaren het ontbreken van de getallen, die bijdroegen tot de vorming van de grafieken én de precieze aantallen op de verschillende leeftijden.

Het jaar daarop (1972) verscheen "Mésure de la distance narine-carène chez le nouveau né" van de hand van Bouhanna et al.

Hun studie was identiek aan die van Matilla, zij beperkten zich echter in de leeftijd van de patiënten (uitsluitend pasgeborenen met een zwangerschapsduur van 28-43 weken) en ook zij lieten na de getallen te vermelden, die leidden tot hun curves. Met enige moeite zou het mogelijk moeten zijn uit hun grafieken deze getallen terug te berekenen. Uiteindelijk legden zij in 4 regressielijnen de relatie tussen gemeten neusbasis-carina afstand en het lichaamsgewicht, de hoofdomvang, de lichaamslengte en zwangerschapsduur de veiligste intubatiediepte vast, namelijk 2 cm vanaf de carina met een spreiding

van 0,5 tot 3,5 cm. Zij merkten hierbij op dat bepaling van de hoofdomvang én van de lengte bij een spartelende neonat nogal eens onderhevig was aan meetfouten.

De laatste studie van belang voor dit onderzoek verscheen in 1982. Deze werd gepubliceerd door stafleden van het Instituut voor Anesthesiologie van The Hospital for Sick Children in Toronto (Morgan en Steward). Zij ontwierpen een U-vormige tube (1982), met name bestemd voor gebruik bij plastisch chirurgische operaties, gebaseerd op metingen die zij in een ander artikel publiceerden.



Afbeelding 4: "Anatomische tube (Portex).

Daarin maten zij verschillende afstanden:

- * de afmetingen van de bovenste luchtweg bij 20 kinderen met een gespleten verhemelte én bij 20 normale kinderen aan de hand van jaarlijks gemaakte röntgenfotos ten behoeve van een groei-onderzoek;
- * de tracheallengte bij 50 kinderen, die een bronchoscopie ondergingen onder algehele anesthesie met spontane ademhaling.

Tenslotte legden zij de verschillende meetresultaten in verband met respectievelijk de lichaamslengte, de leeftijd en het lichaamsgewicht van de patiënten.

Tevens legden zij de resultaten van hun referenten (Butz, Fearon en Whalen, Adriani en Griggs en Engel) naast elkaar. Ook zij vermengden de resultaten van metingen op dode patiënten met die op levende. Zij gingen bovendien volledig voorbij aan bij voorbeeld de studie van Coldiron (1968) en Schellinger (1964).

Tenslotte namen ook zij de vermengde gegevens, oorspronkelijk uit Abt (1923), zonder commentaar op de eerder vermelde "krimping" van de trachea (pag. 28), over uit Engel.

In deze vergelijkende tabel vermeldden zij eigen gegevens betreffende tracheaalengte op jonge leeftijd, die in hun publicatie niet terug te vinden waren. In die publicatie vermeldden ze slechts gegevens over kinderen van 3 jaar en ouder. Zij besloten tenslotte met de conclusie dat de beste relatie van tracheaalengte met het lichaamsgewicht gelegd kon worden.

Het magere resultaat dat deze literatuurstudie afwierp, namelijk slechts 2 studies bij levende kinderen à vue gemeten (Fearon en Whalen, 1968 en Morgan en Steward 1982) waarin nadere feiten over de patiënten ook nog ontbraken, was een stimulans voor de voortzetting van dit onderzoek: de tracheaalengte bij kinderen onder de 6 kilogrammen.

Samenvattend waren er 2 degelijke studies verricht bij dode kinderen (Butz, 1968 en Coldiron, 1968), alhoewel hun meetmethode merkwaardig genoemd mag worden.

In de andere publicaties waren:

- of wetenschappelijk aanvechtbare methoden gebruikt (Matilla et al 1971; Bouhanna et al 1972; Curran et al 1975; Fishman en Pashley 1981);
- of ontbreken andere referentiewaarden dan kalenderleeftijd (Fearon en Whalen 1968; Hartung en Lübeling 1964; Morgan en Steward 1982);
- of ontbreekt überhaupt hoe men aan zijn gegevens kwam (Jackson 1907,

Abt 1923, Handbook of Respiration 1958, Jackson Rees en Owen Thomas 1966).

Van de huidige gebruikte handboeken der kinderanesthesiologie (Smith 1978, Miller 1981, Gregory 1983 en Steward 1984) gaf Smith een korte verhandeling over het belang van het weten van de tracheaalengte.

Tevens vermeldde hij dat er op verschillende wijzen gemeten was. Hij verwees daarenboven naar een aantal van bovengenoemde referenties. Gregory wijdde één regel aan het belang van de tracheaalengte en refereerde een tabel uit Cullen, SC.

Steward tenslotte gaf in zijn handboek geen tracheaalengte aan maar verwees naar referenties.

Een samenvatting van de gevonden literatuurgegevens betreffende tracheaalengte laat het volgende zien:

Leeftijd	Tracheaalengte in mm	aantal	Wijze van meten
Jackson : 1907			
zuigeling	0 —————> 40 mm	† ?	onbekend
kind	0 —————> 60 mm	† ?	
Abt : 1923			
0 - 30 dg	0 —————> 40 mm	† 20	op verschillende wijzen.
30 - 90 dg	0 —————> 38 mm	† 30	
90 - 180 dg	0 —————> 42 mm	† 35	
180 - 365 dg	0 —————> 43 mm	† 23	
Foote : 1924			
a term geb.	0 —————> 32 mm	?	
Tot 6 mnd.	0 —————> 44 mm		
Tot 2 jaar	0 —————> 50 mm		
Adriani : 1954			
prematuren	0 —————> 40 mm	†	onbekend
a term geb.	0 —————> 45 mm	† ?	
kind (≤ 5 kg)	0 —————> 55 mm	† ?	
kind (≤ 7,5 kg)	0 —————> 65 mm	† ?	
kind (≤ 13,5 kg)	0 —————> 80 mm	†	
Butz : 1968			
Zuigeling	0 — 22- - - - -> 41 mm	† 12	verwijdering preparaat meten op dia
Caldron : 1968			
Zuigeling	0 — 31- - - - -> 60 mm	† 15	tube / in toto verw. prep.
Fearon en Whalen : 1968			
0 - 3 m	0 —————50- - - - -> 75 mm	25	bronchoscopie
3 - 6 m	0 —————55- - - - -> 80 mm	28	
6 - 12 m	0 —————50- - - - -> 90 mm	35	
12 - 18 m	0 —————70- - - - -> 90 mm	12	
Morgan en Steward : 1982			
0 - 3 m	0 —————> 59 mm	?	bronchoscopie
3 - 6 m	0 —————> 74 mm	?	
6 - 12 m	0 —————> 70 mm	?	
12 - 18 m	0 —————> 83 mm	?	

A.Methode van meten van de tracheallengte en resultaten

De problemen met het verkrijgen van de juiste intubatiediepte bij de prematuur- en pasgeborene leidde in 1981 tot een oriënterend literatuuronderzoek. Fearon en Whalen (1968) waren toen de enigen, die bij levende kinderen hadden gemeten, én hun resultaten hadden gepubliceerd. De indruk bestond dat hun meetwaarden groter waren dan de waarden, verkregen bij kinderen in het SKZ. Het was tevens opvallend dat zij slechts spraken over de leeftijd van de patiënt in maanden en nooit over zwangerschapsduur of lichaamsgewicht, evenmin werd gesproken over te vroeg geboren. In nauw overleg met de afdeling keel-, neus- en oorheeskunde werd besloten vanaf die tijd bij alle bronchoscopieën in het SKZ, verricht door C.E. Bos en zijn collegae, ná het verhelpen of diagnostiseren van de primaire aandoening, de afstand tussen de glottis en carina (tracheallengte) te meten. Hiertoe werd de techniek, zoals beschreven door Fearon en Whalen in hun artikel "Tracheal dimensions in the living infant" gemodificeerd. Aan het einde van de procedure, werd de tip van de bronchoscoop centraal op de hoofdcarina geplaatst, zódanig dat een geringe welving optrad. Ter hoogte van de rand van de bovenkaak werd een markering met behulp van een viltstift aangebracht door de keel-, neus- en oorassistenten (zie foto 1). De bronchoscoop werd vervolgens tussen de stembanden geplaatst en wederom werd gemarkeerd. Na verwijdering van de bronchoscoop, werd de afstand tussen beide viltstiftstrepen gemeten (zie foto 2) en op de anesthesielijst geschreven. Van iedere patiënt, aldus gemeten werd een kaart gemaakt, waarop vermeld werden: de leeftijd in kalenderdagen op de dag van de bronchoscopie en het lichaamsgewicht van diezelfde ochtend. Iedere patiënt die een bronchoscopie onder-

ging, werd gemeten. Na een honderdtal metingen, bleek dat de afstanden zoals beschreven in de literatuur (zie hoofdstuk 2) voor de grotere kinderen redelijk overeenkwamen met de metingen verricht in het SKZ. Echter, bij de prematuur- en pasgeborenen bleek dit niet onderzocht, in ieder geval niet gepubliceerd. Zodoende concentreerde het onderzoek zich sindsdien op de tracheaalengte (afstand glottis-carina) van kinderen onder het gewicht van 6 kilogrammen. Als bezwaar moet worden aangemerkt dat het niet mogelijk was bij alle bronchoscopiën dezelfde scopist het onderzoek te laten verrichten, echter 3 verschillende leek mede in het licht van het onderzoek beschreven in hoofdstuk 4 aanvaardbaar.

Methode S.K.Z.:

De patiënt kreeg Multergan[®], 1 mg/kg lichaamsgewicht intramusculair één uur tevoren als premedicatie toegediend. Vóór de inleiding van de anesthesie werden de elektroden van het E.C.G., de bloeddrukmeter (Dinamap) en plethysmometer aangesloten.

Na pre-oxygenatie geschiedde de inleiding door de anesthesioloog met lachgas, zuurstof en halothane. Een intraveneuze toegangsweg met een tefloncanule werd ingebracht.

In dit stadium werd aan de patiënt een neuromusculair relaxans toegediend, het soort relaxans was afhankelijk van de geplande tijdsduur van de bronchoscopie (suxamethonium chloride, vecuronium of pancuronium bromide).

De rigide bronchoscoop Storz 2,5/3,0 of 3,5 werd door de keel-, neus- en oorarts ingebracht onder directe laryngoscopie.

De beademing werd onderhouden met een "Jackson Rees" beademingssysteem, aangesloten op de daartoe geschikte connector van de bronchoscoop. Tijdens de bronchoscopie werd beademd met een mengsel van lucht, zuurstof en halothane of enflurane.

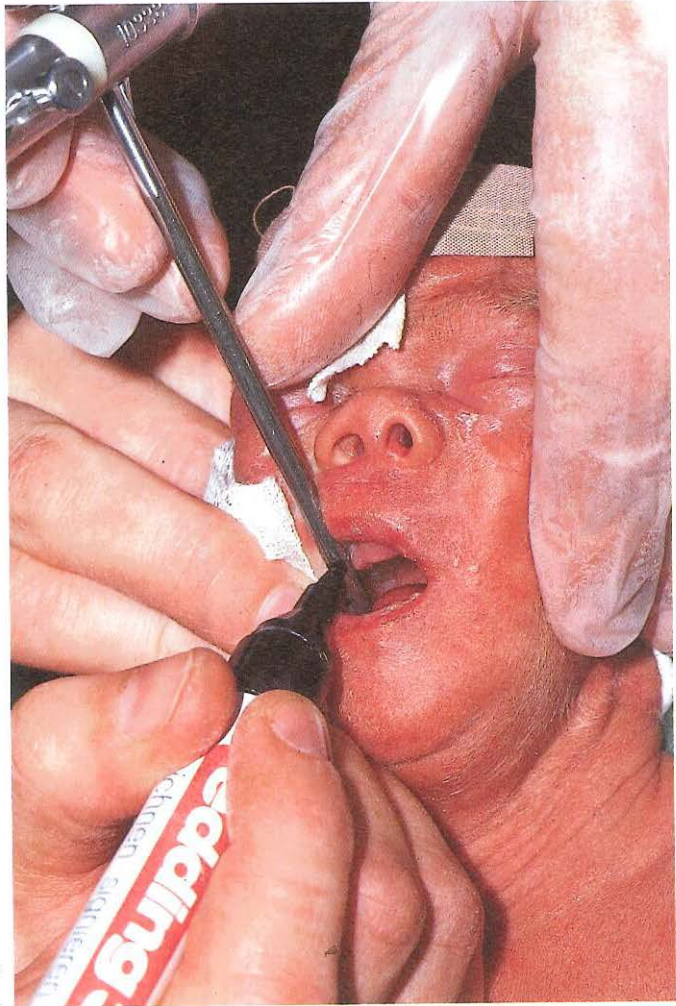


Foto 1, E.Hinderdael,
AVD/SKZ.

Foto 2, E.Hinderdael, AVD/SKZ .



De volgende meetresultaten werden verkregen, gerangschikt naar toene-
mend lichaamsgewicht (gemeten op de dag der bronchoscopie): Tabel 1:

<u>Trachealengte</u>	<u>Gewicht</u>	<u>Geb. gewicht</u>	<u>Kal. lft.</u>	<u>Zwangersch.d.</u>
<u>in mm</u>	<u>in gr</u>	<u>in gr</u>	<u>in dagen</u>	<u>in dagen</u>
39	1300	1020	30	196
36	1320	990	54	182
45	1370	1220	113	210
38	1800	1500	19	245
40	2000	1895	18	238
47	2000	1085	80	196
38	2070	1800	14	238
43	2200	1490	36	231
45	2200	1960	31	217
42	2300	1280	77	210
43	2500	2500	17	280
50	2720	1610	62	224
46	2800	1090	139	209
50	2920	820	145	182
50	2950	2750	34	280
43	3000	3125	16	273
50	3010	2540	29	280
51	3010	2810	13	240
41	3140	2810	32	266
52	3180	3100	14	287
50	3190	2950	96	280
66	3280	3000	5	266
46	3340	3370	8	283
50	3340	3250	40	294
58	3500	2830	103	273
62	3685	3220	75	266
45	3770	3740	24	266
65	3800	3620	14	280
58	3800	3600	34	266
67	3820	3235	84	252

Vervolg tabel 1

<u>Trachealengte</u>	<u>Gewicht</u>	<u>Geb.gewicht</u>	<u>Kal.lft</u>	<u>Zwangersch.d.</u>
<u>in mm</u>	<u>in gr</u>	<u>in gr</u>	<u>in dagen</u>	<u>in dagen</u>
61	3825	1990	113	210
60	4000	4100	18	280
60	4000	4360	48	294
58	4000	3910	21	266
57	4050	2880	67	280
50	4140	3320	77	294
60	4150	4720	9	287
47	4280	4560	4	280
62	4500	2800	101	279
60	4510	3450	55	252
56	4640	2955	76	273
54	4700	3390	91	280
42	4700	2900	377	266
48	4840	3495	121	280
65	5000	2960	164	280
52	5060	2100	167	259
60	5400	3600	70	280
52	5600	3580	78	276
62	5600	3500	128	273
55	5650	3630	124	280
63	5850	3250	157	259

Methode Smalhout:

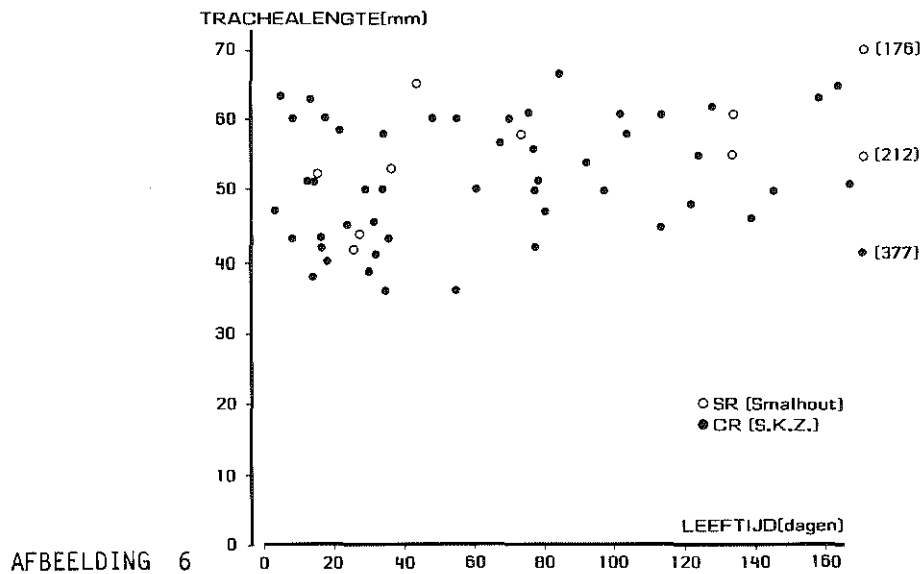
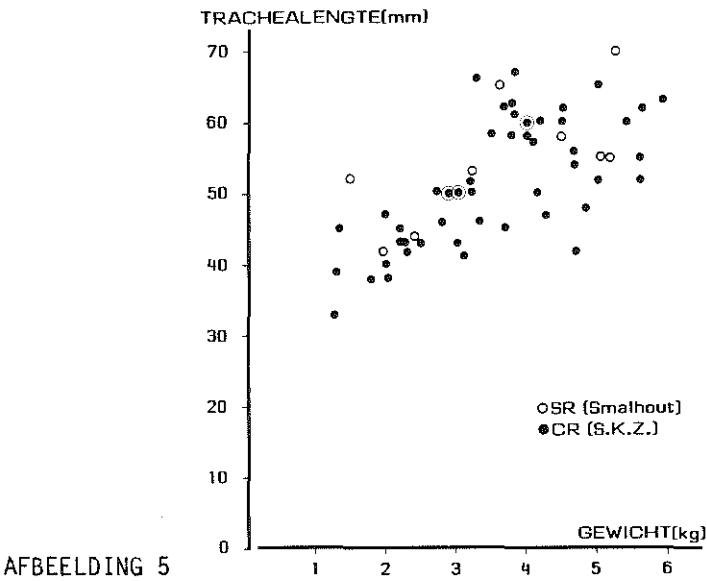
Na een inhalatieinleiding met lachgas, zuurstof en halothane, werden door hem de larynx, de trachea en zo mogelijk dieper de slijmvliezen gesprayed met lidocaïne ter verkrijging van lokaal anesthesie. Na oro-tracheale intubatie onder behoud van spontane ademhaling werd de anesthesie gestabiliseerd door een tweede anesthesioloog. Vervolgens verving Prof.Dr. B. Smalhout de orotracheale tube onder directe laryngoscopie door de rigide Storz bronchoscoop. Dit alles geschiedde zoals opgemerkt met behoud van spontane ademhaling.

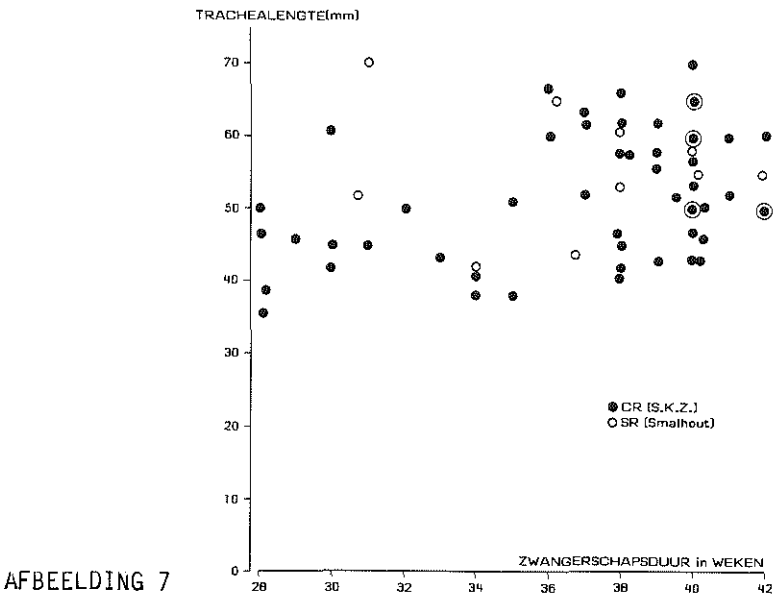
De gegevens verkregen op deze wijze zijn, gerangschikt naar toenemend lichaamsgewicht (gemeten op de dag der bronchoscopie), als volgt:

Tabel 2 :

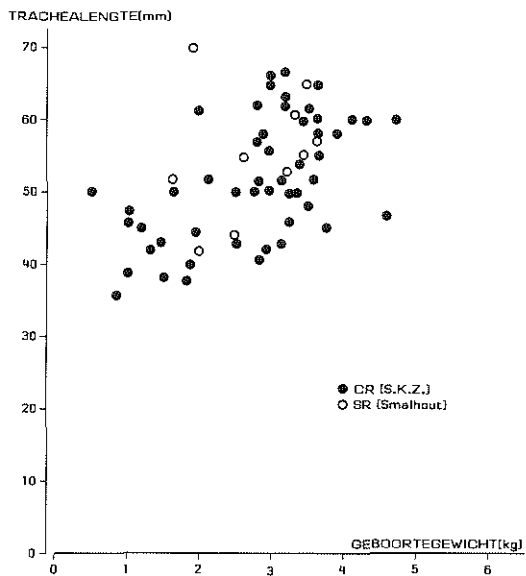
<u>Trachealengte</u>	<u>Gewicht</u>	<u>Geb. gewicht</u>	<u>Kal. lft.</u>	<u>Zwangersch.d.</u>
<u>in mm</u>	<u>in gr.</u>	<u>in gr.</u>	<u>in dagen</u>	<u>in dagen</u>
53	3250	3230	37	263
42	2000	2000	26	238
55	5100	3420	212	294
55	5140	2600	133	280
70	5240	1900	176	217
52	1500	1585	15	213
65	3600	3450	43	254
61	onbekend	3325	134	266
58	4480	3600	73	280
44	2475	2450	27	254

In de afbeeldingen 5, 6, 7, 8 en 9 wordt de samenhang van de trachealengte met de verschillende parameters weergegeven. In afbeelding 5 is dit de correlatie tussen trachealengte en lichaamsgewicht, in afbeelding 6 tussen de trachealengte en de leeftijd in kalenderdagen, in afbeelding 7 tussen de trachealengte en de zwangerschapsduur en in afbeelding 8 tussen de trachealengte en het geboortegewicht. In afbeelding 9 is dit de correlatie tussen de "conceptual age" (zwangerschapsduur + kalenderleeftijd) en de lengte van de trachea. Met open punten worden in deze overzichten aangegeven de meetwaarden die Prof. Dr. B. Smalhout verkreeg bij het verrichten van bronchoscopie onder algehele anesthesie bij spontaan ademende patiënten.

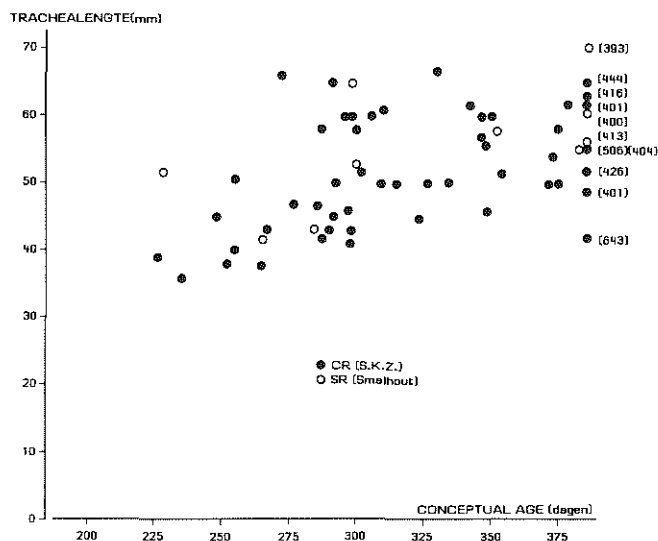




AFBEELDING 7



AFBEELDING 8



AFBEELDING 9

B. Onderzoek naar de voorspelbaarheid van de individuele trachealengte.

Nagegaan werd of het voor deze categorie patiënten (kinderen beneden het lichaamsgewicht van 6 kg met ademhalingsproblemen) mogelijk is op grond van de gegevens omtrent lichaamsgewicht, zwangerschapsduur, leeftijd in kalenderdagen en geboortegewicht, een benedengrens en een bovengrens voor de trachealengte te voorspellen met voldoende betrouwbaarheid. Daartoe werden de hierboven vermelde meetresultaten (tabel 1 en 2) statistisch bewerkt op de afdeling Biostatistica (Prof. R. van Strik) van de Erasmus Universiteit te Rotterdam.

Allereerst werden de respectievelijke parameters (leeftijd in kalenderdagen, zwangerschapsduur, geboortegewicht, lichaamsgewicht en conceptual age) afzonderlijk bekeken met betrekking tot hun relatie met de trachealengte (zie overzichten 5, 6, 7, 8 en 9). De beste correlatie bleek te bestaan met het lichaamsgewicht.

De regressielijn van trachealengte versus lichaamsgewicht werd bepaald volgens de Jonge (deel II, pag. 548 e.v.), zie afbeelding 10.

Dit interval geldt met een zekere mate van betrouwbaarheid, mits de volgende assumpties van toepassing zijn:

1. De 51 kinderen in het onderzoek zijn te beschouwen als een aselechte steekproef uit de doel-populatie (dit is representatief voor SKZ-patiënten, welke voldoen aan inclusie-criteria).
2. De relatie tussen gemiddelde trachealengte en lichaamsgewicht in de doel-populatie is lineair.
3. De variatie in trachealengte rond het gemiddelde per lichaamsgewichtsklasse, is voor alle gewichtsklassen constant.
4. De trachealengten per gewichtsklasse volgen een Gaussverdeling.

Het voorspellingsinterval gaat uit van het lichaamsgewicht in kilogrammen (tussen 1 en 6 kg), voortaan aan te geven met X , van de bijbehorende voorspelde gemiddelde trachealengte (uit de vorenstaande formule) aan te geven met $\hat{Y}_X$ (in mm), van de variatie in trachealengte per gewichtsklasse en van de verlangde mate van betrouwbaarheid, de zogenaamde betrouwbaarheidscoëfficiënt (t) en van de individuele spreiding. Vervolgens is nagegaan of de spreiding van de uitkomsten ten opzichte van deze regressielijn significant kon worden verkleind door achtereenvolgens ook leeftijd, geboortegewicht en zwangerschapsduur in rekening te brengen met behulp van de zogenaamde multipele regressie-analyse (zie de Jonge, deel II, pag. 601). De resultaten hiervan bleken niet tot verbetering van de voorspelbaarheid te leiden, zoals op grond van afbeeldingen 5 t/m 9 is te verwachten. Deze additionele gegevens kunnen dan ook buiten beschouwing blijven.

De eerdergenoemde formule is te schrijven als:

$$\hat{Y}_X = 35,0 + 4,692 X$$

Het voorspellingsinterval is (zie de Jonge, deel II, pag. 572):

$$\hat{Y}_X \pm t.(6,44) \sqrt{\frac{52}{51} + \frac{(X - 3,565)^2}{70,3066}}$$

waarbij

$t = 2,01$ bij 95% betrouwbaarheid

en

$t = 2,68$ bij 99% betrouwbaarheid

en 3,565 het gemiddelde is van alle 51 lichaamsgewichten

De volgende tabel geeft voor enige waarden van X de bijbehorende intervalgrenzen berekend met bovenstaande formule:

Tabel 3:

Lich.gew.(kg)	Gem. Trachea- lengte (mm)	Voorspelde trachealengte (mm)	
X	$\hat{Y}_X$	Interval met betrouwbaarheid	
		95%	99%
1	39,7	$\pm 13,7$	$\pm 18,2$
2	44,4	$\pm 13,3$	$\pm 17,7$
3	49,1	$\pm 13,1$	$\pm 17,5$
4	53,8	$\pm 13,1$	$\pm 17,5$
5	58,5	$\pm 13,3$	$\pm 17,7$
6	63,2	$\pm 13,6$	$\pm 18,1$

Voor toepassing in de praktijk zouden de volgende regels gehanteerd kunnen worden: Tabel 4

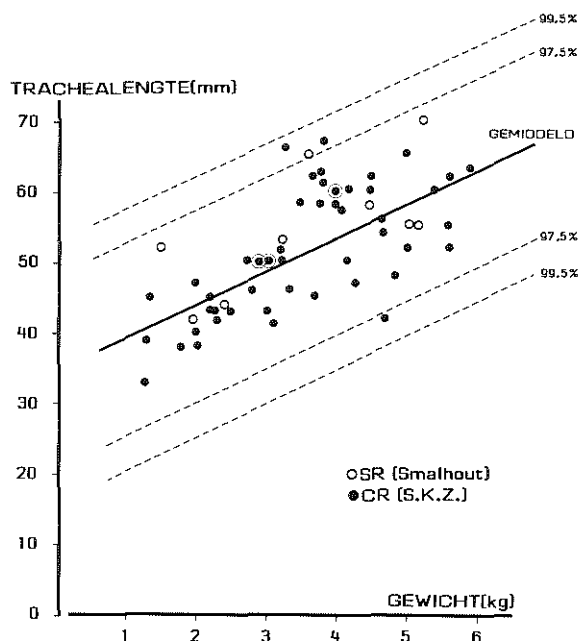
Lich.gew.	Ondergrens voor trachealengte met betrouwbaarheid van minstens:	
	97,5 %	99,5 %

1 - < 2 kg	26 mm	21 mm
2 - < 3 kg	31 mm	26 mm
3 - < 4 kg	36 mm	31 mm
4 - < 5 kg	40 mm	36 mm
5 - < 6 kg	45 mm	40 mm

Op basis van deze gegevens (tabel 1) bij 51 kinderen met een lichaamsgewicht van 1000 tot 6000 gram is de volgende relatie tussen gemiddeld te verwachten trachealengte en waargenomen lichaamsgewicht afgeleid:

$$\text{gemiddelde trachealengte (mm)} = 35,0 + 4,692 \times \text{lichaamsgewicht (kg)}.$$

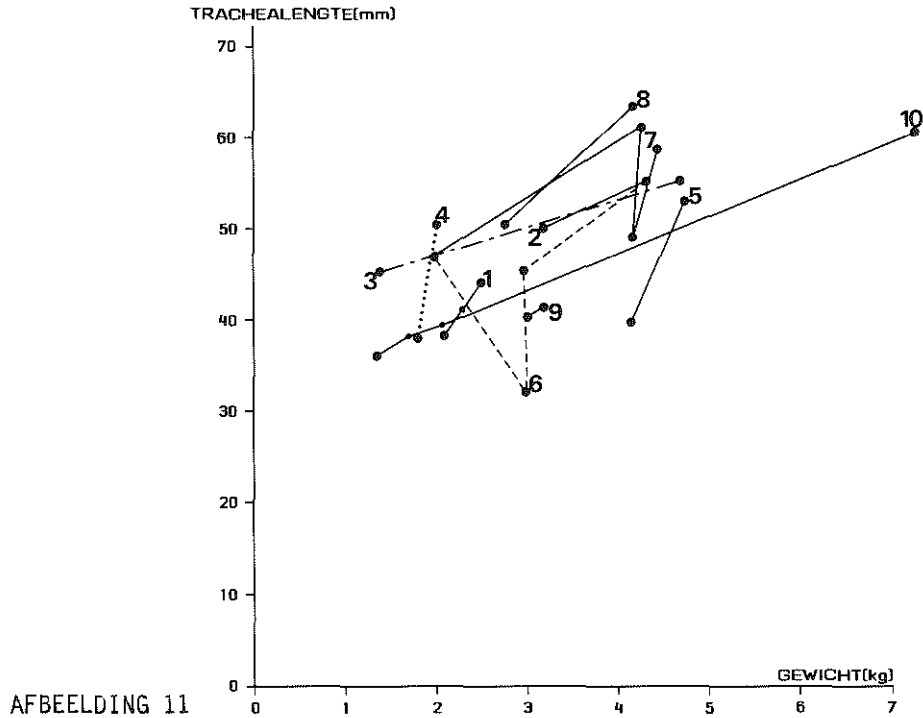
Met behulp van deze regressielijn en de spreiding van de individuele waarden rondom de lijn, (afb.10) kan een zogenaamd voorspellingsinterval voor de trachealengte van een individuele patiënt worden vastgesteld.



AFBEELDING 10

Reproduceerbaarheid:

Bij een aantal kinderen werd in de loop van hun leven méér dan eens de trachealengte gemeten. In afbeelding 11 zijn deze "groeicurves" van tracheae bij kinderen van een laag lichaamsgewicht én met ademhalingsproblemen weergegeven.



De resultaten, neergelegd in afbeelding 11 waren de volgende: Tabel 5

	<u>Trachealengte</u>	<u>Gewicht</u>	<u>Kal. lft.</u>	<u>Geb. gew.</u>	<u>Zwangersch.d.</u>
	<u>in mm</u>	<u>in gr.</u>	<u>in dagen</u>	<u>in gr.</u>	<u>in dagen</u>
1.	38	2070	14	1800	238
	41	2295	47		
	44	2580	105		

Vervolg tabel 5:

	<u>Trachealengte</u>	<u>Gewicht</u>	<u>Kal.lft.</u>	<u>Geb.gew.</u>	<u>Zwangersch.d.</u>
	<u>in mm</u>	<u>in gr.</u>	<u>in dagen</u>	<u>in gr.</u>	<u>in dagen</u>
2.	50	3190	96	2950	280
	55	4250	182		
3.	45	1370	113		210
	55	4670	198		
4.	38	1800	19	1500	245
	50	2000	30		
5.	40	4200	60	n.b.	n.b.
	54	4750	105		
6.	47	2000	80	1085	196
	32	3000	103		
	45	3000	118		
	55	4285	174		
7.	47	3400	68	n.b.	266
	61	4230	124		
	49	4150	136		
	57	4400	150		
8.	50	2720	62	1610	224
	63	4135	89		
9.	41	3140	32	2810	266
	43	3000	18		
10.	36	1320	54	990	182
	38	1660	62		
	39	2135	77		
	60	7250	368		

Men neemt waar dat indien men meerdere metingen verricht bij dezelfde patiënt:

- * een duidelijke meetfout (zie patiënt 6!) optreedt, vermoedelijk ten gevolge van verschillende onderzoekers
- * de trachealengte van deze patiënten stijgt mèt het gewicht en minder duidelijk in relevantie met de leeftijd.

HOOFDSTUK 4

Metingen bij rhesusapen

Tijdens het onderzoek, zoals beschreven in hoofdstuk 3, rezen de volgende vragen:

- * Wat is de invloed van de beweging van de tracheobronchiaalboom tijdens de ademhaling op de afstand tussen de glottis enerzijds en de hoofdcarina anderzijds?
- * Wat is de invloed van verschillende scopisten?
- * Wat is de invloed van het overstrekken van het hoofd, benodigd voor het inbrengen van de rigide bronchoscoop?

Onderzoek ter beantwoording van deze vragen deed het risico van het ontstaan van hypoxische momenten toenemen. Aangezien dit, bij de reeds wat hun gaswisseling betreffende gecompromitteerde patiënten onverantwoord leek, werd contact gezocht met het Primatencentrum T.N.O. te Rijswijk.

Uit de literatuur was gebleken dat de anatomische verhoudingen van de tracheobronchiaalboom bij de rhesusaap vergelijkbaar waren met die van de mens (Taylor et al 1976, Strumpf et al 1979, Schneider en Raade 1980). Ook bloedgaswaarden bleken overeen te komen (Casey en King 1980).

Nadat op reeds overleden apen de vaardigheid tot het verrichten van bronchoscopiën was verkregen, werd een protocol opgesteld voor onderzoek bij levende apen ter beantwoording van bovengestelde vragen. Bij 6 rhesusapen werd de afstand glottis-carina

gemeten gedurende algehele anesthesie, zowel met behoud van spontane ademhaling als in apnoe.

Methode:

De anesthesie werd ingeleid met Vetalar^R intramusculair 0,4 mg/kg lichaamsgewicht in een zogenaamde trekkooi (zie foto 3). Dit zijn kooien waarvan de achterwand naar voren beweegbaar is, zodat de aap in een "houdgreep" wordt gebracht. Het is dan mogelijk de aap intramusculair injecties toe te dienen. Zodra hij het bewustzijn heeft verloren, wordt de aap uit de kooi gepakt (zie foto 4).

Nadat de aap aldus onder anesthesie was gebracht, werd hij op de verwarmde operatietafel gelegd. Het electrocardiogram werd verkregen met behulp van naaldelectrodes, een plethysmometer werd aangebracht op de grote teen. Bloeddruk werd gemeten met behulp van de arterio-sonde (Roche). Een thermometer werd rectaal ingebracht. Alle parameters werden vastgelegd op een vierkanaalsschrijver (zie foto 5). De anesthesie werd voortgezet met N₂O/O₂ in een verhouding van 1 : 1, met een inspiratoire concentratie van 0,5 % halothane via een gemodificeerd Ayre's T-stuk volgens Jackson Rees.

Nadat onder directe laryngoscopie de stembanden en larynx lokaal waren verdoofd met behulp van een xylocaïnespray, werd de rigide bronchoscoop ingebracht. Hierna werden de metingen verricht.

Bij het einde van de expiratie werd de tip van de bronchoscoop centraal tegen de hoofdcarina gelegd, zodat een lichte welving in het oppervlak daarvan werd waargenomen. Een markering met behulp van een viltstift werd aangebracht, d   r waar de bronchoscoop de onderrand van de boventanden kruiste.

De punt van de bronchoscoop werd vervolgens tussen de stembanden gebracht en de markering herhaald. Na verwijdering van de bronchoscoop werd de afstand tussen beide markeringen gemeten.

Hierop werden dezelfde metingen op identieke wijze herhaald door de tweede onderzoeker (Prof.Dr. B. Smalhout).



Foto 3, De "trekkooi", C. Timmers, Instituut voor Anaesthesiologie Utrecht.



Foto 4 ,
De aap is onder
anesthesie
Foto: C. Timmers.

De meetresultaten luiden als volgt:

Tabel 6 :

<u>Naam aap</u>	<u>Trachealengte</u> <u>in mm</u>	<u>Lich.gew.</u>	<u>Lft kal. dg.</u>
1. CL	94	4600 gr.	935
2. KH	76	2500 gr.	730
3. KZ	70	2300 gr.	645
4. LL	84	3350 gr.	782
5. LG	80	2650 gr.	793
6. LS	77	2400 gr.	760

Vervolgens werd geleidelijk de inspiratoire concentratie halothane verhoogd met de bronchoscoop in situ, totdat apnoe bij de aap optrad. Dit werd tevens geregistreerd met behulp van capnografie. De metingen zoals bovenstaand beschreven werden dan opnieuw verricht,

Foto 5 :Onderzoekopstelling (C.Timmers).

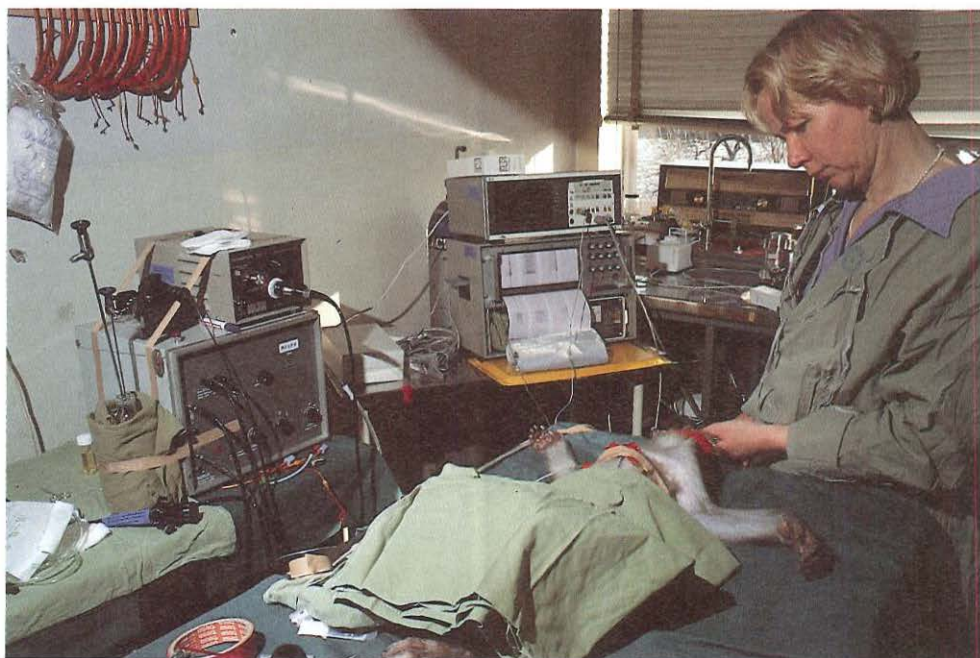
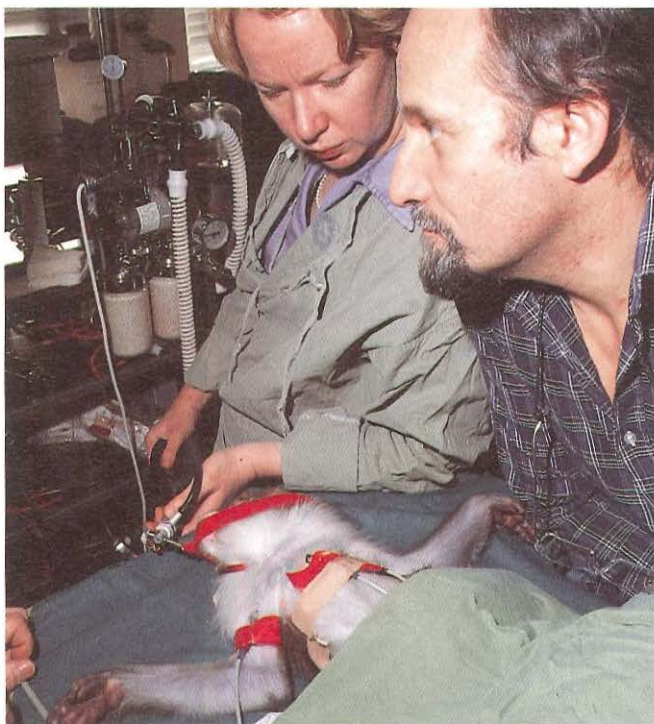


Foto 6 ,
De aap is geïntubeerd
men wacht op hervat-
ting van de respiratie
Foto: C. Timmers.



de bronchoscoop werd verwijderd en beademing toegepast via een orotracheale tube totdat spontane respiratie terugkeerde (zie foto 6). Teneinde de tweede vraag te beantwoorden zoals gesteld op pagina 57, werd de gehele procedure herhaald door de tweede onderzoeker. Deze verkreeg de resultaten neergelegd in de volgende tabel (7)

Metingen verricht in APNOE: Tabel 7

<u>AAP</u>	<u>Trachea</u> <u>lengte</u> <u>in mm</u>	<u>Lich.gew.</u>	<u>Lft kal.dg.</u>
1. CL	94	4600 gr.	935
2. KH	78	2500 gr.	730
3. KZ	70	2300 gr.	645
4. LL	86	3350 gr.	782
5. LG	79	2650 gr.	793
6. LS	76	2400 gr.	760

Het bleek dat er tussen de meetwaarden verkregen door de beide onderzoekers nooit meer dan twee mm verschil bestond.

Ook tussen de metingen verricht in apnoe of bij behoud van spontane ademhaling was geen significant verschil op te merken.

Helaas bleek het onmogelijk bij spontaan ademende rhesusapen van deze maat, de flexibele bronchoscoop in de trachea tot de carina te brengen zonder cyanose te veroorzaken. De diameter van de fiberscoop was te groot. Hierop werd besloten van dit gedeelte (vraag 3 op pagina 57) van het onderzoek af te zien.

De conclusies die uit het onderzoek bij de rhesusapen getrokken kunnen worden zijn:

- * Er zijn géén significante verschillen tussen metingen van de afstand tussen stembanden enerzijds en hoofdcarina anderzijds bij rhesusapen in apnoe en met behoud van spontane ademhaling.
- * Er zijn geen significante verschillen op te merken tussen de resultaten van de 2 verschillende onderzoekers die op identieke wijze meten.

Invloed van de positie van het hoofd op de intubatiediepte bij pasgeborenen.

Indien men de grootte van het hoofd van een volwassene vergelijkt met het hoofd van een kind, dan verwacht men bij de volwassene een grotere verplaatsing van de endotracheale tube bij verandering van de positie daarvan omdat dit hoofd zoveel groter is.

In 1969 reeds beschreven Heinonen et al de invloed van een verandering van de ligging van de patiënt (Trendelenburg of steensnede) op de intubatiediepte. Zij vonden dat de positie van de carina veranderde bij positieverandering van de patiënt. Met name namen zij waar dat de positie van het diafragma in deze gevallen veranderde en daardoor de tip van de tube dichterbij de carina kwam of in een aantal gevallen zelfs tot in een hoofdbronchus werd verschoven.

Conrardi et al (1976) onderzochten bij volwassen patiënten de invloed van de positie van het hoofd op de positie van de beademingsbuis. Zij vonden dat bij extensie en flexie vanuit de neutrale positie de tube-punt zich 19 mm naar de carina c.q. naar de stembanden bewoog. Bij rotatie vonden zij een beweging van 7 mm.

Todres et al vonden in datzelfde jaar (1976) bij 16 neonaten tijdens respectievelijk flexie en extensie van het hoofd een beweging van de tubepunt van 7 tot 28 mm. Naar de beweging van de tubepunt bij een roterende beweging van het hoofd werd door hen niet gekeken.

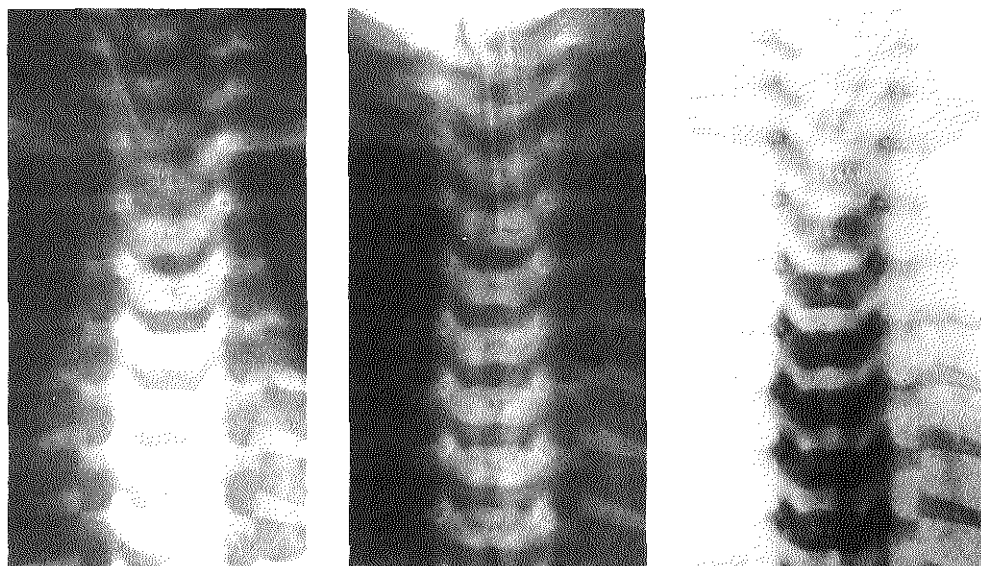
In 1977 beschreven Bosman en Foster de veranderingen in tube-positie, bij 2 juist overleden kinderen (gewicht 3,4 kg en 7,1 kg) terwijl zij de stand van het hoofd veranderden. Zij vonden dat bij rotatie én extensie de tube zich naar de stembanden toe bewoog en bij flexie in de richting van de carina, tevens dat de bewegingen groter waren bij nasale intubatie dan bij orale. Echter het aantal van twee was te

weinig om een statistische analyse op te doen. Hun cijfers geven de afstand aan tussen de carina en het einde van de tube:

	Nasale tube				Orale tube			
	Flex.	Ext.	Rot.	Neutraal	Flex.	Ext.	Rot.	Neutraal
1.	12	30	20	16	4	12	6	7
2.	5	23	14	15	4	12	8	6

Er zijn een aantal methoden om de positie van de tube te verifiëren: auscultatie, röntgenografie en capnometrie. Bij neonaten wordt de gebruikelijke methode, auscultatie, bemoeilijkt omdat er zelfs bij endobronchiale intubatie tóch nog de indruk kan ontstaan dat er vesiculair ademgeruis aan beide zijden aanwezig is. Daarom is het gebruikelijk na het inbrengen van een endotracheale tube bij de pasgeborene ten behoeve van langdurige beademing een voorachterachter-

Foto 6: Foto Afdelingen Radiologie en Audio Visuele Dienst SKZ/AZR



waartse röntgenfoto te maken met het hoofd in de neutrale positie. Bij de anesthesie stuit dit op praktische problemen. Dáár is het gebruikelijk de orotracheale tube vóór gebruik af te knippen op de gewenste lengte. Een in te brengen nasotracheale tube wordt vóór het inbrengen gemarkeerd met een viltstift op dié afstand, die men onder de stembanden wil brengen. Hedentendage zijn reeds van fabriekswege dit soort markeringen aangebracht op de tubes.

Het is gebruikelijk ernaar te streven dat de punt van de endotracheale tube zich op de voorachterwaartse röntgenfoto met het hoofd in de neutrale positie bevindt ter hoogte van de tweede thoracale wervel. Het is echter ongebruikelijk dat de patiënt ook in de neutrale positie wordt verpleegd. Met neutrale positie wordt die positie bedoeld waarbij de patiënt, op de rug gelegen, naar boven kijkt. Door het relatief grote achterhoofd van het zeer jonge kind is deze ligging echter een anteflexie ten opzichte van de neutrale positie van het hoofd der volwassene.

Extensie zal optreden bij het optillen van de patiënt ten behoeve van bijvoorbeeld het verschonen van de luier. Flexie zal optreden bij bijvoorbeeld het verrichten van een lumbaalpunctie.

Rotatie van het hoofd treedt op bij wisselligging en om de geïntubeerde patiënt met beademingsbuis, en beademingsaansluitstukken stabiel te verplegen.

De diepte van de beademingsbuis is dán optimaal wanneer nòch endo-bronchiale intubatie nòch accidentele extubatie bij positieveranderingen van de patiënt kan voorkomen.

Teneinde een zo goed mogelijke midtracheale positionering van de tube mogelijk te maken, dient allereerst de trachealengte bekend te zijn. Onder trachealengte wordt in dit onderzoek verstaan de afstand tussen de stembanden en de carina. De methode waarop deze bij jonge kinderen bepaald werd, met de resultaten hiervan is beschreven in hoofdstuk 3.

Besloten werd daarom naar de invloed van rotatie van het hoofd op endotracheale tubepositionering te kijken. Flexie en extensie van het hoofd worden hedentendage steeds minder en, indien nodig, behoedzamer, toegepast na de reeds genoemde publicatie van Todres et al (1976).

Methode:

De ligging van de tubepunt werd bij 19 neonaten na nasotracheale intubatie en fixatie, verricht ten behoeve van het toedienen van anesthesie, vastgelegd op voorachterwaartse röntgenfoto's met het hoofd in neutrale positie (zie pag. 61) en vervolgens met het hoofd naar links en naar rechts gewend. Hierna werd beoordeeld tegenover welk wervellichaam de tubepunt zich na de positieverandering bevond. De resultaten waren de volgende (tabel 8):

PATIENT	LEEFTIJD	LICH.GEWICHT	TUBEPUNTPOSITIE		
			"neutraal"	links	rechts
WT	1 dag	3230 gram	Th3+ $\frac{1}{2}$	Th2+ $\frac{1}{2}$	Th2+ $\frac{1}{4}$
BB	1 dag	3040 gram	Th1+ $\frac{1}{2}$	C7+ $\frac{1}{4}$	C7
BR	5 dagen	2950 gram	Th2+ $\frac{3}{4}$	Th1+ $\frac{1}{2}$	Th2
MvB	93 dagen	5400 gram	Th1	C7	boven C7
MB	1 dag	2010 gram	Th3	Th2+ $\frac{1}{4}$	Th2
JD	2 dagen	3120 gram	Th2	Th2	Th2
KF	4 dagen	3420 gram	Th2	Th1	Th1+ $\frac{1}{2}$
PG	147 dagen	5790 gram	Th2+ $\frac{1}{4}$	Th1+ $\frac{1}{2}$	Th1
AH	26 dagen	1290 gram	Th3	Th1	Th1+ $\frac{1}{2}$
BK	2 dagen	2335 gram	Th3	Th2	Th1
YO	13 dagen	1635 gram	Th2+ $\frac{1}{4}$	Th1+ $\frac{1}{2}$	Th1
JK	1 dag	3130 gram	Th2+ $\frac{1}{4}$	Th2+ $\frac{1}{4}$	Th3
AS	2 dagen	1800 gram	Th3+ $\frac{1}{2}$	Th2	Th2+ $\frac{3}{4}$
BS	1 dag	2950 gram	Th4	Th2	Th3
KV	96 dagen	2160 gram	Th1	Th1	Th1
RW	119 dagen	4390 gram	Th2+ $\frac{1}{4}$	Th1+ $\frac{1}{2}$	Th1+ $\frac{1}{2}$
FI	36 dagen	3960 gram	Th2+ $\frac{1}{2}$	Th2+ $\frac{1}{4}$	Th2
AR	61 dagen	4130 gram	Th2+ $\frac{1}{2}$	Th2	Th1+ $\frac{1}{2}$
JdV	10 dagen	985 gram	Th1+ $\frac{1}{4}$	C7+ $\frac{1}{2}$	Th $\frac{1}{2}$

De endotracheale tube bij pasgeborenen blijkt onder invloed van rotatie van het hoofd een verandering in positie te ondergaan. Bij 2 van de 19 patiënten bleef de positie gehandhaafd. Bij 1 patiënt schoof de tube bij roteren naar rechts dieper in de trachea.

Zesmaal kwam de punt van de endotracheale tube hoger te liggen bij het roteren naar links en negenmaal was dit het geval bij het roteren naar rechts. Vanaf de voorachterwaartse röntgenfoto werd eveneens gemeten met een meetlat over hoeveel mm de endotracheale tubepunt zich verplaatste bij het roteren van het hoofd. De vergrotingsfactor werd daarbij gesteld op 2. De afstand werd gemeten vanaf de bovenrand van wervellichaam Th 1. De grootste afstand waarover de tubepunt verplaatst werd bleek 14 mm te zijn. Dit kwam voor bij 2 patiënten. Tevens bleek bij 3 patiënten de tube zich nog nauwelijks endotracheaal te bevinden !

De implicaties hiervan bij verpleging van geïntubeerde kinderen onder het gewicht van 6 kilo, mede gelet op de resultaten beschreven in hoofdstuk 3, zijn dan ook dat uiterste zorg betracht moet worden bij positieveranderingen van het geïntubeerde individu. Bij voorkeur dient na intubatie voor langdurige beademing niet alleen een voorachterwaartse röntgenfoto gemaakt te worden ter verificatie van de positie van de endotracheale buis maar ook 2 met geroteerd hoofd, i.c. met het hoofd naar rechts en naar links gedraaid.

Dit zal mogelijk voorkomen dat hypoxische momenten bij accidentele extubatie ten gevolge van rotatie van het hoofd optreden.

Ten overvloede zij opgemerkt dat in deze studie de bevindingen van Kuhns en Poznanski uit Ann Arbor (50 % van de endotracheale tubes in hun studie was niet juist gelocaliseerd) niet bevestigd konden worden, integendeel alle patienten waren op het moment van de röntgenfoto endotracheaal geïntubeerd.

DISCUSSIE

Sinds kinderen met een laag geboortegewicht of een verkorte zwangerschapsduur door ontwikkelingen in de techniek en verdiepte inzichten in physiologie en gaswisseling, méér en betere overlevingskansen kregen, werd de behoefte gevoeld de lengte van de trachea en daarmee de optimale intubatiediepte nauwkeurig te weten.

Vele en gevarieerde studies hierover zagen het licht, meestal op overleden kinderen (Schellinger 1964, Butz 1968, Coldiron 1968 en vele anderen).

Metingen verricht tijdens obducties werden door diverse auteurs minder betrouwbaar geacht om de volgende redenen:

- * er is een schrompeling opgetreden van weefsels na het intreden van de dood, afhankelijk van het tijdstip waarop de meting werd verricht
- * de physiologische samenhang van de weefsels is verstoord door het verwijderen van de trachea uit het lichaam
- * in sommige gevallen had de trachea al enige tijd in formaline gelegen, waardoor óók nog schrompeling optrad.

Bij studies die op levende kinderen verricht werden, waren dikwijls 2 meetmethoden gecombineerd: of met behulp van de beademingsbuis en met foto's, zoals bij voorbeeld Bouhanna, Matilla en Curran dan wel met een combinatie van à vue meten tot de stembanden, gecombineerd met röntgenfoto's zoals Levin (1957) en McIntyre (1958). Zij werden daarvoor voor de kinderen in de lage gewichtsklasse te onnauwkeurig.

Fearon en Whalen (1968) en Morgan en Steward (1982) waren de enigen die à vue met behulp van bronchoscopie bij patiënten onder algehele anesthesie met behoud van spontane ademhaling tracheaalengte maten én

hun gegevens publiceerden. Zij gaven echter geen nadere details over de patiënten behoudens de leeftijd. Evenmin spraken zij over premature babies en pasgeborenen.

Dit onderzoek concentreerde zich daarom op kinderen in de gewichtsklasse onder de 6 kilogrammen: het bepalen van de afstand glottis - carina (tracheaalengte) en de veiligheidsmarge ten aanzien van de optimale intubatiediepte.

De resultaten van de metingen in dit onderzoek laten een aanzienlijk kortere tracheaalengte zien dan de metingen die op dezelfde wijze verricht werden bij spontaan ademende kinderen onder algehele anesthesie door Fearon en Whalen (1968) en Morgan en Steward (1982)(pag.37 e.v.). Het grote gevaar van het aanhouden van de meetresultaten uit Toronto bij de door hen genoemde leeftijd, is dat de tube zich dan bij de kinderen in de lage gewichtsklasse endobronchiaal zal bevinden. Op dié leeftijd en in dié omstandigheden is dit een buitengewoon ongewenste situatie (hoofdstuk 1).

De conclusie die getrokken mag worden uit het onderzoek beschreven in hoofdstuk 3 is dat de ondergrens voor de individuele tracheaalengte met een betrouwbaarheid van minstens 97,5% , afhankelijk van het lichaamsgewicht, oploopt van 26 tot 45 mm (zie tabel 4).

Zesennegentig procent van de voorspelde metingen op grond van het lichaamsgewicht vielen binnen - 10 of + 10 mm van de gemeten waarde. Dit lijkt gezien de minimaal gemeten tracheaalengte van 36 mm en de "verschuivingsmogelijkheid" van 14 mm een te accepteren voorspelling. Een aantal factoren die invloed hebben op de meetresultaten worden hier beschouwd:

1. meetfout
2. neuromusculaire relaxatie
3. inhalatieanestheticum
4. fysiologie
5. pathologie

6.1. Meetfout

Bij iedere meting, hoe nauwkeurig ook verricht, worden fouten gemaakt. De meetfout in ons onderzoek werd zo klein mogelijk gehouden. Deze werd echter beïnvloed door:

- * de nauwkeurigheid van het plaatsen van de bronchoscoop op de hoofdcarina en tussen de stembanden
- * de nauwkeurigheid van het markeren. Echter ten aanzien van de methode van Fearon en Whalen, die met behulp van hun wijsvingers maten, lijkt de viltstiftmarkering smaller en dus minder onderhevig aan grove fouten.
- * de nauwkeurigheid van het aflezen tussen de beide viltstiftstrepen. De viltstiftmarkering op zich heeft een breedte van ongeveer $1\frac{1}{2}$ mm.
- * de positie van de patiënt. Teneinde zo zorgvuldig en atraumatisch mogelijk de rigide bronchoscoop in te brengen, ligt de patiënt doorgaans met overstrekt hoofd en de schouders op een "rolletje" (dikte +8 cm).
- * het overstrekken van het hoofd. Dit geeft bij een geïntubeerde patiënt een verplaatsing van de tubepunt naar craniaal (Todres et al 1977).
- * de verplaatsing van de trachea zelf door het inbrengen van een te grote bronchoscoop, waardoor de trachea als het ware mee naar binnen wordt geschoven. Dit is in hoge mate onwaarschijnlijk, daar altijd getracht werd een "luchtlekkende" maat bronchoscoop in te voeren.

6.2. Neuromusculaire relaxatie

Het gebruik van neuromusculaire relaxantia tijdens bronchoscopie op de kinderleeftijd is omstreden.

Sommige groepen menen dat de anatomie en haar verhoudingen beter tot haar recht komen bij behoud van spontane ademhaling (Steward et al, Toronto, Smalhout Utrecht). Anderen zijn van mening dat ieder kind op diē leeftijd en met dat lichaamsgewicht (onder de 6 kg), zodra het onder algehele anesthesie gebracht wordt, beademd moet worden met behulp van relaxantia (Jackson Rees Liverpool, J.J. Downes et al Philadelphia, Meursing et al Rotterdam).

De discussie hierover, hoe boeiend ook, ligt buiten het bestek van dit proefschrift.

Alhoewel nooit als zodanig gemeten, is het denkbaar dat de trachea die immers dwarsgestreept spierweefsel bevat bij gebruik van non depolariserende relaxantia langer wordt. De "rekbaarheid" van de trachea, reeds in 1884 door Koike beschreven bij overleden kinderen, bleek toen 5 tot 8 mm.

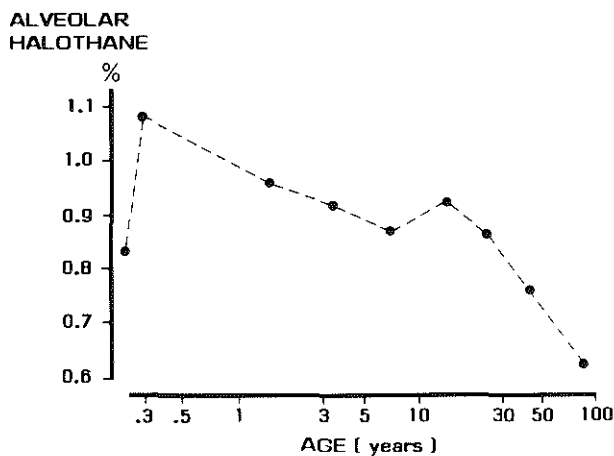
Tegen een langer worden onder invloed van non-depolariserende relaxantia pleit dat de meetwaarden, verkregen op dezelfde wijze (Toronto), maar met behoud van spieractiviteit en zonder gebruik van non depolariserende relaxantia, groter zijn dan die verkregen uit het beschreven onderzoek (hoofdstuk 3) bij kinderen onder beademing met relaxantia in het Sophia Kinderziekenhuis.

Uit het onderzoek bij de rhesusapen bleek bovendien dat behoud van de adembewegingen, hetgeen betekent behoud van spiertonus, géén significante invloed had op de uitkomst van de metingen.

Men dient niet uit het oog te verliezen dat deze jonge patiënten, bij wie ademhalingsproblemen endotracheale intubatie en beademing noodzakelijk maken, vrijwel immer dit met behulp van relaxantia ondergaan!!

6.3. Inhalatieanestheticum

Hoe jonger het kind, des te hoger is de Minimal Alveolar Concentration. Daarmede wordt bedoeld di  alveolaire concentratie van een inhalatieanestheticum, waarbij 50 % van de patiënten nog reageert op de incisie (Gregory 1969). In 1983 werd deze uitspraak gemodificeerd: de MAC is leeftijdsgebonden en het hoogste op de zuigelingenleeftijd (Gregory 1983).



Afbeelding 11

ASA Abstracts, 1983, Lerman en Gregory.

Grotendeels lijkt dit verklaard door de hoge alveolaire ventilatie en het grote hartminutenvolume van de zuigeling.

Dientengevolge zullen de kinderen die onder algehele anesthesie een bronchoscopie ondergaan, hogere inspiratoire concentraties inhalatieanestheticum toegediend moeten krijgen dan de "verslachte", zeker omdat de veiligheidsmarge van eventueel toe te dienen lidocaïne ter lokaal anesthesie scherp is begrensd in deze gewichtsklasse (Mirakhur 1982). Aangezien halothane,   n van de gebruikte inhalatieanesthetica, een bekend bronchodilatatoir effect heeft zou dit een mogelijke verklaring kunnen zijn voor de langere meetresultaten. De invloed van inhalatieanesthetica op de lengte van de trachea verdient nader onderzoek.

6.4. Physiologie

Het kind groeit. Betreffende de gewichtstoename in relatie tot de leeftijd, vervaardigde Lubchenco de bekende percentielcurves(1963), zie pagina 18. Zoals er een spreiding van "normale" gewichten is in relatie tot de leeftijd van de patiënt, zo zal er ook een spreiding zijn van "normale" trachealengte.

Het blijkt echter uit het onderzoek zoals beschreven in hoofdstuk 3, dat bij deze zeer jonge patiënten, dikwijls prematuur geboren, er een betere relatie bestaat van trachealengte en lichaamsgewicht dan een relatie met de kalenderleeftijd.

Rekening gehouden dient te worden dat deze meetresultaten allen, zowel in Toronto als bij Prof.Dr. B. Smalhout in Utrecht als in Rotterdam, verkregen werden bij patiënten met ademhalingsmoeilijkheden. Dit was de primaire reden voor de bronchoscopie. De "krimping" van de trachea zoals deze vermeld staat in de tabel in ABT, deel 1, was niet aantoonbaar. Echter één lengtemaat per leeftijd opgeven is sowieso in tegenspraak met enige variatie op de betreffende leeftijd en moet dus als onaanvaardbaar worden beschouwd.

De meetresultaten in hoofdstuk 3 beschreven laten kort samengevat dan ook de volgende spreiding zien:

Tabel 9 :

<u>lichaamsgewicht</u> <u>in grammen</u>	<u>trachealengte</u> <u>in mm</u>
1000-2000	36 - 47
2000-3000	38 - 50
3000-4000	41 - 67
4000-5000	47 - 66
5000-6000	52 - 70

6.5. Pathologie

Zoals reeds is opgemerkt dient niet uit het oog verloren te worden dat al deze bronchoscopieën, waarbij metingen verricht werden, waar dan ook ter wereld, uitgevoerd werden ter diagnostiek of behandeling van een pulmonaal probleem. Dit op zich zou een reden kunnen zijn voor afwijkende meetresultaten.

Daarentegen is juist bij diē kinderen de optimale positionering van de endotracheale tube van levensbelang, die vanwege hun ademhalingsproblemen beademd moeten worden.

Het fenomeen dat patiënten met ademhalingsmoeilijkheden hun hoofd overstrekken en daarmee vermoedelijk hun trachea, is nog niet verklaard en vereist nader onderzoek.

Discussie:

Bij kinderen met een lichaamsgewicht lager dan 6 kilogrammen, is de trachealengte niet nauwkeurig voorspelbaar.

Zoals uit de literatuur bleek, zijn vele parameters mogelijk:

- * kruin-hiellengte
- * kruin-romplengte
- * hoofdomvang
- * afstand processus xiphoideus tot onderrand cricoïd
- * afstand neuspunt-oorlel
- * lichaamslengte
- * leeftijd in dagen
- * zwangerschapsduur

De meest betrouwbare referentiewaarde bleek in dit onderzoek het lichaamsgewicht te zijn.

In dit onderzoek werd het vastleggen van een referentiepunt ten behoeve van de trachealengtebepaling nagestreefd. Dit punt zou

- * gemakkelijk verkrijgbaar

- * betrouwbaar te meten, en

- * nauwkeurig te meten

moeten zijn. De bepaling van het lichaamsgewicht bleek aan deze voorwaarden te voldoen. Daarbij dient aangetekend het volgende:

- * naarmate het lichaamsgewicht van de patiënt groter is, wordt de betrouwbaarheid van deze voorspelling groter

In het voorgaande is getracht de mogelijke oorzaken voor de verschillen in meetresultaten tussen beide groepen uit The Hospital for Sick Children (Toronto, Canada) en dit onderzoek te belichten.

De maturiteit van het patiëntenmateriaal werd in geen van beide studies uit Toronto vermeld. De eerste studie (1968) omvatte historisch gezien vermoedelijk weinig kinderen onder het gewicht van 6 kilogrammen. De tweede studie vermeldde slechts oudere kinderen.

* Bij het bepalen van een veilige intubatiediepte bij zeer jonge kinderen kan de trachealengte het beste worden gecorreleerd aan het lichaamsgewicht.

* De afstand tussen glottis enerzijds en de hoofdcarina anderzijds is op grond van het lichaamsgewicht met een zekerheid van 99,5% te voorspellen met behulp van de volgende formule:

$$\text{Trachealengte in mm} = 18 + 4,7 \times \text{lichaamsgewicht in kg}$$

Is het lichaamsgewicht meer dan 1 kilogram, dan kan dit getal vervangen worden door de respectievelijke getallen zoals vermeld in tabel 4 op pagina 54.

- * De invloed van de ademhalingsbeweging en neuromusculaire relaxatie op de meting van trachealengte kunnen als te verwaarlozen worden beschouwd.
- * Bij de prematuur- en pasgeborene zijn de veiligheidsgrenzen, waarbinnen de endotracheale beademingsbuis zich mag verplaatsen, opvallend nauw.
- * Gegevens over trachealengte bij het zeer jonge kind op basis van de leeftijd moeten als obsoleet worden beschouwd.

HOOFDSTUK 7

Samenvatting

Problemen bij het verkrijgen van de optimale intubatiediepte bij het zeer jonge kind, met een lichaamsgewicht van minder dan 6 kilogrammen, waren de aanleiding tot dit onderzoek.

Bij praematuren en pasgeborenen met ademhalingsproblemen is een optimale beademing een conditio sine qua non. De kwaliteit van deze beademing en dus van de oxygenatie, is vaak bepalend voor de toekomstige cerebrale kwaliteit van het kind. Centraal in deze problematiek is een perfect geplaatste endotracheale tube.

De literatuurstudie bracht aan het licht dat op vele en gevarieerde wijzen verschillende aspecten van de trachea, waaronder ook de lengte, in het verleden reeds onderzocht waren.

Uit de literatuur bleek dat de trachealengte vrijwel uitsluitend op overleden kinderen was gemeten. Slechts in twee studies, beide uit The Hospital For Sick Children Toronto, werden aanknopingspunten voor dit onderzoek gevonden.

Teneinde tot een juiste intubatiediepte te komen, was eerst bepaling nodig van de trachealengte, in dit onderzoek de afstand tussen de glottis enerzijds en de hoofdcarina anderzijds.

Bij 51 kinderen met een lichaamsgewicht van minder dan 6 kilogrammen (1300-6000 gr) werd tijdens bronchoscopie onder algehele anesthesie met volledige spierverslapping deze afstand gemeten. Met behulp van viltstiftmarkering werden respectievelijk de carina en de glottis gemerkt op de schacht van de bronchoscoop. Een relatie werd gelegd met het lichaamsgewicht, de leeftijd in kalenderdagen, zwangerschapsduur, de conceptual age en het geboortegewicht. Het lichaams-

gewicht werd tenslotte gekozen als referentiepunt aangezien het gemakkelijk, nauwkeurig en betrouwbaar te meten is. Het lichaamsgewicht bleek daarbij een goede correlatie te vertonen met de tracheaalengte.

De tracheaalengten verkregen in dit onderzoek blijken veel korter te zijn dan de meetresultaten verkregen op identieke wijze in Toronto. Een aantal oorzaken hiervan werden uitgesloten door nader onderzoek. De maturiteit van de patiënten was een niet meer te achterhalen factor.

Teneinde de invloed van de ademhalingsbeweging te bestuderen werd de tracheaalengte (glottis-carina) eveneens gemeten bij rhesusapen onder algehele anesthesie met behoud van spontane ademhaling en in apnoe. Tevens werden deze zelfde metingen bij de rhesusapen verricht door twee onderzoekers (Prof.dr. B. Smalhout en A.E.E. Meursing) met het oogmerk eventuele verschillen in meetresultaten bij verschillende onderzoekers waar te nemen. Deze konden niet worden aangetoond.

In hoofdstuk 5 werd de invloed van roterende bewegingen van het hoofd op de positie van de endotracheale tube bestudeerd. Het bleek dat de endotracheale tube bij het naar links en naar rechts bewegen van het hoofd na endotracheale intubatie verplaatst werd over een afstand van maximaal 14 mm. Dit werd gemeten op voorachterwaartse röntgenfoto's, gemaakt bij 19 kinderen onmiddellijk na de endotracheale intubatie en in vergelijking met eenzelfde foto waarbij het hoofd in de neutrale positie lag.

Tenslotte werden alle mogelijke invloeden op de meetresultaten besproken in hoofdstuk 6:

- meetfouten
- neuromusculaire relaxatie
- inhalatieanestheticum
- physiologie
- pathologie

SUMMARY

The problems encountered in determining the appropriate depth of intubation in the infant of less than 6 kg, provided the incentive to undertake this study.

In premature and term neonates suffering from respiratory distress, optimal ventilation is essential. The quality of ventilation and thus of oxygenation, often determines the quality of future cerebral function of the infant. A perfectly placed endotracheal tube is of the utmost importance.

An extensive review of the literature revealed that the various aspects concerning infant trachea, including its length, have been studied in a wide variety of ways. The literature also showed that in almost all instances, where tracheal length had been measured, the measurements were performed on postmortem specimens. However two studies from The Hospital for Sick Children (Toronto, Canada) were undertaken using similar methods to those in this study.

In order to establish the correct depth of intubation it is necessary to determine the length of the trachea. Tracheal length in this study is defined as the distance between the vocal cords and the carina. The distance from glottis to carina was measured in 51 infants with a bodyweight of less than 6 kg (1300-6000 gm). This was achieved during the course of bronchoscopy under general anaesthesia with full muscle relaxation. The method was to place the tip of the bronchoscope first at the carina and then to withdraw it to the level of the glottis. The bronchoscope was marked at the level of the upper gum when the tip was in each of the 2 positions. The distance between these marks was taken as the length of the trachea. Ten measurements in these small children were recorded in the Childrens Hospital Utrecht by Prof.Dr.

B. Smalhout, maintaining spontaneous respiration. Here local anaesthesia was added to the general anaesthesia. The results of his measurements were included in the graph (pag. 49). From this graph it is obvious, that there is no significant difference between measurements obtained with full muscle relaxation or with maintenance of spontaneous respiration.

The measurements were related to:

bodyweight

gestational age

postnatal age

birth weight.

conceptual age

The best correlation was found to be between tracheal length and bodyweight from which the following linear regression formulae were compiled with confidence limits of 50 %:

$$\text{tracheal length (mm)} = 35.0 + 4.7 \times \text{bodyweight (kg)}$$

and

$$\text{tracheal length (mm)} = 18.0 + 4.7 \times \text{bodyweight (kg)}$$

with confidence limits of 99.5 %.

The results of this study (Sophia Children's Hospital) are strikingly different from those of the Toronto study in that the length measured in our patients was as much as 20 mm shorter. A possible reason for this difference is that the degree of maturity in the 2 series was different.

To exclude the influence of the respiration on the length of the tracheobronchial tree experimental work was undertaken in the Primate centre TNO Rijswijk Delft. Literature showed that measurements of tracheal length in the rhesusmonkey are comparable to those of the human individual (Taylor et al 1976, Strumpf et al 1976, Schneider

and Raade 1980). Data were obtained from 6 rhesus monkeys (pag.60+61) under general anaesthesia (Nitrous oxide, oxygen and halothane) with spraying of the respiratory tract (lignocaine). Two investigators performed the same measurements, both with spontaneous respiration and in apnea. No significant differences could be shown.

In Chapter 5 it was shown that with rotational movements of the head the tip of the endotracheal tube moved as much as 14 mm. This was shown radiologically in 19 infants immediately after nasotracheal intubation. Therefore, however precise the knowledge of the end of the endotracheal tube, it is not possible to place the tube in such a way that it will always be in a constant position within the trachea. Factors which might influence the measurement of tracheal length are discussed in Chapter 6:

- * errors in measurement can be caused by inaccurate placing of the tip of the bronchoscope, imprecise marking and reading of the bronchoscopemarks and movement of the head.
 - * the actual length of the trachea may also vary under general anaesthesia with spontaneous respiration and conditions of total muscle relaxation
 - * physiology and pathology of these particular patients (respiratory distress) may also affect the measurement of tracheal length.
- Final conclusions were:
- * the best indication of tracheal length in the very young infant is the bodyweight.
 - * when the technique used in this investigation is adopted, there is no significant variation in results obtained from different investigators. Also no difference could be shown between the results obtained with spontaneous respiration or in apnea.

* rotational movements of the head influence the position of the tip of the endotracheal tube in as far as 14 mm.

LITERATUUR

Abt IA. ed. PEDIATRICS, 8 vol. Philadelphia; Saunders, 1923/1926.

Adriani J, Griggs TS. An Improved Endotracheal Tube for Pediatric Use.
Anesthesiology 1954; 15: 466-470.

Alexopoulos C, Larsson SG, Lindholm GE. Anatomical Shape of the
Airway.
Acta Anaesthesiol Scand 1983; 27: 185-192.

Allen TH, Steven IM. Prolonged Endotracheal Intubation in Infants and
Children.
Br J Anaesth 1965; 37: 566-573.

Alsop AF. Non-kinking Endotracheal Tubes.
Anaesthesia 1955; 10: 401-405.

Altman PL, Gibson JF, Wang CC.
Handbook of Respiration, 1958.
Ed. Dittmer DS and Grebe RM.

Applebaum EL, Bruce DL.
Tracheal Intubation.
Philadelphia: Sauders, 1976.

Ayre P. Anaesthesia for Hare-lip and Cleft Palate Operations on
Babies.
Br J Surg 1937; 97: 131-132.

Bednarek FJ, Kuhns LR. Endotracheal tube placement in infants deter-
mined by suprasternal palpation. A new technique.
Pediatrics 1975; 56 : 224-229.

- Berkovits RNP. Therapeutische laryngo-tracheale intubatie.
Proefschrift Medische Faculteit Rotterdam. 1971.
- Berkovits RNP, Bos CE, Struben WH. Therapeutische nasotracheale intubatie.
Ned Tijdschr Geneesk 1973; 117 : 513-518.
- Blok D. Elektronisch Vadermecum.
Deventer: Kluwer, 1968: 251-254.
- Bosman YK, Foster PA. Endotracheal Intubation and Headposture in Infants.
South African Med J 1977; 52:71-73.
- Brandom BW, Brandom RB, Cook DR.
Uptake and Distribution of Halothane in Infants: In Vivo Measurements and Computer Simulations.
Anesth Anal 1983; 62: 404-410.
- Bouhanna A, Brioude R, Canet J et al. Mesure de la Distance Narine-Carène chez le Nouveau-né.
Arch Fr Pediatr 1972; 29: 233-241.
- Butz RO. Length and Cross-section Growth Pattern in the Human Trachea.
Pediatrics 1968; 42 : 336-341.
- Caisey JD, King DJ. Clinical Chemical Values for Some Common Laboratory Animals.
Clin Chem 1980; 26: 1877-1879.
- Campbell AH. Significant Variations in the Shape of the Trachea and Large Bronchi.
Med J Aust 1967: 1017-1020.

Cauberghs M, van de Woestijne KD. Mechanical Properties of the Upper Airway.

J Appl Physiol 1983; 55: 335-342.

Chodoff P, Helrich M. Factors Affecting Pediatric Endotracheal Tube Size: A Statistical Analysis.

Anesthesiology 1967; 28: 779-781.

Coldiron JS. Estimation of Nasotracheal Tube Length in Neonates.

Pediatrics 1968; 41: 823-828.

Cole F. A New Endotracheal Tube for Infants.

Anesthesiology 1945; 6: 87-88.

Cole F. Ingezonden brief. Anesthesiology, 1953; 14: 506-507.

Cole F. Pediatric Formulas for the Anesthesiologist.

Am J Dis Child; 94: 672-673.

Conrardy PA, Goodman LR, Lainge F, Singer MM. Alteration of Endotracheal Tube Position.

Crit Care Med 1976; 4 : 8-12.

Cozamitis DA. Acute Pulmonary Oedema Due to Laryngeal Spasm.

Anaesthesia 1982; 37: 1198-1199.

Croteau JR, Cook CD. Volume-pressure and Length-tension Measurements in human Tracheal and Bronchial Segments.

J Appl Physiol 1961; 16 : 170-172.

Cudmore RE, Emery JL, Mithal A. Postnatal Growth of the Human Bronchi and Bronchioles.

Arch Dis Child 1962; 37: 481-484.

- Curran JE, Doust BD, Doust VL. The Length of the Upper Airway in Infants and Neonates.
Australas Radiol 1975; 19: 161-163.
- Dawes GS, Mott JC, Widdicombe JG, Wyatt DG. Changes in the Lungs in the Newborn Lamb.
J Physiol (Lond) 1953; 121: 141-162.
- Dawes GS, Comroe JH. Chemoreflexes from the Heart and Lungs.
Physiol Rev 1954; 34: 167-201.
- Dawes GS, Mott JC, Widdicombe JG. Closure of the Foramen Ovale in Newborn Lambs.
J Physiol 1955; 128: 384-395.
- Dawes GS. The Umbilical Circulation.
Am J Obstet & Gynecol 1962; 84: 1634-1648.
- Dawes GS. Foetal and Neonatal Physiology: A Comparative study of the Change at Birth.
Year Book Medical Publ, 1968: 128-129.
- Dawes GS. Foetal Blood-gas Homeostasis During Development.
Proc Roy Soc Med 1968; 61: 1227-1231.
- Donaldson SW, Tompsett AC. Tracheal Diameter in the Normal Newborn Infant.
Am J Roentgenol 1952; 67: 785-787.
- Eckenhoff JE. Some Anatomic Considerations of the Infant Larynx Influencing Endotracheal Anesthesia.
Anesthesiology 1951; 12: 401-410.

Engel S. Form, Lage und Lageveränderungen des Bronchialbaumes im Kindesalter.

Arch Kinderheilkd 1913; 9: 267-288.

Engel S. The Child's Lung. Developmental Anatomy, Physiology and Pathology.

London: Edward Arnold, 1947.

Fearon B, MacDonald RE, Smith C, Mitchell D. Airway Problems in Children Following Prolonged Endotracheal Intubation.

Ann Otol Rhinol and Laryngol 1966; 75: 975-986.

Fearon B, Whalen JS. Tracheal Dimensions in the Living Infant.

Ann Otol Rhinol and Laryngol 1967; 76: 964-974.

Fishman RA, Pashley NRT. A Study on the Premature Neonatal Airway.

Otolaryngol Head Neck Surg 1981; 89: 604-607.

Fraser RG. Measurements of the Calibre of Human Bronchi in Three Phases of Respiration by Cinebronchography.

J Can Assoc Radiol 1961; 12: 102-112.

Fredberg JJ, Wohl MEB, Glass GM, Dorkin HL. Airway Area by Acoustic Reflections Measured at the Mouth.

J Appl Physiol 1980; 48: 749-758.

Foote JA. Respiratory Diseases: The Trachea.

in Abt IA, ed. Pediatrics vol 3. Philadelphia; Saunders, 1924: 864-874.

Galvis AG. Modified Endotracheal Tube for Airway Management of Children with Facial Burns.

Anesth Analg 1981; 60: 116-117.

- Ganong WF. Review of Medical Physiology. 7nd edition.
Los Allos; Lange, 1975: 474-486.
- Goodall EW. The Story of Tracheotomy.
Br J Child Dis 1934; 31: 167-176 (a).
- Goodall EW. The Story of Tracheotomy.
Br J Child Dis 1934; 31: 253-272 (b).
- Gregory GA, Eger EI, Munson ES.
The Relationship between Age and Halothane Requirement in Man.
Anesthesiology 1969; 30: 488-491.
- Gregory GA. Respiratory Failure in the Child.
New York, Churchill Livingstone, 1981.
- Gregory GA, Wade JG, Biehl DR, Ong BY, Sitar DS.
Fetal Anesthetic Requirement (MAC) for Halothane.
Anesth Analg 1983; 62: 9-14.
- Gregory GA. Pediatric Anesthesia. Chapter 37: 1197-1198.
Ed. Miller RD, Churchill Livingstone.
- Guyton AC. Textbook of Medical Physiology, 1976: 524 e.v.
Ed. W.B. Saunders Comp.
- haddad GG, Lellius RB. Hypoxia and Respiratory Control in Early Life.
Annu Rev Physiol 1984; 46: 629-643.
- Hall JE. The Physiology of Respiration in Infants and Young Children.
Proc R Soc Med 1955; 48: 761-764.
- Hamilton WK, Stevens WC. Malpositioning of Endotracheal Catheters.
JAMA 1966; 198: 187.

- Harding R. Function of the Larynx in the Fetus and Newborn.
Annu Rev Physiol 1984; 46: 645-659.
- Hartung W, Düweling A. Histomechanische Messungen an Menschlichen Leichentracheen.
Med Thorac 1964; 21: 257-274.
- Hatch DJ. Prolonged Nasotracheal Intubation in Infants and Children.
The Lancet 1968; 1: 1272-1275.
- Heinonen J, Takki S, Tammisto T. Effect of the Trendelenburg Tilt and Other Procedures on the Position of Endotracheal Tubes.
The Lancet 1969; 1: 850-853.
- Herholdt JD, Rafn CG. An Attempt at an Historical Survey of Life-saving Measures for Drowning Persons and Information of the Best Means by Which They can Again Be Brought Back to Life 1796.
Reprinted: Copenhagen; Aarhus, 1960.
- Holinger PH, Johnston KC. Tracheostomy in Pediatric Surgery.
Chicago Year Book Medical Publishers Inc., 1962: 208-213.
- Ishizaka K, Matsudaira M, Kaneko T. Input Acoustic-impedance Measurements of the Subglottal System.
J Acoust Soc Am 1976; 60: 190-197.
- Jackson C. Tracheobronchoscopy, Esophagoscopy and Gastroscopy.
St. Louis; The Laryngoscope Co, 1907: 65.
- Jackson C. Tracheotomy.
Laryngoscope, 1909; 19: 285-290.
- James CDT. Sir William Macewen and Anaesthesia.
Anaesthesia 1974; 29: 743-753.

- Jonge H de. Inleiding tot de Medische Statistiek, deel 2.
Wolters Noordhoff NV Groningen, 1964.
- Keep PJ, Manford MLM. Endotracheal Tube Sizes for Children.
Anaesthesia 1974; 29: 181-185.
- Keuskamp DHG. Wechseldrukbeatmung beim Kleinkind und Säugling Mittels
eines Modifizierten Ayreschen T-Verbindungsstückes.
Anaesthesist, 1963 (a); 12: 7-12.
- Keuskamp DHG. Automatic Ventilation in Paediatric Anaesthesia Using a
Modified Ayre's T-piece with Negative Pressure During
Expiratory Phase.
Anaesthesia, 1963 (b); 18: 46-56.
- Klaus MH, Fanaroff AA. Care of the High Risk Neonate. 2nd ed.
Philadelphia, Saunders; 1979: 205-223.
- Koike S. Ueber die Elastischen Systeme des Tracheobronchialbaumes.
Arch Laryngol 1913; 27: 226-288.
- Koster RW, van Montfrans GA. De Dokter, de Dissertatie en de Tekstver-
werker.
Ned Tijdschr Geneeskd 1985; 129: 351-352.
- Kuhns LR, Poznanski AK. Endotracheal Tubeposition in the Infant.
J Pediatr 1971; 78: 991-996.
- Landing BH. Congenital Malformations and Genetic Disorders of the
Respiratory Tract.
Am Rev Respir Dis 1979; 120: 151-185.
- Lehane JR. Assessment of Pulmonary Airway Calibre.
Br J Anaesth 1982; 54: 751-761.

- Leigh MD, Belton MK. Pediatric Anesthesia.
New York, Macmillan 1948: 84-85.
- Leith DE. Mammalian Tracheal Dimensions: Scaling and Physiology.
Am Physiol Soc 1983: 196-200.
- Lerman J, Robinson S, Willis MM, Gregory GA.
Anesthetic Requirements for Halothane in Young Children 0-1
Months and 1-6 Months of Age.
Anesthesiology 1983; 59: A 446.
- Levin J. Endotracheal Tubes in Children.
Anaesthesia 1958; 13: 40-42.
- Liddelow AG. Significant Variations in the Shape of the Trachea and
Large Bronchi.
Med J Austr 1967; 54: 1017-1020.
- Liu FS, Li CH, Ch'en TF et al. Measurements of the Tracheobronchial
Tree in 650 Chinese.
Chin Med J 1964; 83: 331-333.
- Lodge D. A Survey of Tracheal Dimensions in Horses and Cattle in
Relation to Endotracheal Tube Size.
Vet Rec 1969; 85: 300-303.
- Loew A, Thibeault DW. A New and Safe Method to Control the Depth of
Endotracheal Intubation in Neonates.
Pediatrics 1974; 54: 506-508.
- Lomholt N, Borgeskov S, Kirkby B. A New Tracheostomy Study.
Acta Anaesthesiol Scand, 1981; 25: 407-411.
- Lubchenco LO, Hansman C, Dressler M, Boyd E.
Intrauterine Growth as Estimated From Liveborn Birth-weight
Data at 24 to 42 Weeks of Gestation.
Pediatrics 1963; 32: 793-800.

Lubchenco LO, Hansman C, Boyd E. Intrauterine Growth in Length and Head Circumference as Estimated From Live Births at Gestational Age from 26 to 42 Weeks.
Pediatrics 1966; 37: 403-408.

Lyons AS, Petrucelli RJ. De Geschiedenis van de Geneeskunde.
Standaard uitg. Antwerpen-Amsterdam, 1981 (a): 416-417.

Lyons AS, Petrucelli RJ. De Geschiedenis van de Geneeskunde.
Standaard uitg. Antwerpen-Amsterdam, 1981 (b): 497-547.

Macewen W. Introduction of Tracheal Tubes by the Mouth Instead of Performing Tracheotomy or Laryngotomy.
Br Med J 1880 (a): 122-124.

Macewen W. Introduction of Tracheal Tubes by the Mouth Instead of Performing Tracheotomy or Laryngotomy.
Br Med J 1880 (b): 163-165.

Mackenzie CF, Shin B, Whitley N, Schellinger D.
The Relationship of Human Tracheal Size to Body Habitus.
Anesthesiology, 1979; 51: S 378.

Matilla MAK, Heikel PE, Suutarinen T, Lindfors EL.
Estimation of a Suitable Nasotracheal Tube Length for Infants and Children.
Acta Anaesth. Scand., 1971; 15: 239-246.

McIntyre JWR. Endotracheal Tubes for Children.
Anaesthesia 1957; 12: 94-96.

Mettau JW. Persoonlijke communicatie, 1984.

- Miller AJ, Vargervik K. Neuromuscular Adaptation in Experimentally Induced Oral Respiration in the Rhesus Monkey.
Arch Oral Biol 1980; 25: 579-589.
- Mirakhur RK. Bradycardia with Laryngeal Sprayin in Children.
Acta Anaesth Scand 1982; 26: 130-132.
- Morgan GAR, Steward DJ. Linear Airway Dimensions in Children: Including those with Cleft Palate.
Can Anaesth Soc J 1982; 29: 1-8.
- Morgan GAR, Steward DJ. A Pre-formed Paediatric Orotracheal Tube Design Based on Anatomical Measurements.
Can Anaesth Soc J 1982; 29: 9-11.
- Mortola JP, Fisher JT. Comparative Morphology of the Trachea in Newborn Mammals.
Resp Physiol 1980; 39: 297-302.
- Mostafa SM. Variation in Subglottic Size in Children.
Proc R Soc Med 1976; 69: 43-45.
- Muggenburg BA, Hahn FF, Bowen JA, et al. Flexible Fiber Optic Bronchoscopy of Chimpansees.
Lab Anim Sci 1982; 32: 534-537.
- Neal WA, Reynolds JW, Jarvis CW, Williams HJ. Umbilical Catheterization: Demonstration of Arterial Thrombosis by Aortography.
Pediatrics 1972; 50: 6-13.
- Nunn JF. Applied Respiratory Physiology, 2nd ed London;
Ed. Butterworth 1977.
- O'Dwyer J. Intubation of the Larynx.
NY Med Journ 1885; 42: 145-147.

Oppikofer E. Paraffin-Wachsausgüsse von Larynx und Trachea bei Strumöser Bevölkerung.
Arch Laryngol 1912; 26: 399-418.

Oswalt CE. Pulmonary Edema as a Complication of Acute Airway Obstruction.
JAMA 1977; 238: 1833-1835.

Passavant G. Der Luftröhrenschnitt bei Diphtherischen Croup.
Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, 1884; 20: 35-73.

Philippart AI, Sarnaik AP, Belenky WM. Respiratory Support in Pediatric Surgery.
Surg Clin North Am 1980; 60: 1519-1532.

Polgar G, Weng TR. The Functional Development of the Respiratory System.
Am Rev Respir Dis 1979; 120: 625-695.

Pollak K. Oude Geneeskunst.
Staflou's Wetensch uitg mij nv, Leiden, 1970: 16, 168, 219.

Proctor DF. The Upper Airways.
Am Rev Respir Dis 1977; 115: 315-342.

Rees GJ. Anaesthesia in the Newborn.
Br Med J 1950; 2:1419-1422.

Rees GJ, Owen Thomas JB. A Technique of Pulmonary Ventilation With a Nasotracheal Tube.
Br J Anaesth 1966; 38: 901-906.

Rees GJ, Stead AL, Bush GH, Jones RS.
Intensive Therapy in Paediatrics.
Br Med J 1966; 2: 1611-1616.

Resuscitation, A Historical Perspective. A Catalogue of an Exhibit at The Annual Meeting of the American Society of Anaesthesiologists in San Francisco, October 11-13, 1976.

Ring Wh, Adair JC, Elwyn RA. A New Pediatric Endotracheal Tube. *Anesth Analg* 1975; 54: 273-274.

Rosenblum IY, Coulston F. Normal Range and Longitudinal Blood Chemistry and Hematology Values in Juvenile and Adult Rhesus Monkeys (*Maccaca mulatta*). *Environ Safety* 1981; 5: 401-411.

Rudolph AM, Drorbaugh JE, Auld PAM, et al. Studies on the Circulation in the Neonatal Period. The Circulation in the Respiratory Distress Syndrome. *Pediatrics* 1961; 27: 551-566.

Rudolph AM, Yuan S. Response of the Pulmonary Vasculature to Hypoxia and H^+ Ion Concentration Changes. *J Clin Invest* 1966; 45: 399-411.

Rudolph AM. The Changes in the Circulation After Birth. Their Importance in Congenital Heart Disease. *Circulation* 1970; 41: 343-359.

Ryland F. A Treatise on the Disease and Injuries of the Larynx and Trachea. Philadelphia; Carey and Hart, 1841: 228-230.

Sant'Ambrogio G, Mortola JP, Sant'Ambrogio FB. Response of Tracheal Slowly Adapting Stretch Receptors to Longitudinale Forces. *Respir Physiol* 1980; 41: 323-332.

Scammon RE. A Summary of the Anatomy of the Infant and Child: The Trachea.

In: Abt IA, ed. Pediatrics, vol. 1. Philadelphia; Saunders 1923: 344-348.

Scanlon JW. Rapid Maneuvers to Determine Location of Endotracheal Tube in Newborn Infants.

J Pediatr 1973; 82: 1091-1099.

Schellinger RR. The Length of the Airway to the Bifurcation of the Trachea.

Anesthesiology 1964; 25: 169-172.

Schreider JP, Raabe OG. Replica Casts of the Entire Respiratory Airways of Experimental Animals.

J Environ Pathol Toxicol 1980; 4: 427-435.

Scurr C, Feldman S. Scientific Foundations of Anaesthesia. 3rd ed.

London; Heinemann, 1982: 40-52.

Severinghaus JW, Bradley AF. Electrodes for Blood $p\text{CO}_2$ and $p\text{O}_2$ Determination.

J Appl Physiol 1958; 13: 515-520.

Severinghaus JW. Electrodes for Blood and $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ and Blood pH.

Acta Anaesthesiol Scand 1962; Suppl 11: 207-220.

Severinghaus JW, Stafford M, Bradley AF. tcP_{CO_2} Electrode Design, Calibration and Temperature Gradient Problems.

Acta Anaesthesiol Scand 1978; Suppl 68: 118-122.

Severinghaus JW. A Combined Transcutaneous P_{O_2} - P_{CO_2} Electrode With Electrochemical HCO_3 Stabilization.

Am Physiol Soc 1981:1027-1032.

Slater HM, Sheridan CA, Fergusson RH. Endotracheal Tube Sizes for Infants and Children.
Anesthesiology 1955; 16: 950-952.

Smalhout B, Hill-Vaughan AB. The Suffocating Child: Bronchoscopy, A Guide to Diagnosis and Treatment.
Boehringer Ingelheim, Postgraduate Medical Services, 1979.

Smalhout B. Over Enkele Levensbedreigende Luchtwegobstructies in de Anesthesiologische Praktijk.
Arts & Wereld, 1984: 7-15.

Smith RM. The Prevention of Tracheitis in Children Following Endotracheal Anesthesia.
Anaest Analg 1953; 32: 102-112.

Smith RM. Diagnosis and Treatment: Nasotracheal Intubation as a Substitute for Tracheostomy.
Pediatrics 1966; 38: 652-654.

Smith RM. Anesthesia for Infants and Children. 3rd ed. Saint Louis Mosby 1968 (a): 158.

Smith RM. Anesthesia for Infants and Children. 3rd ed. Saint Louis Mosby 1968 (b): 173-174.

Spalteholz W. Spanner R. Handatlas der Anatomie des Menschen, 1970: 16 Auflage: Uitg. Scheltema en Holkema nv Amsterdam: 235.

Strumpf IJ, Backer JD, Gadek JE, et al. Flexible Fiberoptic Bronchoscopy of the Rhesus Monkey.
Lab Anim Sci 1979; 29: 785-789.

- Swyer P. Special Physiological and Physiopathological Considerations Relevant to Intensive Care in the Newborn. In: Jones RS, Owen-Thomas JB, eds. Care of the Critically Ill Child. London; Edward Arnold, 1971: 142-161.
- Taylor EM, Sutton D, Lindeman RC. Dimensions of the Infant Monkey Upper Airway. Growth 1976; 40: 69-74.
- Teijen HJ. Respiration and Ventilation of Infants During Endotracheal Anaesthesia. Proefschrift. Katholieke Universiteit Nijmegen, 1971.
- Tochen ML. Orotracheal Intubation in the Newborn Infant: A Method for Determining Depth of Tube Insertion. J Pediatrics 1979; 95: 1050-1051.
- Todres DI, de Bros F, Kramer SS, Moylan FMB, Shannon DC. Endotracheal Tube Displacement in the Newborn Infant. J Pediatrics 1976; 89: 126-127.
- Travis KW. Pulmonary Edema Associated with Croup and Epiglottitis. Pediatrics 1977; 59: 695-698.
- Tucker JA, Tucker GF. Some Aspects of Fetal Laryngeal Development. Ann Otol Rhinol Laryngol 1975; 84: 49-55.
- Vickery M, Burton GW. Throat Packs for Surgery. Anaesthesia 1977; 32:565-572.
- Wailoo M, Emery JL. Structure of the Membranous Trachea in Children. Acta Anat 1980; 106: 254-261.

- Warfel KA. Agenesis of the Trachea.
Arch Pathol Lab Med 1976; 100: 357-359.
- Watson JW, Gillespie JR. The Effect of Body Position on Lung Volumes in Monkeys.
Dept. of Fysiological Science, University of California,
abstract.
Fed Proc 1980; 39: 277.
- Weller W. Normwerte von Rhesusaffen bei Langfristiger Kontrollierter Haltung.
Z Versuchstierkd 1981; 23: 30-41.
- Wittenborg MH, Gyepes MT, Crocker D. Tracheal Dynamics in Infants with Respiratory Distress, Stridor, and Collapsing Trachea.
Radiology 1967; 88: 653-662.
- Woodrum DE, Standaert TA, Mayock DE, et al. Hypoxic Ventilatory Response in the Newborn Monkey.
Pediatr Res 1981; 15: 367-370.
- Zulliger JJ. Assessment of Intubation in Croup and Epiglottitis.
Ann Otol Rhinol Laryngol 1982; 91: 403-406.

NASCHRIFT

Mijn dank gaat uit naar allen die met mij hebben meegewerkt aan en meegeléefd met het onderzoek en de voltooiing ervan, neergelegd in dit proefschrift.

Enkelen van deze wil ik in deze pagina's persoonlijk vermelden:

* Prof.Dr. W. Erdmann, hooggeleerde promotor. Dit naschrift biedt mij de welkome gelegenheid U te danken voor het vertrouwen dat U in mij heeft gesteld, toen U mij met de leiding van de subafdeling kinderanesthesiologie belastte. Eerst nu ik zelf verantwoordelijk ben voor een onderdeel van het grote Academische Anesthesiologiebedrijf van Rotterdam, heb ik leren beseffen hoe moeilijk Uw taak moet zijn. Om deze grote, over de stad verspreide afdeling te integreren tot een eenheid is een zware taak, die hoge eisen stelt aan Uw vakkenis, Uw wetenschappelijke gaven en Uw privéleven. U legde voor mij de basis van de internationale contacten. U hebt bij mij de wetenschappelijke belangstelling doen opbloeien en laten groeien.

* Prof.Dr. B. Smalhout, hooggeleerde co-promotor. U, die als eerste Nederlandse anesthesioloog als routine bronchoscopieën verrichtte bij kleine kinderen, en dit ook in woord en beeld vastlegde, ben ik buitengewoon erkentelijk. Uw talenten op het gebied van de journalistiek, zowel in beeld als in taal, en Uw grote kennis en vaardigheid in de klinische geneeskunde, die bij U nog altijd de voornaamste plaats innemen, hebben in belangrijke mate een bijdrage geleverd aan het verrichten van dit onderzoek en de beschrijving, neergelegd in dit proefschrift. Met plezier en zweet bracht ik vele uren en dagen in Delft en Utrecht met U door. De uren, besteed aan discussies over niet- geneeskundige onderwerpen, blijven voor mij onvergetelijk.

- * Gordon Jackson Rees legde de basis voor de huidig uitgeoefende kinderanesthesie in de wereld. Om nog steeds onopgehelderde redenen gelukte het ons hem over te halen een jaar in Rotterdam door te brengen. Zijn inbreng, opbouwende kritiek en onvergetelijke positieve instelling zijn voor mij bij het bewerken van dit proefschrift doorslaggevend geweest. Op mijn visie in de anesthesiologie heeft hij een onuitwisbare indruk achter gelaten.

- * Door Prof.R.van Strik kreeg ik nōg meer waardering voor de medische statistiek. Ik observeerde met verbazing onder uw inspirerende leiding hoe medici met hun gegevens omgaan.

- * Mijn erkentelijkheid en waardering voor mijn ouders is groot. Echter, een speciale plaats in dit naschrift verdient mijn moeder, zonder wiens stimulerende woorden en daden dit proefschrift nog vele jaren niet afgerond zou zijn.

- * Jan Pieter Molenaar, chirurg, voormalig leermeester, ben ik erkentelijk, omdat hij mij de weg wees naar de anesthesiologie en van geen tegenspraak wilde horen. Dit richting aangeven is voor mij van onschatbare waarde geweest.

- * De directie SKZ/AZR dank ik in de persoon van drs. H. van Giffen, medisch directeur. Hij bood mij, nāāst de mogelijkheid een academische kinderanesthesiologische afdeling op te bouwen, immer morele steun in de voltooiing van dit proefschrift.

- * Mijn grote erkentelijkheid gaat uit naar mijn huidige en vroegere collegae in de anesthesie SKZ: H.C. Schippers, N.M. Hilgevoord, E.I. de Stoppelaar, H.J. Manschot, F. Broersma, L. Pfaff, E. Lachitjaran, F. O'Connor, en anderen voor hun niet aflatende, opgewekte, meelevende, toegewijde, ongeduldige, goed- en slecht gehumeurde medewerking aan de bronchoscopiën. Daarnaast zijn de eerste vijf genoemden een niet aflatende steun geweest tijdens het "apenwerk" en het schrijven van deze thesis.

- * Mijn waardering gaat uit naar onze anesthesieverpleegkundigen en assistenten onder leiding van mevr. J.M.H.G. Duijkers, dhr. D. Redjopawiro en dhr.J. van Tilburg voor hun toewijding in het dagelijkse werk, hun accuratesse in de administratie én hun relativerend vermogen.

- * Collega C.E. Bos heeft de aanzet gegeven tot dit onderzoek door mij op een ogenblik bij het zoeken naar intubatiediepte bij deze hele kleine kinderen, het artikel van Fearon en Whalen te geven. Hij stelde voor deze gegevens up to date te brengen en was nadien altijd tot gedachtenwisseling over dit onderwerp bereid. Met veel enthousiasme mat hij voor mij de afstand glottis-carina, evenals zijn collegae P. v.d. Pot, H. Hoeve en E. v.d. Schans, evenals de de arts-assistenten in opleiding voor keel-, neus- en oorheelkunde. C. Dammers, M. Nederveen, N. Verburg en L. Wiegand, de K.N.O.-assistentes zetten met verve viltstiftstrepn op de broncho-scoop.

- * Collega J.C. Hollander (Pathologische Anatomie E.U.R.) was mij behulpzaam bij het meten van de luchtweg bij overleden kinderen.

- * Dr. M. Meradji met zijn hoofdlaboranten mevrouw M. v.d. Boon en de heer M. Bonefaas droegen zorg voor het maken en beoordelen van de röntgenfoto's. Mijn bewondering spreek ik uit voor het feit, dat U allen naast een drukke dagtaak tijd vond mij behulpzaam te zijn bij dit onderdeel van mijn proefschrift.

- * Met plezier en een beetje angst voor de apen begaf ik mij naar het Primatencentrum TNO Rijswijk. De apenexpert H. Wiersema, leerde mij met de apen omgaan en bracht mij de beginselen van diergeneeskunde bij, immer gespekt met filosofische beschouwingen. Dr. A. van Es hield de wetenschappelijke vinger aan de pols. Th. van Schie heeft het mij, dankzij een soepele regeling mogelijk gemaakt de metingen bij de kostbare dieren te verrichten.

- * De medewerkers van het Medisch Archief SKZ dank ik in de persoon van de heer E. Ronda voor hun altijd opgewekte bereidheid wéér een stapel statussen voor mij te voorschijn te halen.

- * J. de Kuyper, H. Versprille, E. Hinderdael, B. van Royen en A. Moerman van de Audio Visuele Dienst ben ik erkentelijk voor de hulp bij het vervaardigen van de voorplaat, tabellen, figuren en foto's. Het is een genoegen met jullie samen te werken.

- * Mevr. E.A.D.M. Nelemans-v.d. Broek dank ik voor haar hulp bij het aanvragen, sorteren en rangschikken van de benodigde literatuur.

- * Mijn goede vrienden dank ik voor hun geduld toch maar weer te bellen of te komen. E.A.H. Masselink, R.H.W.M. van den Hoogen en G. van hof dank ik met name voor hun bijdragen aan dit boekwerk.

- * Voor Jacqueline Aukes-Jager, onze afdelingssecretaresse, schieten, zoals velen weten, woorden tekort. Dit proefschrift was zonder jou en de steun van je echtgenoot Carel niet verschenen. Ontelbaar zijn de uren van jullie privéleven die in dit proefschrift zijn verdwenen. Ik spreek naast mijn bewondering, tevens mijn waardering en oprechte dank uit voor je niet aflatende opgewektheid en het vertrouwen dat het ééns klaar zou komen.

- * Prof.Dr. B. Smalhout wordt in het Instituut voor Anaesthesiologie te Utrecht gesteund door een geweldige staf. Met name noem ik hier mevr. W. Engel, dhr. J. Ouwerkerk en dhr.C. Timmers.
Het is nu eenmaal niet mogelijk een ieder met name te noemen maar gedurende maanden stond de Hoogleraar van dit Instituut op de dinsdagochtend niet ter beschikking van de eigen afdeling. Ik heb dit zeer gewaardeerd.

helaas is het onvermijdelijk dat in een dankwoord toch mensen vergeten worden. Hiervoor bied ik bij deze mijn oprechte verontschuldigen aan en hoop dat u deze wilt aanvaarden.

CURRICULUM VITAE

Anneke E.E. Meursing werd op 15 mei 1946 in Den Haag geboren.

Haar jeugd bracht zij gedeeltelijk in Amsterdam, gedeeltelijk in Rotterdam door, alwaar zij in 1964 het eindexamen gymnasium alpha behaalde aan het Gymnasium Erasmianum.

De studie geneeskunde werd gevolgd aan de Rijks Universiteit te Leiden en op 19 januari 1973 afgesloten met het behalen van het artsexamen. Een studentenassistentenschap gastro-enterologie werd vervuld van 1968 tot 1970 (Prof.Dr. A.J.Ch. Haex).

Nadat de benodigde voorbereidende arts-assistentenschappen en de algemene tropencursus waren gevolgd, bracht zij 2 jaar door als algemeen arts (MEMISA) in Uganda (Nkozi en Rubaga Hospital).

Na een jaar interne geneeskunde en chirurgie in het Diaconessenhuis te Leiden werd zij van 1977 tot 1980 opgeleid tot anesthesiologe door Prof.Dr. Joh. Spierdijk en medewerkers, Academisch Ziekenhuis Leiden. Op 16 december 1980 volgde inschrijving in het Specialisten Register van de Koninklijke Nederlandse Maatschappij tot Bevordering der Geneeskunde.

Sinds 1 april 1981 is zij werkzaam in het SKZ/AZR op de subafdeling kinderanesthesiologie. Sinds 1 januari 1982 is zij hoofd van deze subafdeling.

De auteur bekleedt daarnaast de volgende functies:

- * Voorzitter van de sectie Kinderanesthesiologie van de Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie.
- * Secretaris van het Bestuur der Nederlandse Vereniging van Anesthesiologie.
- * Lid van het 'Committee on Paediatric Anaesthesia of the World Federation of Societies of Anesthesiologists'.
- * Lid van het Bestuur der 'Association of Paediatric Anaesthetists of Great Britain and Ireland'.

The road to wisdom?-well , it's plain and simple to express:
Err and err and err again , but less and less and less.
Piet Hein.