

Lungenfunktionsdiagnostik im Kleinkindesalter

J. H. Wildhaber^a, U. Frey^b

Einführung

Respiratorische Symptome sind die häufigsten Krankheitsmanifestationen im Kleinkindesalter. Zudem beginnen viele chronische Lungenerkrankungen, wie zum Beispiel das Asthma bronchiale oder die zystische Fibrose bereits früh in der Kindheit. Die immunmodulatorischen oder infektiös ausgelösten Entzündungsvorgänge können zu chronischen Umbauveränderungen führen, welche ihrerseits meist irreversibel sind. Aufgrund dieses bereits frühkindlich beginnenden Krankheitsprozesses

Abbildung 1.

Lungenfunktionsgerät Exhalyzer (Ecomedics, Dürnten) für Kleinkinder.



wäre eine frühzeitige Diagnosestellung sowie eine regelmässige Therapiekontrolle des Krankheitsverlaufs für die Vermeidung von sowohl kurzfristigen als auch langzeitlichen pulmonalen Schäden äusserst wichtig. Die Lunge eines Kleinkindes erfährt in den ersten Monaten riesige Entwicklungen. So sind zum Beispiel bei Geburt noch fast keine Alveolen vorhanden. Äussere Einflüsse, wie Passivrauchen oder auch Medikamente (Steroide) können diese Lungenentwicklung beeinflussen und somit bereits frühkindlich bleibende pulmonale Schäden setzen. Noxen sollten deshalb im Kleinkindesalter vermieden werden und Medikamente nur nach genauer Diagnosenstellung bewusst eingesetzt werden.

Die Lungenfunktionsprüfung zur Diagnosenstellung und zur Verlaufsüberwachung respiratorischer Krankheiten ist sowohl bei Erwachsenen als auch beim älteren Kind ein wichtiges Instrument zur Objektivierung von respiratorischen Erkrankungen. Im Vordergrund stehen dabei Messungen, die Hinweise auf eine obstruktive (forcierte expiratorische Atemmanöver, Atemwegswiderstandsmessungen) mit pulmonaler Überblähung (Lungenvolumen) und/oder restriktive (Lungenvolumina, Lungenelastizitätsmessungen) Ventilationsstörung geben. Aufgrund von Kooperationsproblemen bei Kleinkindern sind diese standardisierten Untersuchungen bei Kindern schwierig oder gar nicht möglich.

Seit September 1999 entwickeln wir unter dem Namen der «Swiss Paediatric Respiratory Physiology Research Group» in enger Zusammenarbeit mit der Firma Ecomedics in Dürnten ein Lungenfunktionsgerät für Kleinkinder und untersuchen mit diesem Gerät obstruktive und restriktive Ventilationsstörungen in dieser Altersgruppe (Abb. 1).

Aktuelle Forschung

Bei älteren Kindern und im Erwachsenenalter wird die Atemwegsobstruktion nach einer maximalen Inspiration bis zur Totalkapazität der Lunge durch eine aktive, forcierte Expiration bis zum Residualvolumen gemessen. Für die Quantifizierung der Obstruktion werden volumenbezogene Messparameter (maximale Flusswerte bei 25%, 50% und 75% der Totalkapazität) und zeitbezogene Parameter (forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde) aus der Flussvolumen- bzw. der Volumenzeitkurve beurteilt. Da dieses Atemmanöver eine Kooperation verlangt, sind diese Untersuchungen normalerweise erst bei Kindern ab dem fünften Lebensjahr möglich.

Basierend auf den Erkenntnissen der forcierten Expiration wurden die sogenannten Thoraxkompressionsmethoden für Kleinkinder ent-

^a Abteilung Pneumologie, Universitäts-Kinderklinik Zürich
Swiss Paediatric Respiratory Physiology Research Group

^b Abteilung Pneumologie, Universitäts-Kinderklinik Bern

www.kinderlunge.ch

Korrespondenz:
Dr. Johannes H. Wildhaber
Universitäts-Kinderklinik Zürich
Steinwiesstrasse 75
CH-8032 Zürich

johannes.wildhaber@kispi.unizh.ch

wickelt. Seit der Erstbeschreibung durch Adler und Wohl (1978) haben sich die Thoraxkompressionsmethoden zur Messung der Obstruktion anhand der Flussvolumenkurve bei Kleinkindern etabliert [1]. Die Thoraxkompressionsmethoden, die bei sedierten Kleinkindern angewendet werden, bedienen sich einer den Thorax umgebenden, aufblasbaren Jacke, welche am Ende einer Inspiration rasch mit Druckluft gefüllt wird und somit zu einer passiven forcierten Expiration führt. Die Weiterentwicklung der primär beschriebenen «Rapid thoracic compression»-Methode führte zur «Raised volume rapid thoracic compression»-Methode. Bei dieser Methode, die erstmals von Turner (1995) beschrieben wurde, wird durch den Einsatz einer Pumpe anschliessend an eine passive Inspiration Luft bis zur Totalkapazität in die Lunge gepumpt und erst anschliessend mittels der Jacke eine forcierte, passive Expiration durchgeführt [2]. Dies erlaubt die Beurteilung der Flussvolumen- und/oder Volumenzeitkurve über einen grösseren Abschnitt. Untersuchungen haben gezeigt, dass mit der «Raised volume rapid thoracic compression»-Methode subjektive, obstruktive Symptome objektiv messbar sind und eine Antwort auf Bronchodilatoren und eine bronchiale Hyperreaktivität gemessen werden können [3, 4]. Neben diesen Techniken gilt heute die Säuglings-Plethysmographie als zuverlässiger und validierter Standard zur Erfassung von Atemwegswiderstandserhöhungen und Lungenvolumina [5]. Diese Technik kann nur beim sedierten Kind durchgeführt werden, hat jedoch den Vorteil, dass Atemwegsdurchgängigkeit und Lungenvolumen gleichzeitig gemessen werden können. Dies ist für Säuglinge besonders wichtig, da Atemwegsdurchgängigkeit stark vom Lungenvolumen abhängig sind.

Neben dieser Technik, die nur beim sedierten Kind durchgeführt werden kann, entwickeln wir auch nicht invasive Methoden zur Erfassung der Atemwegsleitfähigkeit und des Lungenvolumens, die beim nicht sedierten Kind im natürlichen Schlaf auf dem Arm der Mutter durchgeführt werden können. Die für Säuglinge neu entwickelte Interruptionsmethode ergibt auch im ersten Lebensjahr reproduzierbare Messwerte für die Elastizität der Atemwege und den Lungenwiderstand [6, 7]. Die «multi-breath gas washout»-Technik wurde für Säuglinge adaptiert und ermöglicht eine reproduzierbare Erfassung des Lungenvolumens und der Gas-Verteilungsstörungen in der Säuglingslunge [8]. Beide dieser Techniken wurden bei über 60 gesunden Säuglingen im Alter von 4 Wochen in einer grossen prospektiven Studie des Schweizerischen Nationalfonds, die sich mit der Früherkennung des Säuglingsasthmas befasst, verwendet.

Neben den atemmechanischen Veränderungen

der Säuglingslunge interessiert jedoch für die Diagnose des frühkindlichen Asthma bronchiale auch der Entzündungszustand der Atemwege. Von erwachsenen Asthmatikern ist bekannt, dass bei entzündeten Atemwegen in der Ausatemungsluft erhöhte Werte von Stickoxiden (NO) auftreten. Es ist nun erstmals gelungen, bei Säuglingen solche Stickoxidmessungen in der Ausatemungsluft durchzuführen [9–12]. Diese Messungen erlauben möglicherweise in der Zukunft eine genauere Diagnostik des Asthma bronchiale im Kleinkindesalter.

Ausblick

Die Früherkennung von pulmonalen Erkrankungen erlaubt eine frühzeitige Etablierung präventiver und therapeutischer Massnahmen. Häufig zeigen sich im Kleinkindesalter respiratorische Symptome erst, nachdem bereits grosse Veränderungen in der Lungenfunktion vorhanden sind. Die Entwicklung neuer, sensitiver lungenfunktioneller Methoden wird uns erlauben, bereits subklinische Veränderungen in der Lungenfunktion zu erkennen. Dies ist vor allem wichtig in der Betreuung von Kleinkindern mit chronischen Lungenkrankheiten, wie dem Asthma bronchiale, der bronchopulmonalen Dysplasie und der zystischen Fibrose.

Die Anwendung von lungenfunktionellen Methoden in epidemiologischen Untersuchungen wird uns helfen, den Langzeitverlauf von pulmonalen Erkrankungen vom Kleinkindesalter bis ins Erwachsenenalter zu verfolgen. Einflüsse von Umweltfaktoren und weiteren Risikofaktoren auf den Verlauf der Krankheit können gemessen werden. Diese Erkenntnisse werden erlauben, präventive Massnahmen zu verbessern und klarer zu definieren.

Etablierte und innovative Therapiemodalitäten können in ihrer Wirkung sowohl bezüglich Kurzzeit- als auch Langzeiterfolg getestet werden. Gleichzeitig können allfällige Nebenwirkungen von Medikamenten überprüft werden. Lungenfunktionelle Messungen werden uns aber auch helfen, die Entwicklung des respiratorischen Organs nicht nur bei Lungenkranken, sondern auch bei gesunden Kleinkindern zu erforschen und Normwerte für die einzelnen Methoden zu erarbeiten.

Die lungenfunktionellen und somit pathophysiologischen Methoden sollen mit Erkenntnissen der Molekulargenetik, Biochemie und der Zellbiologie kombiniert werden, um diagnostische und therapeutische Feinheiten auszuarbeiten.

Die gemachten Erfahrungen sollen helfen, die bisher teuren und aufwendigen, nur in spezialisierten Kliniken zugänglichen Methoden zu vereinfachen und einem breiteren Publikum zugänglich zu machen.

Literatur

- 1 Adler SM, Wohl ME. Flow-volume relationship at low lung volumes in healthy term newborn infants. *Pediatrics* 1978;61:636-40.
- 2 Turner DJ, Stick SM, LeSouëf KL, Sly PD, LeSouëf PN. A new technique to generate and assess forced expiration from raised lung volume in infants. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:1441-50.
- 3 Hayden MJ, Sly PD, Devadason SG, Gurrin LC, Wildhaber JH, LeSouëf PN. Influence of driving pressure on raised-volume forced expiration in infants. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:1876-83.
- 4 Hayden MJ, Devadason SG, Sly PD, Wildhaber JH, LeSouëf PN. Methacholine responsiveness using the raised volume forced expiration technique in infants. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:1670-5.
- 5 Kraemer R, Wirz C, Frey U, Russi E. Short-term effect of Albuterol, delivered via a new auxiliary device in wheezy infants. *Am Rev Resp Dis* 1991;144:347-51.
- 6 Frey U, Makkonnen K, Wellman T, Beardsmore C, Silverman M. Alterations in airway wall properties in infants with a history of wheezing disorders. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1825-29.
- 7 Hall G, Reinmann B, Wildhaber J, Frey U. Technical aspects of the interrupter technique in unsedated infants. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161(3):A221.
- 8 Schibler A, Schneider M, Frey U, Kraemer R. Moment ratio analysis of the multiple nitrogen washout (MBNW) in infants with lung disease. *Eur Respir J* 2000;15:1094-101.
- 9 Wildhaber JH, Hall GL, Stick SM. Measurements of exhaled nitric oxide with the single-breath technique and positive expiratory pressure in infants. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:74-8.
- 10 Wildhaber JH, Möller A, Hall GL, Sennhauser FH, Stick SM. Levels of exhaled nitric oxide in recurrently wheezy infants are decreased following inhaled steroid therapy. *Schweiz Med Wochenschr* 2000;130:529-34.
- 11 Reinmann B, Hall G, Wildhaber JH, Frey U. Breath to breath variability of tidal NO and NO output in healthy, unsedated infants. *Eur Resp J* 2000;16(31):9s, 208.
- 12 Hall G, Reinmann B, Wildhaber JH, Frey U. Determination of intrapulmonary tidal nitric oxide after cross correlations with end-expiratory CO₂ in healthy, unsedated infants. *Eur Resp J* 2000;16(31):9s, 209.