

Sonderdruck aus

# ***Atemwegs- und Lungenkrankheiten***

Zeitschrift für Diagnostik und Therapie

Organ der Gesellschaft für  
Lungen- und Atmungsforschung, Bochum,  
und der Bad Reichenhaller Forschungsanstalt  
für Krankheiten der Atmungsorgane



Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle  
München-Deisenhofen

# Ein Taschencomputerprogramm zur Bewertung der Operationsindikation einer Trichter- oder Rinnenbrust aus kardiologischer Sicht

M. LEDOCHOWSKI<sup>1</sup>, K. GIRSTMAIR<sup>2</sup>, R. PFISTER<sup>3</sup>, H. HÖRTNAGL<sup>3</sup> und E. RAAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitätsklinik für Innere Medizin, Innsbruck

<sup>2</sup> Institut für Mathematik der Universität Innsbruck,

<sup>3</sup> Institut für Sport-Kreislaufmedizin, Innsbruck

Ein Taschencomputerprogramm zur Bewertung der Operationsindikation einer Trichter- oder Rinnenbrust aus kardiologischer Sicht. Patienten mit einer Trichter- oder Rinnenbrust können entweder durch eine osteo-chondroplastische Operation oder durch eine weniger invasive kosmetische Korrektur, bei der die Aushöhlung subkutan mit einem Elastomer ausgefüllt wird, behandelt werden. Eine Ergometrie im Sitzen und im Liegen soll dem Arzt helfen zu entscheiden, ob eine Operation aus kardiologischer Sicht indiziert ist. Wir haben ein in BASIC geschriebenes Computerprogramm entwickelt, welches auf einem von Bühlmann entwickelten Algorithmus basiert. Aus den Eingabedaten (Alter, Größe, Geschlecht) werden die optimalen Belastungen errechnet. Nach weiterer Eingabe der Herzfrequenzen bei den unterschiedlichen Belastungsstufen wird mit dem Programm berechnet, ob eine Einschränkung der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit durch Trainingsmangel oder durch die Thoraxeingengung vorhanden ist. Es folgt eine Interpretation der Ergebnisse mit Angaben zur Indikation für die Operation.

*Schlüsselwörter:* Trichterbrust – Rinnenbrust – Ergometrie im Sitzen und Liegen – Trainingsmangel.

**A pocket computer program for the indication for operation of pectus excavatum.** Patients with pectus excavatum or funnel chest can be operated either by osteo-chondroplastic surgery or by a less invasive cosmetic correction, in which the cavity is filled subcutaneously with an elastomer. Bühlmann developed an algorithm which allows the physician to decide whether an operation is indicated and, if so, which kind of surgery is best suited. The algorithm is based on cardiopulmonary parameters obtained by exercise testing in an upright and a supine position. We have developed a computer programme written in BASIC, based on the above-mentioned algorithm. From the input data (age, height, sex) it calculates the optimal workloads and durations for exercise testing. After input of the pulse rates at the different workloads, the programme calculates if a decrease in cardiopulmonary capacity has occurred and gives an interpretation of whether an operation is necessary and, if so, the kind of surgery indicated.

*Key words:* Pectus excavatum – exercise testing – pocket computer – funnel chest.

## Einleitung

Die Trichterbrust stellt neben der kosmetischen und psychischen Belastung gelegentlich auch eine gewisse Einschränkung der kardiopulmonalen Funktion dar [1]. Vor einer operativen Korrektur einer Trichterbrust ist es daher wichtig festzustellen, ob eine derartige kardiopulmonale Leistungseinschränkung vorliegt, so daß eine operative Korrektur des knöchernen Thorax notwendig ist, oder ob eine kosmetische Korrektur der Trichterbrust genügt. Dabei zeigt sich, daß Patienten mit einer Trichter- oder Rinnenbrust sehr häufig eine Leistungseinschränkung auf Grund eines Trainingsmangels aufweisen. Das Problem ist nun, die Patienten, welche eine durch Trainingsmangel bedingte Leistungseinschränkung aufweisen, von denen zu trennen, welche eine Leistungseinschränkung auf Grund der Trichterbrust zeigen. Bühlmann [3, 4] schlug dazu einen Algorithmus vor, bei welchem die Patienten im Sitzen und, ab einer gewissen Leistungseinschränkung, zusätzlich im Liegen ergometriert werden (Abb. 1). Aus dem unterschiedlichen Leistungs- und Pulsverhalten der Patienten im Sitzen und Liegen kann man mit dieser Methode schließen, ob eine echte Trichterbrust-bedingte Leistungseinschränkung oder ein Trainingsmangel vorliegt. Die Methode hat jedoch den Nachteil, daß sie einen gewissen Rechenaufwand mit sich bringt und so für den klinischen Routinebetrieb nicht gerne zum Einsatz kommt. Es war daher das Ziel dieser Arbeit, ein Computerprogramm zu erstellen, welches die Auswertung der »Ergometrie nach Bühlmann« im Rahmen einer Trichterbrust-Abklärung erleichtern und beschleunigen sollte.

## Programmbeschreibung

Das Programm wurde für einen BASIC-programmierbaren Taschenrechner von Hewlett-Packard

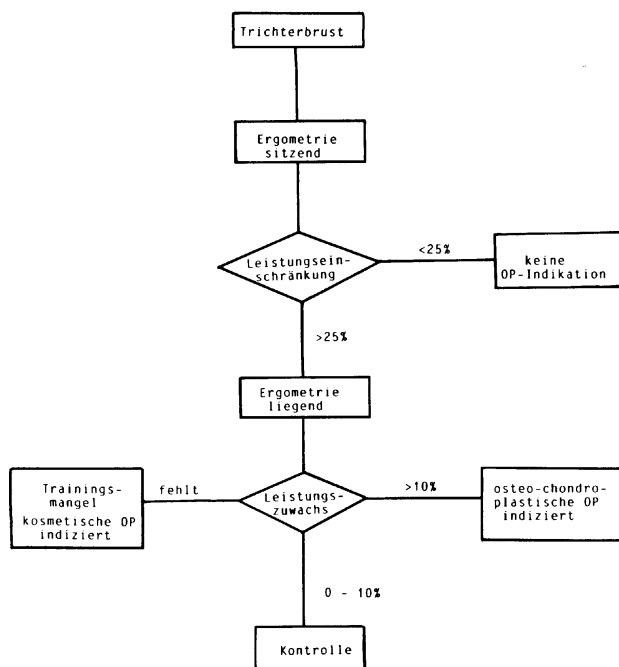


Abb. 1 Algorithmus, nach dem die Entscheidungsfindung programmiert ist. Nach [3, 4].

(HB 71B) geschrieben. Als Eingabedaten benötigt man das Alter (in Jahren), die Größe (in cm) und das Geschlecht (M/W) des Patienten. Nach dem in Abbildung 2 gezeigten Nomogramm wurden die Funktionen berechnet, mit deren Hilfe die dem Alter, Größe und Geschlecht entsprechende Belastungsstufe berechnet wird. Der Computer errechnet dann 2 Belastungsstufen, wobei die 1. Belastungsstufe 25 Watt unter, und die 2. Belastungsstufe 25 Watt über der für den Patienten berechneten Soll-Wattleistung liegt. Danach wird der Patient mit der Belastungsstufe 1 und der Belastungsstufe 2 jeweils durch 3 Minuten belastet und der Puls in minütlichen Abständen gemessen. Die maximalen Pulswerte der Belastungsstufe 1 und 2 werden dann vom Computer abgefragt und eingegeben. Es ist dabei zu beachten, daß Bühlmann dieses Nomogramm für Herzfrequenzen von ca. 160/Min. (< 50 Jahre) bzw. 150/Min. (> 50 Jahre) entwickelt hat. Die von uns verwendete Sollfrequenz-Formel (Abb. 3) stellt also nicht identische Bedingungen mit den ursprünglichen Bedingungen bei der Erstellung des Nomogramms dar. Dennoch hat sich ihre Anwendung in der Praxis bewährt. Die Berechnung der Ist-Leistung (effektive Leistung) erfolgt nach dem in Abbildung 3 gezeigten Prinzip. Zunächst werden die Belastungsstufen (W1 und W2) in Watt auf der Abszisse und die entsprechenden Pulswerte (P1 und P2) auf der Ordinate aufgetragen. Danach wird die effektive Leistung in der Weise ermittelt, daß der dem Alter entsprechende Sollpuls ( $Sollpuls = 170 - 0,86 \cdot [Alter - 35]$ ) auf der Ordinate aufgetragen wird und die dem Sollpuls

entsprechende Wattzahl auf der Ordinate abgelesen wird (Abb. 3). Dieser als effektive Arbeitskapazität berechnete Wert wird vom Computer in Watt und zusätzlich in Prozent der für den Patienten errechneten Sollleistung angegeben. Liegt die effektive Arbeitskapazität 25% unter der Sollleistung, so schlägt der Computer die Wiederholung der Ergometrie im Liegen vor, und berechnet in analoger Weise die Arbeitskapazität im Liegen.

Im nächsten Arbeitsschritt berechnet der Computer die Differenz der effektiven Arbeitskapazität im Sitzen und im Liegen. Anhand dieser Leistungsunterschiede wählt dann der Computer nach dem in Abbildung 1 gezeigten Algorithmus zwischen den folgenden 4 Entscheidungsmöglichkeiten:

- »Keine OP-Indikation« bedeutet, daß sich durch eine operative Korrektur des knöchernen Thorax keine wesentliche Besserung der kardiopulmonalen Leistungsbreite zu erwarten ist. Hier genügt also eine kosmetische Korrektur.

- »OP indiziert« bedeutet, daß durch eine opera-

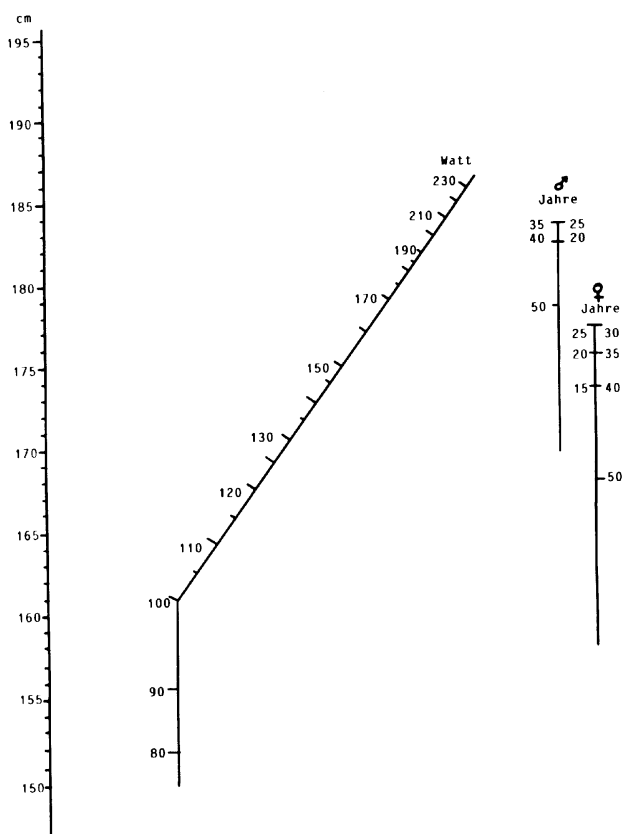


Abb. 2 Nomogramm zur Berechnung der Belastungsstufen bei der Ergometrie im Sitzen und im Liegen nach [4]. Es ist dabei zu beachten, daß Bühlmann dieses Nomogramm für Herzfrequenzen von ca. 160/Min. (< 50 Jahre) bzw. 150/Min. (> 50 Jahre) entwickelt hat. Die von uns verwendete Sollfrequenz-Formel (Abb. 3) stellt also nicht identische Bedingungen mit den ursprünglichen Bedingungen bei der Erstellung des Nomogramms dar.

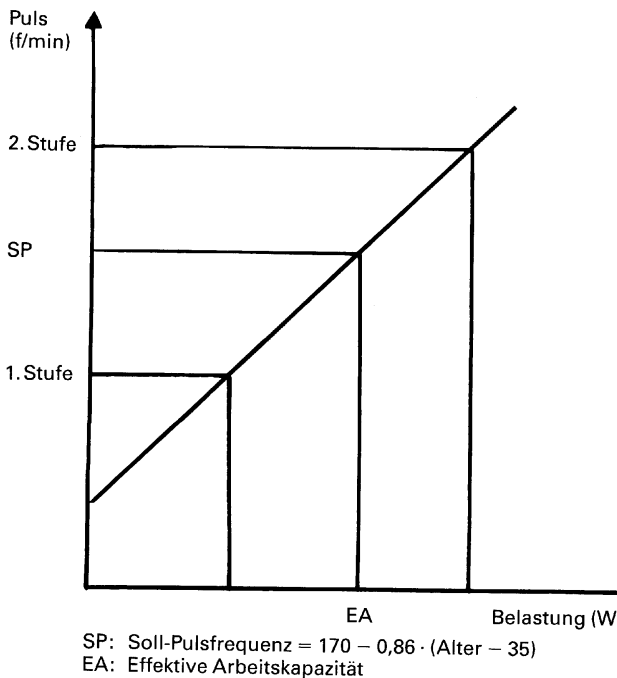


Abb. 3 Graphische Darstellung der Berechnung der effektiven Arbeitskapazität. Auf der Abszisse werden die beiden berechneten Belastungsstufen W1 und W2 aufgetragen. Auf der Ordinate werden die ermittelten Pulsfrequenzen bei der 1. und 2. Belastungsstufe sowie die berechnete Sollpulsfrequenz SP ( $SP = 170 - 0,86 \cdot [\text{Alter} - 35]$ ) eingetragen. Daraus läßt sich die effektive Arbeitskapazität EA ableiten.

tive Vergrößerung des Thoraxraumes (osteochondroplastische Operation) eine Verbesserung der kardiopulmonalen Leistungsbreite zu erwarten ist.

– »Trainingsmangel« bedeutet, daß die Leistungseinschränkung primär durch einen Trainingsmangel bedingt ist. In diesen Fällen kann durch eine Trainingsbehandlung oder durch eine kosmetische Korrektur der Trichterbrust mit der daraus resultierenden psychosozialen Umstellung ein Trainings- und somit Leistungszuwachs erwartet werden.

– »Kontrolle« bedeutet, daß es sich um einen grenzwertigen Befund handelt und vor der endgültigen Operationsindikationstellung eine Wiederholung der Untersuchung zu einem späteren Zeitpunkt angezeigt ist. Die Bewertungskriterien weichen in diesen Fällen weniger als 10% ab, so daß eine genaue Aussage nicht möglich ist.

Auf Wunsch kann mit diesem Programm ein Befundbericht automatisch ausgegeben werden.

Das Programm wurde anhand von 15 Fällen auf seine Funktionstüchtigkeit geprüft. Dabei wurden die dem behandelnden Arzt zur Verfügung stehenden Daten in den Computer eingegeben und die Ergebnisse mit den Entscheidungen des behandelnden Arztes verglichen. In allen Fällen wurden übereinstimmende Ergebnisse gefunden.

## Diskussion

Die Trichterbrust ist eine autosomal dominant vererbte Krankheit, die bei 0,05% der Bevölkerung vorkommt. Die meisten Patienten mit Kiel- oder Trichterbrust leiden psychisch erheblich unter ihrer Fehlbildung [6]. Nicht selten klagten Jugendliche und Erwachsene mit Trichterbrust über Atemnot, Herzklopfen und rasche Erschöpfung bei körperlicher Belastung. Diese Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit ist jedoch sehr oft die Folge eines Trainingsmangels. Bei sehr ausgeprägter Trichterbrust kann die Leistungseinschränkung aber auch durch die besonderen hämodynamischen Verhältnisse bedingt sein [7, 8]. Typischerweise kommt es bei schlecht trainierten Patienten bei der Ergometrie im Liegen im Vergleich zur Ergometrie im Sitzen zu keiner Verbesserung der Leistung. Anders ist das bei der Gruppe von Patienten, die eine echte kardiopulmonale Leistungseinschränkung durch die Trichterbrust erfahren. Hier kommt es im Liegen durch das Zurücksinken des Herzens zu einer Verbesserung der Hämodynamik (vermehrter venöser Rückfluß) und dadurch zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit im Vergleich zur Leistungsfähigkeit im Sitzen.

Liegt nun eine Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit auf Grund des häufig anzutreffenden Trainingsmangels vor, so kann eine kosmetische Korrektur genügen. Dieser kaum belastende Eingriff besteht im Auffüllen der Trichterbrust mittels einer subkutanen Installation eines Elastomers [2]. Die kosmetischen Resultate sind meist ausgezeichnet. Durch die daraus resultierende Veränderung der psychosozialen Situation kommt es bei diesen Patienten oft zu einer deutlichen Verbesserung des Trainingszustandes und weitgehendem Verschwinden der klinischen Beschwerden. In den anderen seltener vorkommenden Fällen ist eine operative Korrektur des knöchernen Thorax angezeigt, wobei stabilisierende – durch Metallspangenimplantation – und nicht stabilisierende operative Verfahren zur Verfügung stehen [5]. Mit diesen operativen Verfahren wird ein im Sitzen behinderter venöser Rückfluß aus der unteren Körperhälfte normalisiert und damit auch das Herzschlagvolumen und die Arbeitskapazität im Sitzen vergrößert [7]. Nur etwa 15% der Patienten mit Trichterbrust waren in einer Studie von Liese et al. [8] dieser Gruppe zuzurechnen.

Das Problem der Operationsindikation bei Trichter- oder Rinnenbrust bietet sich als Beispiel für ein kleines medizinisches Expertensystem geradezu an. Die Problemstellung kommt selbst in Spezialambulanzen selten vor, der Entscheidungsalgorithmus ist klar in Regeln faßbar, und die Auswertung der ermittelten Daten beansprucht einen relativ zeitaufwendigen Rechenaufwand. Im Fall des oben erklärten Algorith-

mus kommt noch dazu, daß eine Wiederholung der Ergometrie im Liegen nur in Einzelfällen notwendig ist. Der Arzt muß also die Auswertung der 1. Ergometrie in Anwesenheit des Patienten durchführen, um die Notwendigkeit einer Wiederholung der Ergometrie im Liegen herauszufinden. Mit Hilfe des Computerprogramms kann praktisch auf Knopfdruck entschieden werden, ob eine 2. Belastung notwendig ist. Neben der Arbeitersparnis für den Arzt ist also auch eine Zeitersparnis für den Patienten gegeben.

Das von uns erstellte Programm kann als ein solches kleines »Expertensystem« gesehen werden. Es stellt auf den derzeit gültigen Entscheidungskriterien aufbauend eine deutliche und zuverlässige Arbeitserleichterung für die Operations-Indikationsstellung bei Patienten mit Trichterbrust dar.

#### LITERATUR

- [1] *Beiser G.D., S.E. Egstein, M. Stampfer, R.E. Goldstein, S.P. Noland, S. Lewitsky*: Impairment of cardiac function in patients with pectus excavatum with improvement after operative correction. *N. Engl. J. Med.* 287, 267 (1972).
- [2] *Bruck J.C., H. Hörtnagl, P. Wilflingseder*: A fresh approach in the treatment of pectus excavatum. *Chir. Plastica* 6, 263–274 (1982).
- [3] *Bühlmann A.A.*: Normwerte, Lungenfunktionsdiagnostik zur Beurteilung der pulmonalen Leistungsfähigkeit. In: R. Ferlinz: *Praktische Lungenfunktionsprüfung*. Thieme, Stuttgart 1966.
- [4] *Bühlmann A.A.*: Klinische Funktionsprüfung des Herzens. *Schweiz. med. Wschr.* 95, 1327–1332 (1965).
- [5] *Gerovlandos S., A. Senning, P. Habnloser*: Vereinfachte Operation zur Trichterbrustkorrektur. *Dtsch. med. Wschr.* 99, 57–58 (1974).
- [6] *Hecker W.Ch., Ü. Pöschl, W. Billinger*: Trichterbrust und Kielbrust. *Münch. med. Wschr.* 119, 559–564 (1977).
- [7] *Hümmer H.P.*: Mechanische Wirkungen der Trichterbrust. *Münch. med. Wschr.* 123, 1739–1742 (1981).
- [8] *Liese W., A.A. Bühlmann*: Arbeitskapazität und Lungenvolumina vor und nach chirurgischer Korrektur einer Trichterbrust: Spätresultate bei Erwachsenen. *Schweiz. med. Wschr.* 104, 83–86 (1974).

Dr. med. M. Ledochowski  
 Universitätsklinik für Innere Medizin  
 Anichstraße 35  
 A-6020 Innsbruck