

^{1,2}Taeymans J, ¹Clarys P, ¹Duvigneaud N, ¹Borms J, ¹Hebbelinck M, ¹Duquet W

Anthropometrische Determinanten im Kindes- und Jugendalter für den BMI im Erwachsenenalter

Anthropometric Determinants in Youth and Adolescence for BMI in Adulthood

¹Fachgruppe für Humane Biometrie und Biomechanik, Fakultät für Leibeseziehung und Physiotherapie, Vrije Universiteit Brussel, Belgien

²THIM Fachhochschule Physiotherapie Graubünden, Landquart, Schweiz

ZUSAMMENFASSUNG

Problemstellung: Die Langzeitvorhersage von Körperbau und Körperzusammensetzung bei Erwachsenen, ausgehend von Messungen im Jugendalter, ist von Interesse für Fachleute im Gesundheitswesen. Das Ziel dieser Studie war es, Determinanten zu bestimmen, welche im jungen Alter einen prädiktiven Wert für den BMI im 35. Lebensjahr (BMI₃₅) haben. **Methoden:** Die Stichprobe (N=119) wurde aus der 1969 begonnenen belgischen Wachstumsstudie „LEGS“ erhoben. In fünf aufeinander folgenden Jahren wurden jährlich Kohorten in die Studie aufgenommen (N=515). Vom 5. bis zum 18. Lebensjahr wurden jährlich anthropometrische Messungen durchgeführt. In 2004 wurden 59 männliche und 60 weibliche Probanden im 35. Lebensjahr erneut gemessen. Die statistische Analyse erfolgte mittels SPSS 11.0. Korrelationskoeffizienten nach Pearson wurden berechnet zwischen anthropometrischen Variablen in jedem Alter vom 6. Lebensjahr an und dem BMI₃₅. Die Gleichungen für die Berechnung des BMI₃₅ wurden mittels multipler schrittweiser Regression aufgestellt. Folgende LEGS-Variablen wurden verwendet: Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Sitzgröße, Beinlänge, Tibialänge, Oberarm- und Wadenumfang, Dicke der Hautfalten (Triceps, Subscapular, Supraspinal und Waden), bikondyläre Humerus- und Femurbreite und die berechneten drei Komponenten des Somatotypes. Das Signifikanzniveau wurde bei 5% festgelegt. **Ergebnisse:** Die Prädiktabilität für den BMI₃₅ war bei Frauen höher als bei Männern. Die besten Regressionsgleichungen wurden bei Knaben im 11. Lebensjahr ($R^2=0.267$; $SEE=2.7 \text{ kg/m}^2$) und bei Mädchen im 11.- ($R^2=0.490$; $SEE=2.9 \text{ kg/m}^2$) und im 14. Lebensjahr ($R^2=0.499$; $SEE=2.9 \text{ kg/m}^2$) gefunden. **Diskussion:** Diese Modelle können bei Freizeitsportlern, nicht aber bei Elitesportlern angewendet werden. Anthropometrie kann bis 31% (Männer) und 57% (Frauen) der Varianz des BMI₃₅ erklären.

Schlüsselwörter: Longitudinalstudie, Vorhersage, Prädiktion, Prädiktabilität, BMI

EINLEITUNG

Die Langzeitvorhersage von Körperbau und Körperzusammensetzung bei Erwachsenen, ausgehend von Messungen im Jugendalter, ist von Interesse für Fachleute im Gesundheitswesen, Sportmediziner, Trainer, Eltern und Politiker. Für Epidemiologen ist die Vorhersage des Body Mass Index (BMI) als Indikator für Übergewicht und Adipositas im Erwachsenenalter, ausgehend von anthropometrischen Determinanten im Jugendalter von Bedeutung. Es besteht Evidenz, dass Übergewicht im Jugendalter das Risiko für Übergewicht im Erwachsenenalter erhöht. Einerseits geht dies mit wichtigen und bekannten Gesundheitsrisiken einher (2, 8, 16, 20, 23, 24, 25), andererseits ist dies von sportmedizinischer

SUMMARY

Problem: The prediction of adult body composition based on childhood measurements is of interest for health-care professionals. The aim of this study was to detect anthropometric determinants in childhood with predictive value for adult BMI (age 35). **Methods:** The sample is a part of the „Longitudinal Experimental Growth Study“ (Belgium), founded in 1969. Out of 515 children, followed annually from 5 to 18 years, 59 males and 60 females were measured again at age 35. Pearson correlations were calculated between the variables at each age and BMI₃₅. Stepwise multiple regression was used to predict BMI₃₅ from measurements at all ages from age 6 on. Following anthropometric variables were used: sitting and standing height, weight, BMI, tibia and leg length, upper-arm and calf circumference, skinfolds (triceps, subscapular, supraspinal and calf), bicondylar humerus and femur widths and the somatotype compounds. **Results:** Predictability of BMI₃₅ is better in females than in males. The best equations in youth were found at age 11 in males ($R^2=0.267$; $SEE=2.7 \text{ kg/m}^2$) and at age 11 ($R^2=0.490$; $SEE=2.9 \text{ kg/m}^2$) resp. age 14 ($R^2=0.499$; $SEE=2.9 \text{ kg/m}^2$) in females. **Discussion:** Our models are valid for leisure sports participants, but not for elite athletes. Anthropometry can describe 31% (males) resp. 57% (females) of the variance of BMI₃₅. Inclusion of other factors in the future should further enhance the equations.

Key Words: Longitudinal Studies, Prediction, Predictability, BMI

Bedeutung im Sinne der Rekrutierung und Talentförderung von jungen Nachwuchsathleten.

Um Vorhersagen machen zu können, werden Längsschnittstudien benötigt. Longitudinale Messungen sind voneinander abhängig und können über verschiedene Jahre korreliert werden. Die Prädiktabilität einer Variablen kann anhand der Berechnung von Stabilitätskoeffizienten bestimmt werden. Stabilität wird definiert als „die Prädiktabilität einer Messung eines Risikofaktors in jungen Jahren für Werte des gleichen Risikofaktors in späteren Jahren“ (22). Die Stabilität nimmt mit zunehmender Zeitspanne zwischen zwei Messungen ab. Stabile Risikofaktoren können Grundlage für gesundheitspolitische Entscheidungen sein. Sie bieten Argumente

für mögliche frühzeitige Interventionsprogramme zur Vermeidung von gesundheitsschädigenden Einflüssen. Verschiedene Stabilitätsstudien legen nahe, dass der Körperfettgehalt im Jugendalter mit demjenigen im Erwachsenenalter korreliert, was dessen Bestimmung bei Jugendlichen zur frühzeitigen Erkennung kardiovaskulärer Risikofaktoren und Durchführung allfälliger präventiver Interventionen interessant macht (13,14,22). Dies kann auch von sportmedizinischer Bedeutung sein. Werden frühzeitig individuelle Defizite anderer leistungsbestimmender Variablen mit hohem Stabilitätskoeffizienten entdeckt, können diese mit grosser Wahrscheinlichkeit durch Interventionen wie Training oder Anpassung der Ernährungsgewohnheiten verbessert werden.

Bisher sind nur wenige Longitudinalstudien, die Probanden zwischen dem 5. und 35. Lebensjahr beobachtet haben, publiziert worden. Kürzere Longitudinalstudien haben die Stabilität des absoluten und prozentualen Körperfettgehaltes zwischen dem 8. und 13., sowie zwischen dem 8. und 18. Lebensjahr beschrieben (7). In einer Studie von Kemper et al. (12) wurden hohe Stabilitätskoeffizienten ($0.70 < r < 0.75$) für den BMI und die Hautfaltendicke bei Probanden zwischen dem 13. und 36. Lebensjahr gefunden.

ZIEL

Das Ziel dieser Studie war es, Determinanten zu bestimmen, welche im Kindes- und Jugendalter einen prädiktiven Wert haben für den BMI im Alter von 35 Jahren (BMI₃₅).

METHODIK

Die Stichprobe (N = 119) wurde aus der 1969 begonnenen belgischen Wachstumsstudie LEGS (Longitudinal Experimental Growth Study) (8,9,16) erhoben. In fünf aufeinander folgenden Jahren wurden jährlich Kohorte von 103 Kindern in die Studie aufgenommen (Total N = 515). Bis 1985 wurden vom 5. bis zum 18. Lebensjahr jährlich anthropometrische Messungen durchgeführt. Im Jahr 2004 wurden 59 männliche und 60 weibliche Probanden im 35. Lebensjahr erneut gemessen. Auf Grund ungenügender Anzahl 5-jähriger Probanden wurden in dieser Studie die Daten erst ab dem 6. Lebensjahr analysiert. Bis zum 16. Lebensjahr waren die Probandenzahlen (N > 50) der Stichproben vergleichbar. Nach dem 17. Lebensjahr entstand ein substantieller Ausfall (N < 30).

Die statistische Analyse erfolgte mittels SPSS 11.0. Korrelationskoeffizienten nach Pearson (Stabilitätskoeffizienten) wurden zwischen anthropometrischen Variablen (in jedem Alter ab dem 6. Lebensjahr) und BMI als Indikator von Übergewicht und Adipositas im Alter von 35 Jahren (BMI₃₅) berechnet. Zum Vergleich der geschlechtsspezifischen BMI-Mittelwerte wurde der Student's t-Tests für unabhängige Gruppen verwendet. Um signifikante Unterschiede zwischen den Korrelationskoeffizienten zu prüfen, wurde deren Fischer z-Transformationen durchgeführt. Ausgehend von anthropometrischen Variablen bei allen Messungen (6. bis 18. Lebensjahr), wurden die Gleichungen für die Berechnung des BMI₃₅ mittels multipler schrittweiser Regression aufgestellt. Die Inklusionskriterien für Prädiktoren wurden bei 5% festgelegt. Um die maximal mögliche erklärende Varianz für BMI₃₅ mittels anthropometrischen Variablen zu berechnen, wurde zusätzlich eine Regression mit einer unüblichen Inklusionslimite von 10%

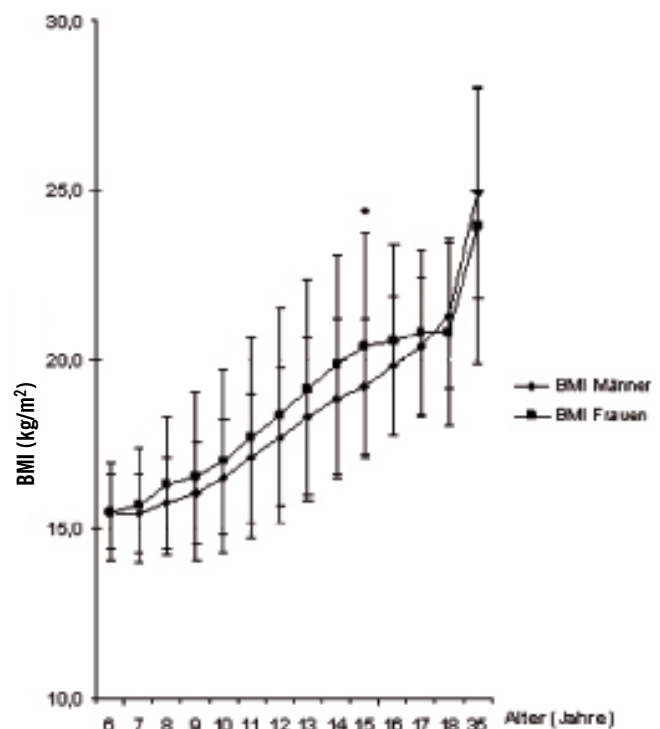


Abbildung 1: Mittelwerte \pm Standardabweichung der longitudinalen Entwicklung von Body Mass Index bei Frauen (n=60) und Männern (n=59) aus Flandern. (* $p < 0.05$)

für die Prädiktoren durchgeführt. Solche Berechnungen können zu Modellen mit höherer Prädiktabilität führen. Folgende LEGS-Variablen wurden verwendet: Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Sitzgröße, Beinlänge, Tibialänge, Oberarmumfang, Wadenumfang, Dicke der Hautfalten (Triceps, Subscapular, Supraspinal und Waden), bikondyläre Humerusbreite, bikondyläre Femurbreite und die berechneten drei Komponenten des Somatotypes nach Heath und Carter (3). Letztere bestehen aus der Endomorphie als Maß der relativen Fettleibigkeit, der Mesomorphie als Maß der muskulo-skeletalen Entwicklung und der Ektomorphie als Maß der relativen Linearität (3, 10). Das Signifikanzniveau wurde bei 5% festgelegt.

RESULTATE

Repräsentativität der Stichprobe

Körpergröße, Körpergewicht sowie BMI im 17. Lebensjahr wurden zur Prüfung der Repräsentativität der jetzigen Stichprobe im Vergleich mit den Originalstichproben einbezogen. Die in unserer Studie verwendete Stichprobe im 17. Lebensjahr war vergleichbar mit denjenigen Probanden im 17. Lebensjahr, die nicht bis zum 35. Lebensjahr beobachtet werden konnten (19,20).

Longitudinale Entwicklung des BMI

Die longitudinale Entwicklung des BMI zeigte, mit Ausnahme des signifikanten Unterschieds im 15. Lebensjahr, zwischen dem 7. und 17. Lebensjahr ($15.7 \pm 1.7 \text{ kg/m}^2$ respektive $20.8 \pm 2.0 \text{ kg/m}^2$) bei weiblichen verglichen mit männlichen Probanden ($15.4 \pm 1.2 \text{ kg/m}^2$ respektive $20.4 \pm 2.0 \text{ kg/m}^2$) leicht höhere BMI-Mittelwerte ($p > 0.05$).

Tabelle 1: Signifikante Korrelationskoeffizienten nach Pearson ($p < 0.05$) zwischen diversen anthropometrischen Variablen von allen Jahren (6 bis 18) und BMI im Alter von 35 Jahren bei 59 männlichen (obere Hälfte) und 60 weiblichen (untere Hälfte) Probanden aus Flandern.

Alter (J)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Männer													
BMI		0,30	0,24	0,31	0,35	0,44	0,41	0,45	0,33	0,32	0,44	0,50	0,35
Gewicht						0,24	0,24	0,34	0,24		0,26	0,33	
Tricephautfalte	0,25	0,33				0,32							
Subscapulahautfalte	0,32	0,39			0,24	0,35	0,27						
Supraspinalhautfalte	0,23	0,27				0,27		0,27					
Wadenhautfalte	0,23	0,23				0,32	0,27	0,30					
Umfang Oberarm		0,26	0,15	0,23	0,27	0,34	0,34	0,47	0,34	0,35	0,36	0,43	
Umfang Waden								0,31					
korr.Endomorphie	0,30	0,42	0,23		0,24	0,37	0,27	0,27					
Mesomorphie		0,23	0,29	0,28	0,37	0,37	0,36	0,41	0,32	0,39	0,35	0,40	0,34
Ektomorphie		-0,37	-0,38	-0,42	-0,44	-0,52	-0,47	-0,49	-0,36	-0,38	-0,43	-0,54	-0,39
N	58	58	57	59	57	58	57	55	51	46	44	34	28
Frauen													
BMI	0,34	0,27	0,43	0,47	0,51	0,54	0,52	0,62	0,64	0,51	0,52	0,60	0,62
Gewicht	0,30	0,23	0,38	0,43	0,47	0,48	0,49	0,61	0,62	0,50	0,47	0,53	0,61
Grösse								0,26					
Sitzhöhe					0,28	0,24	0,31	0,42					
Tricephautfalte	0,26	0,24	0,33	0,42	0,52	0,56	0,42	0,59	0,68	0,62	0,56	0,47	0,63
Subscapulahautfalte			0,24	0,42	0,53	0,63	0,51	0,55	0,71	0,57	0,49	0,37	0,52
Supraspinalhautfalte			0,36	0,38	0,43	0,46	0,42	0,54	0,54	0,47	0,33		0,50
Wadenhautfalte		0,25	0,28	0,35	0,41	0,44	0,36	0,47	0,63	0,50	0,56	0,38	0,56
Humerusbreite				0,25						0,42	0,34		
Femurbreite										0,44			
Umfang Oberarm	0,34	0,29	0,37	0,46	0,48	0,49	0,49	0,60	0,59	0,54	0,66	0,58	0,63
Umfang Waden		0,22	0,30	0,35	0,36	0,38	0,36	0,46	0,47	0,51	0,49	0,43	0,47
korr.Endomorphie	0,23	0,22	0,33	0,41	0,48	0,54	0,46	0,58	0,65	0,59	0,53	0,42	0,69
Mesomorphie			0,27	0,33	0,28	0,35	0,31	0,31	0,36	0,45	0,48	0,43	
Ektomorphie	-0,30	-0,27	-0,37	-0,41	-0,43	-0,47	-0,48	-0,54	-0,54	-0,54	-0,61	-0,51	-0,54
N	57	59	55	55	55	54	57	50	45	39	33	27	17

Tabelle 2: Links: Prädiktabilität (R²), Standard-Schätzungsfehler (SEE), Anzahl Probanden (N) und die Regressionsgleichungen in jeder Alterskategorie für Body Mass Index im Alter von 35 Jahren bei Männern aus Flandern (Inklusionskriterium der Prädiktoren < 5%). Rechts: Prädiktabilität (R²), Standard-Schätzungsfehler (SEE) und Anzahl Prädiktoren (Inklusionskriterium der Prädiktoren < 10%).

Männer					max.	Min.	Anzahl
Alter (J)	R**2	SEE	N	Regressionsgleichung (BMI35) (kg/m ²)	R**2	SEE	Prädikt.
6	0,103	2,98	43	22,089 + 0,656*Subsc.-Hautfalte	0,103	2,98	1
7	0,174	2,86	42	21,636 + 1,573*korr.Endomorphie	0,248	2,76	2
8	0,146	2,90	54	29,514 - 1,434*Ektomorphie	0,146	2,90	1
9	0,239	2,76	57	44,507 - 1,945*Ektomorphie - 0,484*Umfang Waden	0,239	2,76	2
10	0,191	2,82	55	29,593 - 1,300*Ektomorphie	0,191	2,82	1
11	0,267	2,68	57	30,155 - 1,434*Ektomorphie	0,308	2,63	2
12	0,224	2,76	52	29,676 - 1,288*Ektomorphie	0,270	2,71	2
13	0,238	2,74	45	29,728 - 1,260*Ektomorphie	0,302	2,66	2
14	0,218	2,81	44	34,827 - 1,835*Ektomorphie - 0,282*Tricepshautfalte	0,218	2,81	2
15	0,150	2,91	35	19,963 + 1,282*Mesomorphie	0,150	2,91	1
16	0,190	2,85	27	11,880 + 0,659*BMI	0,744	1,67	3
17	0,286	2,70	19	30,675 - 1,476*Ektomorphie	0,286	2,70	1
18	*	*	*	*	0,273	2,72	2

Der linke Teil der Tabelle 2 zeigt die Prädiktabilität (R²), die geschätzten Standardfehler (SEE) und die Regressionsgleichungen bei 5%-igem Inklusionskriterium für Prädiktoren bei den Männern. Die beste Regressionsgleichung wurde im 11. Lebensjahr gefunden (R²=0,267; SEE=2,7 kg/m²). In acht der übrigen Berechnungen war die Ektomorphie der wichtigste Prädiktor für den BMI35. Im rechten Teil der Tabelle 2 wurden R², SEE und die Anzahl der Prädiktoren bei einem Inklusionskriterium von 10% dargestellt, um die maximale Prädiktabilität zu suchen. Ausgehend von anthropometrischen Variablen, betrug die maximale Prädiktabilität für BMI35 bis zum 17. Lebensjahr 30% (11. und 13. Lebensjahr) (Tab.2).

Im Erwachsenenalter (18. und 35. Lebensjahr) war der BMI-Mittelwert der Frauen (20,8 ± 2,8 kg/m² respektive 23,9 ± 4,1 kg/m²) nicht signifikant niedriger als jener der Männer (21,3 ± 2,2 kg/m² respektive 24,9 ± 3,1 kg/m²) (Abb.1).

Nach WHO-Kriterien (25) waren 49% der 35-jährigen Männer übergewichtig, aber keiner adipös (BMI > 30,0 kg/m²). Bei Frauen gleichen Alters waren 32% übergewichtig und 5% adipös. BMI35-Werte unter 19,9 kg/m² fanden sich bei 7% der Männer und 12% der Frauen.

Determinanten des BMI bei Männern

Zur Beurteilung der Resultate wurden nur signifikante Korrelationskoeffizienten herangezogen.

Bei Männern wurden schwache bis mäßig positive Korrelationskoeffizienten für BMI in allen Messungen ab dem 7. Lebensjahr mit BMI35 (0,24 < r < 0,50) beobachtet. Schwach positive Korrelationskoeffizienten (0,24 < r < 0,30) wurden zwischen dem Körpergewicht vom 11. bis 17. Lebensjahr und dem BMI35 gefunden (Ausnahme 15. Lebensjahr) (Tab.1).

Alle vier gemessenen Hautfaltendicken (6.-7. Lebensjahr) sowie Triceps (11. Lebensjahr), Waden (11. bis 13. Lebensjahr), Subscapular (10. bis 12. Lebensjahr) und Supraspinal (11.- und 13. Lebensjahr) korrelierten niedrig positiv mit dem BMI35 (0,23 < r < 0,39). Der Oberarmumfang (7.-17. Lebensjahr) korrelierte sehr schwach bis mäßig positiv mit dem BMI35 (0,15 < r < 0,47). Für den Wadenumfang im 13. Lebensjahr wurde eine r=0,31 gefunden.

Zwischen Endomorphie im 6.-13. Lebensjahr, mit Ausnahme vom 9. Lebensjahr, und dem BMI35 wurden schwach bis mäßig positive Korrelationen gefunden (0,23 < r < 0,42). Dasselbe galt zwischen Mesomorphie an allen Messungen ab dem 7. Lebensjahr und dem BMI35 (0,23 < r < 0,41). Es gab schwach bis mäßig negative Korrelationen zwischen Ektomorphie im 7.-18. Lebensjahr und dem BMI35 (-0,36 < r < -0,54). Die höchste Anzahl signifikanter Korrelationen (N=10) wurde im 11. Lebensjahr gefunden (Tab.1).

Determinanten des BMI bei Frauen

Tabelle 1 zeigt, dass bei Frauen im Gegensatz zu Männern mehr Variablen an mehr Messungen und diese stärker korrelierten. Die höchste Anzahl signifikanter Korrelationen (N=13) wurde im 13.- und 15. Lebensjahr gefunden. Die stärksten Korrelationen traten im 14. Lebensjahr auf.

Zwischen dem Körpergewicht und dem BMI35 (0,23 < r < 0,62) sowie zwischen dem BMI und dem BMI35 (0,27 < r < 0,64) wurden im 6.-18. Lebensjahr schwach bis stark positive Korrelationen gefunden.

Die bikondyläre Humerusbreite (9.- und 15.-16. Lebensjahr) korrelierte schwach bis mässig positiv mit dem BMI35 (0,25 < r < 0,42). Die bikondyläre Femurbreite im 15. Lebensjahr korrelierte mässig positiv mit dem BMI35 (r=0,44).

Zwischen der Dicke der Triceps- (ab 6. Lebensjahr) sowie der Wadenhautfalte (ab dem 7. Lebensjahr) und BMI35 wurden schwach bis stark positive Korrelationen (0,24 < r < 0,68) gefunden. Die Dicke der Subscapulahautfalte und BMI35 korrelierten ab dem 8. Lebensjahr schwach bis stark positiv (0,24 < r < 0,71). Zwischen der Dicke der Supraspinalhautfalte und BMI35 wurden ab dem 8. Lebensjahr schwach bis mässig positive Korrelationen (0,33 < r < 0,54) gefunden.

Oberarm- (ab 6. Alterjahr) und Wadenumfang (ab 7. Lebensjahr) korrelierten mit dem BMI35 schwach bis stark positiv (0,22 < r < 0,66), wobei der Oberarmumfang signifikant höhere Korrelationen zeigte (p < 0,001).

Ab dem 6. Lebensjahr korrelierten die auf die Körpergröße bezogenen Endomorphiewerte und BMI35 schwach bis stark positiv (0,22 < r < 0,65). Schwach bis mässig positive Korrelationen wurden zwischen Mesomorphie und BMI35 ab dem 8. Lebensjahr gefunden (0,27 < r < 0,48). Die Ektomorphie korrelierte immer schwach bis stark negativ mit dem BMI35 (-0,27 < r < -0,61) (Tab.1).

Im linken Teil der Tabelle 3 werden die Prädiktabilität (R²), die geschätzten Standardfehler (SEE) und die Regressionsgleichungen

Tabelle 3: Links: Prädiktabilität (R2), Standard Schätzungsfehler (SEE), Anzahl Probanden (n) und die Regressionsgleichungen in jeder Alterskategorie für Body Mass Index im Alter von 35 Jahren bei Frauen aus Flandern (Inklusionskriterium der Prädiktoren < 5%). Rechts: Prädiktabilität (R2), Standard Schätzungsfehler (SEE) und Anzahl Prädiktoren (Inklusionskriterium der Prädiktoren < 10%).

Frauen					max.	Min.	Anzahl
Alter	R**2	SEE	n	Regressionsgleichung (BMI35 =) (kg/m ²)	R**2	SEE	Prädikt.
6	0,113	3,87	38	9,049 + 0,961*BMI	0,113	3,87	1
7	0,086	3,92	49	11,227 + 0,658*Umfang Oberarm	0,086	3,92	1
8	0,186	3,70	53	9,838 + 0,866*BMI	0,270	3,57	3
9	0,219	3,62	53	11,419 + 0,757*BMI	0,219	3,62	1
10	0,281	3,48	51	21,388 + 0,325*Subsc.-Hautfalte	0,281	3,48	1
11	0,490	2,95	53	21,327 + 0,738*Subsc.-Falte - 0,507*Supraspin.-Falte	0,490	2,95	2
12	0,274	3,49	53	11,523 + 0,676*BMI	0,397	3,24	3
13	0,445	3,09	43	7,986 + 1,138*BMI - 1,626*Mesomorphie	0,574	2,78	4
14	0,499	2,92	30	19,521 + 0,465*Subsc.-Hautfalte	0,499	2,92	1
15	0,382	3,24	31	18,474 + 0,415*Triceps-Hautfalte	0,382	3,24	1
16	0,433	3,12	25	-4,481 + 1,082*Umfang Oberarm	0,880	1,56	5
17	0,360	3,34	19	3,328 + 0,991*BMI	0,360	3,34	1
18	0,482	3,04	15	15,819 + 2,393*korr.Endomorphie	0,500	2,99	1

chungen bei einem 5%-igen Inklusionskriterium für Prädiktoren bei den Frauen gezeigt. Die besten Modelle wurden im 11. Lebensjahr ($R^2=0.490$; $SEE=2.9 \text{ kg/m}^2$) und im 14. Lebensjahr ($R^2=0.499$; $SEE=2.9 \text{ kg/m}^2$) gefunden. In sechs der Regressionsberechnungen wurde neben dem Oberarmumfang, der Hautfaltendicken und der Endomorphie der BMI als wichtigster Prädiktor für den BMI35 erkannt. Im rechten Teil der Tabelle 3 wurden R^2 , SEE und die Anzahl der Prädiktoren bei einem 10%-igem Inklusionskriterium dargestellt, um die maximale Prädiktabilität zu finden. Ausgehend von anthropometrischen Variablen war ab dem 8. Lebensjahr die maximale Prädiktabilität für BMI35 höher als bei den Männern. Die maximale Prädiktabilität betrug 57% (13. Lebensjahr) (Tab.3).

DISKUSSION

Verglichen mit den BMI-Schwellenwerten für Jugendliche nach Cole et al. (5) befinden sich die BMI-Mittelwerte unserer Studienpopulation im Normalbereich (Abb. 1) (5). Die BMI35-Mittelwerte sind hingegen an der Obergrenze des Normbereiches. In unserer Studie ist die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas zusammen ($BMI > 25.0 \text{ kg/m}^2$) (Männer: 49%; Frauen: 37%) für Frauen höher und für Männer niedriger als jene der flämischen Bevölkerung (Männer: 53%; Frauen: 30%) (5). Neben den erwähnten Schwellenwerten ist es für die individuelle Analyse empfehlenswert, diese mit anderen Indikatoren für Adipositas (z.B. Taillenumfang) zu ergänzen (26).

Nach Bloom (1) wird eine biologische Variable, welche einen Korrelationskoeffizienten von $r \geq 0.50$ zwischen zwei Messungen über einen Zeitintervall von ≥ 1 Jahr aufweist als stabil interpretiert. Bei Männern werden stabile Werte nur für den BMI (17. Lebensjahr) und die Ektomorphie (11.- und 17. Lebensjahr) gefunden, während bei Frauen viel mehr Variablen (BMI, Gewicht, Dicke der Hautfalten, Umfang der Extremitäten und Komponenten des Somato-

types) dieses Kriterium an mehreren Messungen erfüllen. Die Stabilitätskoeffizienten zwischen dem BMI im 13. Lebensjahr und dem BMI35 sind mit den Daten von Kemper (12) für Frauen vergleichbar und für Männer etwas niedriger. Die Prädiktabilität des BMI35 ist in unserer Studie bei Frauen höher als bei Männern, was im Gegensatz zu den Resultaten von Casey et al. steht (4). Unsere Resultate stimmen jedoch mit anderen Studien überein, die angeben, dass die Prädiktion der Adipositas im Erwachsenenalter, basierend auf BMI-Messungen im Jugendalter, bei Frauen effektiver ist als bei Männern (13,21). Die bessere Prädiktabilität von anthropometrischen Variablen bei Frauen ist möglicherweise auf die frühere Geschlechtsreife der Mädchen zurückzuführen (14).

Das Körpergewicht bei Jungen kann kaum als Prädiktor für den BMI35 genutzt werden. Bei Mädchen hingegen scheint das Körpergewicht einen prädiktiven Wert für BMI35 ab dem 10.-18. Lebensjahr zu haben. Die BMI-Wachstumskurve der Frauen nimmt vom 7.-14. Lebensjahr zu und bleibt dann bis zum 18. Lebensjahr relativ stabil. Bei Männern hingegen fehlt die erwähnte Plateauphase in der Adoleszenz. Ein Merkmal der Körpergrößenwachstumskurve ist eine frühe Akzeleration mit anschließender negativer Akzeleration, wobei diese Variable eher stabil ist (1). Hingegen verläuft die Körpergewichtswachstumskurve eher kontinuierlich. Die Wachstumskurve der Muskelkraft zeigt erst relativ spät eine Akzeleration, was zu abnehmender Stabilität dieser Variablen führt. Bloom's Erklärungen folgend, könnte die zeitlich früher beobachtete negative Akzeleration der BMI-Wachstumskurve der weiblichen Stichprobe die höhere Stabilität dieser Variablen bei Frauen erklären (Abb. 1) (1). Der BMI ist ein wichtiger Prädiktor in den Regressionsgleichungen bei Frauen.

Fehlende Korrelationskoeffizienten bei Männern oder nur seltene und schwache Korrelationskoeffizienten bei Frauen zwischen Längenvariablen respektive bikondylären Breiten und dem BMI35 deuten darauf hin, dass es keine skelettalen, wachstumsbezogenen Variablen als mögliche Prädiktoren für den BMI35 gibt.

Der BMI wird durchaus als Indikator für Übergewicht und Adipositas für epidemiologische Untersuchungen akzeptiert. Da der BMI eher die relative Körpermasse als die relative Fettmasse beschreibt, braucht es zur individuellen klinischen Abklärung oder zur Bestimmung der Körperzusammensetzung bei Athleten mit großem Anteil an Muskelmasse (Judoka, Kraftsportler, Body-BUILDER) sensitivere anthropometrische Tests (Hautfalten- und Umfangmessungen).

Unsere Daten zeigen eine Korrelation zwischen subkutanem Fettgewebe (SFG) im Kindes- und Jugendalter und dem BMI35 bei Männern und Frauen. Hautfaltendicken sind Determinanten mit prädiktivem Wert für den BMI35. Insbesondere die Dicke

der Subscapulahautfalte wird als stärkster Prädiktor in drei Regressionsgleichungen bei Frauen aufgenommen. Die um zwei Jahre frühere Geschlechtsreife der Mädchen ist eine mögliche Erklärung für die höhere Stabilität dieser Variablen. Taeymans et al. (18,19) haben die longitudinale Entwicklung des SFG in LEGS beschrieben.

Bei Frauen gleicht die Kurve stark der Körpergrößenwachstumskurve mit Akzeleration und früherer negativer Akzeleration, wobei diese Variable langfristig eine bessere Stabilität erreicht (1). Taeymans et al. (20) haben auch den Einfluss vom Zeitpunkt der Geschlechtsreife auf die longitudinale Entwicklung und Prädiktabilität des SFG untersucht und haben eine „Dosis-Antwort“-Relation beschrieben. Die Prädiktabilität von der Dicke der Hautfalten im Erwachsenenalter, ausgehend von Messungen der Hautfaltendicken im Jugendalter, ist besser bei frühreifen Mädchen. Hormonelle Veränderungen rund um die Menarche und die Bedeutung des SFG's als endokrines Organ könnten dies teilweise physiologisch begründen (14).

Extremitätenumfang hat bei Männern keinen prädiktiven Wert für den BMI35. Bei Frauen werden signifikant höhere Korrelationen zwischen dem Oberarmumfang und dem BMI35 als zwischen dem Wadenumfang und dem BMI35 gefunden. Dies kann auf die unterschiedlichen intensiv körperlichen Aktivitäten (Freizeit-, Schulsport) zurückzuführen sein. Ein Schwachpunkt dieser Studie ist das Fehlen Taillenumfangs als potentiell valide Determinante für Übergewicht. Diese Variable hatte vor 35 Jahren noch nicht die heutige Bedeutung erlangt.

Bei Männern bestehen einige schwach positive Korrelationen ($r < 0.40$) zwischen der Endomorphie und dem BMI35 ($r = 0.41$ im 7. Lebensjahr). Die Stabilitätskoeffizienten für die Endomorphie bei Jungen sind, verglichen mit anderen Komponenten des Somatotypes, niedriger. Dies legt nahe, dass nach der Pubertät die Endomorphie stärker als die übrigen Komponenten des Somatotypes von Umgebungsfaktoren beeinflusst wird. Meso- und Ektomorphie zeigen Korrelationen mit dem BMI35 bei allen Messungen ab dem 7. Lebensjahr. Diejenigen der Mesomorphie sind allerdings lediglich schwach bis mäßig positiv (13. Lebensjahr: $r = 0.42$ und 15. Lebensjahr: $r = 0.39$).

Freizeitbeschäftigungen mit niedrigem Aktivitätsgrad in der LEGS-Kohorte können eine Begründung für den schwachen prädiktiven Wert der Mesomorphie für den BMI35 im Kindes- und Jugendalter sein. Deshalb ist unser Modell möglicherweise weniger geeignet, Stichproben mit hohem körperlichem Aktivitätsgrad zu untersuchen. Ektomorphie ist ein relevanter Prädiktor für den BMI35 bei Jungen und kommt in acht Regressionen vor (Tab.2). Eine logische Erklärung dafür könnte sein, dass Ektomorphie auf dem reziproken ponderal Index von Livi (Grösse/Kubikswurzel Körpermasse) basiert und der allometrische Wert eines kubischen Exponenten scheinbar stärker ist als derjenige einer Quadratur, wie beispielsweise beim BMI (10).

Obwohl die Korrelationskoeffizienten zwischen den Komponenten des Somatotypes und BMI35 bei Frauen höher sind als bei Männern, sind es Determinanten mit niedrigem prädiktivem Wert (Tab.1).

Die maximale erklärte Varianz (Männer: 31%; Frauen: 57%) für BMI35, ausgehend von anthropometrischen Variablen im Kindes- und Jugendalter, scheint relativ stark. Der dazugehörige Standardfehler von 2.63 respektive 2.78 kg/m^2 bedeutet aber 95%-ige Konfidenzintervalle von 5.2 respektive 5.6 kg/m^2 . Im Kontext der

Variabilität des BMI und der WHO-Schwellenwerte für den BMI bedeutet dies eine eher weniger zuverlässige Schätzung für individuelle Analysen. Andere Faktoren (Genetik und Lebensgewohnheiten) werden ab dem 18. Lebensjahr den BMI35 mitbestimmen. Weitere Analysen der LEGS Daten über physische Aktivität und Ernährungsgewohnheiten der Probanden sowie der Körpergröße der Eltern sind geplant.

SCHLUSSFOLGERUNG

Die Prädiktabilität für den BMI35 ist bei Frauen höher als bei Männern. Die besten Regressionsgleichungen im Jugendalter wurden bei Männern im 11. Lebensjahr ($R^2 = 0.267$; $SEE = 2.7 \text{ kg/m}^2$) und bei Frauen im 11. ($R^2 = 0.490$; $SEE = 2.9 \text{ kg/m}^2$) und im 14. Lebensjahr ($R^2 = 0.499$; $SEE = 2.9 \text{ kg/m}^2$) gefunden. Diese Modelle können bei Freizeit- und Breitensportlern, nicht aber bei Elitesportlern angewendet werden.

Der BMI und die Hautfaltendicke sind Determinanten für den BMI35 bei Frauen. Die Ektomorphie ist ein wichtiger Prädiktor für den BMI35 bei Männern. Diese Erkenntnisse legen nahe, dass Gewichtskontrolle in jungen Jahren für die Gesundheit im Erwachsenenalter von großer Bedeutung ist.

Anthropometrie (relative Körpergröße und Hautfaltendicke) kann maximal bis 31% (Männer) und 57% (Frauen) der Varianz des BMI35 erklären. Die Suche, der Einbezug und die Auswertung anderer Faktoren mit prädiktivem Wert in unseren Modellen sollten Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

DANKSAGUNG

Wir danken Prof. Dr. JEL Carter (San Diego State University) und Dr. med. A. Steiner (Basel) für ihre Beratung und für das Redigieren des Manuskriptes. Diese Studie wurde in verdankenswerter Weise von folgenden Institutionen unterstützt: Belgische Nationale Stiftung für Forschung (NFWO); Stiftung für medizinische Forschung (FGWO) (Vertragsnummer 935) und „Research Policy Centre for Sports Physical Activity and Health“ des flämischen Ministerium für Jugend, Kultur und Sport (2002-2006).

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: keine

LITERATUR

1. BLOOM BS: Stability and change in human characteristics. Wiley, New York, 1964.
2. BLAIR D, HABICHT JP, SIMS EAH, SYLVESTER D, ABRAHAM S: Evidence for an increased risk for hypertension with centrally located body fat and the effect of race and sex on this risk. *Am J Epidemiol* 119 (1984) 526-540.
3. CARTER JEL, HEATH BH: Somatotyping development and applications, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
4. CASEY VA, DWYER JT, COLEMAN KA, VALADIAN I: Body mass index from childhood to middle age: a 50 year follow-up. *Am J Clin Nutr* 56 (1992) 14-18.
5. COLE TJ, FLEGAL KM, NICHOLLS D, JACKSON AA: Body mass index cut-offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ* 335 (2007) 194.

6. **DUVIGNEAUD N, WIJNDAELE K, MATTON L, DERIEMAEEKER P, PHILIPPAERTS R, LEFEVRE J, THOMIS M, DUQUET W:** Prevalence of overweight, obesity and abdominal obesity in Flemish adults. *Arch Publ Health* 64 (2006) 123-142.
7. **GUO SS, CAMERON WM, ROCHE AF, SIERVOGEL RM:** Age- and Maturity-related changes in body composition during adolescence into adulthood: the Fels Longitudinal Study. *Appl Radiat Isot* 49 (1998) 581-585.
8. **FREEDMAN DS, KETTEL KL, SERDULA MK, SRINIVASAN SR, BERENSON GS:** BMI rebound, childhood height and obesity among adults: The Bogalusa Heart Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 25 4 (2001) 543-549.
9. **HEBBELINCK M, BLOMMAERT M, BORMS J, DUQUET W, VAJDA A, VAN DER MEER J:** A multidisciplinary longitudinal growth study - Introduction of the project LLEGS. *Kinanthropometry II* (edited by M. Ostyn, G.Beunen & J.Simons), International Series on Sports Sciences 9 (1980) 317-325.
10. **HEBBELINCK M, BORMS J:** Körperwachstum und Leistungsfähigkeit bei Schulkinder. 2. erw. Auflage, Leipzig, Barth Verlag, 1987.
11. **HEBBELINCK M, DUQUET W, BORMS J, CARTER JEL:** Stability of somatotypes: a longitudinal study of Belgian children age 6-17 years. *Am J Hum Biol* 7 (1995) 575-588.
12. **KEMPER HCG, KOPPES LLJ:** Energy balance in relation to body composition from adolescence to adulthood, in: Kemper HCG (Hrsg.) *Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. Med Sport Sci* 47 (2004) 144-152.
13. **MALINA RM, KOZIEL S, BIELICKI T:** Variation in subcutaneous adipose tissue distribution associated with age, sex, and maturation. *Am J Hum Biol* 11 (1999) 189-200.
14. **MALINA RM, BOUCHARD C, BAR-OR O:** Growth, maturation, and physical activity, 2nd edn. Champaign (IL): Human kinetics, 2004.
15. **POWER AF, SIERVOGEL RM, CHUMLEA WC, REED RB, VALADIAN I, EICHHORN D, MCCAMMON RW:** Serial changes in subcutaneous fat thicknesses of children and adults. Basel, Karger, 1982.
16. **ROWLANDS AW, INGLEDEW DK, ESTON RG:** The effect of type of physical activity measure on the relationship between body fatness and habitual physical activity in children: a meta-analysis. *Ann Hum Biol* 5 (2000) 479-497.
17. **TAEYMANS J, DUQUET W, HEBBELINCK M:** Endomorphie im Jugendalter als Prädiktor von VO_{2max} im Erwachsenenalter. *Sportverl Sportschad* 18 (2004) 167-171.
18. **TAEYMANS J, DUQUET W, BORMS J, HEBBELINCK M:** L'Evolution de l'adiposité de l'âge de 6 à 35 ans: une étude longitudinale. *Biom Hum Anthropol* 24 (2006) 105-114.
19. **TAEYMANS J, HEBBELINCK M, BORMS J, ABIDI H, DUQUET W:** Evolution and predictability of adiposity and adipose tissue distribution in individuals of different maturity status: a thirty years longitudinal study. *Humanbiol Budapest* 31 (2007) 19-34.
20. **TAEYMANS J, HEBBELINCK M, BORMS J, ABIDI H, DUQUET W:** Predictability of Adult Adiposity in Early, Average and Late Maturing Children – a Thirty Years Longitudinal Growth Study, (2007) (revised manuscript resubmitted)
21. **TRUDEAU F, SHEPHARD RJ, ARSENAULT F, LAURENCELLE L:** Changes in Adiposity and Body Mass Index From Late Childhood to Adult Life in the Trois-Rivières Study. *Am J Hum Biol* 13 (2001) 349-355.
22. **TWISK JWR, KEMPER HCG, VAN MECHELEN W, POST GB:** Tracking of risk factors for coronary heart disease over a 14-year period: A comparison between life-style and biologic risk factors with data from the Amsterdam Growth and Health Study. *Am J Epidemiol* 145 (1997) 888-898.
23. **VAN ITALIE TB, ABRAHAM S:** Some hazards of obesity and its treatment, in: Hirsch J, Van Itallie TB (Hrsg.): *Recent advances in obesity research IV.* London, J Libbey, 1985, 1-19.
24. **WILMORE JH, COSTILL DL:** *Physiology of Sport and Exercise.* Human Kinetics, Champaign, IL, 1999.
25. **WHITAKER RC, PEPE MS, WRIGHT JA, SEIDEL KD, DIETZ WH:** Early adiposity rebound and the risk of adult obesity. *Pediatrics* 101 (1998) 5-11.
26. **WORLD HEALTH ORGANIZATION:** Report of WHO consultation on obesity: preventing and managing the global epidemic. 1998.

Korrespondenzadresse:**Jan Taeymans****THIM Fachhochschule Physiotherapie Graubünden****Weststrasse 8****7302 Landquart****Schweiz****E-Mail: j.taeymans@physioschule.ch**