

KM. Sudi¹, R. Möller², E. Tafel², K. Vrecko², R. Horejs², G. Reibnegger², P. Hofmann¹

Die Beschreibung der subkutanen Fett-Topographie (SFTop)

mittels Lipometer als Bindeglied zu traditionellen Bestimmungsmethoden der Körperzusammensetzung.

Eine kritische Übersicht zu einem neuen Verfahren.

The subcutaneous adipose tissue topography (SAT-Top)

measured by means of Lipometer as a connecting link to the traditional methodology in body composition research.

A critical survey of a new approach.

¹ Institut für Sportwissenschaften der Karl-Franzens Universität Graz; Abtlg. Physiologie und Biometrie des Sports (Leiter: Dr. Peter Hofmann)

² Institut für medizinische Chemie und Pregl-Laboratorium der Karl-Franzens Universität Graz (Vorstand: Univ. Prof. Dr. Gilbert Reibnegger)

Zusammenfassung

Im Bereich der biologischen Wissenschaften haben sich in den letzten Jahren verschiedene Anwendungsmöglichkeiten für einzelne Bestimmungsverfahren der Körpermassenzusammensetzung eröffnet, die über die reine Bestimmung des aktuellen Ernährungszustandes bei weitem hinausgehen. Im Gegensatz zu traditionellen Bestimmungsmethoden, die in erster Linie Aussagen über das anteilige Körpergewebe und dessen Zusammensetzung erlauben, hat die beginnende Theoriebildung eine Neuorientierung mit sich gebracht, die die Bedeutung eines individuellen Ansatzes unterstreicht.

Wir berichten über Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse des neuen optischen Meßsystems Lipometer (Europ. Pat. Nr. 0516251), das eine einfache und rasche Bestimmung der subkutanen Fettschichtdicken beim Menschen ermöglicht und darüber hinaus einen differenzierten Ansatz in der Er-

stellung individueller Fettverteilungsmuster erkennen läßt. Allein mittels dieser Muster gelingt eine geschlechtsspezifische Trennung von Probanden. Darüber hinaus finden sich Anhaltspunkte für stoffwechselbedingte Unterschiede im subkutanen Fettmantel aller Altersstufen, die die Anwendung dieses subkutanen Fett-Kompartiment-Modelles im Hinblick auf den prädiktiven Charakter unterstreichen.

Schlüsselwörter: subkutane Körperfettverteilung, Lipometer, Körperzusammensetzung, Stoffwechsel

Summary

There is a broad variety of possible investigations for the determination of the composition of the human body in the fields of biological sciences during the last years, exceeding

nutritional status. In contrast to traditional methods of body composition measurement and the applications on body tissues and their related composition, the theoretical background implies a more individual basis in this field of investigation.

In this chapter we give a detailed account of experiences and findings of a newly developed optical device (Lipometer) for measuring the thickness of a subcutaneous fat layer [SFTop(ography)] at any given body site in a safe, simple and rapid way. The most important aspect of SFTop is the formation of relative and normalized fat patterns for an individual. These fat patterns give a correct classification of sex related differences in men and women regarding metabolic abnormalities and disturbances through the whole life span. The results of our investigations might imply the application of this subcutaneous adipose tissue compartment model in term of a predictive manner.

Keywords: subcutaneous adipose tissue distribution, Lipometer, body composition, metabolism

Einleitung

Die Bestimmung der Körper(massen)zusammensetzung (Body Composition Analysis; BCA) und Berechnung der anteiligen Gewebe stellt in der Intensivmedizin (z.B. Verschiebungen des Wasserhaushaltes bei Dialysepatienten) und in Teilbereichen biologisch orientierter Wissenschaften eine Notwendigkeit dar, um z.B. den Ernährungszustand und externe Einflüsse auf die anteiligen Körpergewebe erfassen zu können (1, 5, 16).

In den letzten Jahren haben sich in der BCA Meßmethoden etabliert, die über die Erfassung des Körperfettanteils hinaus in der Lage sind, die molekulare Zusammensetzung der interessierenden Gewebe zu bestimmen. Derartige „Mehr-Kompartiment-Modelle“ (9) besitzen den Vorteil, daß Aussagen über die Veränderungen spezifischer Anteile getroffen werden können, die mit den traditionellen „Zwei- oder Drei-Kompartiment-Modellen“ (14) noch nicht möglich waren. Die Bezeichnung „Kompartiment“ kann in diesem Zusammenhang leicht mißverstanden werden, da exakterweise zwischen Kompart-

ments auf unterschiedlichen Stufen der Betrachtungsweise zu differenzieren wäre. In der Folge wird für die Ausführungen der Begriff des Kompartiment auf die molekulare Ebene der Betrachtungsweise beschränkt, was nichts anderes heißt, als daß eine vereinfachte Darstellung des menschlichen Körpers in 2 Komponenten erfolgt. Diese beiden Komponenten, ein fettfreies Kompartiment (Magermasse oder fettfreie Masse) und ein fetter Anteil (Fettmasse), stellen auf der Stufe der molekularen Einteilung eine klassische Unterteilung des Körpers in seiner Zusammensetzung dar. Es gilt aber die Einschränkung, daß keine näheren Angaben über molekulare Veränderungen (Proteinhaltiges Gewebe, Knochenmineralanteil etc.) möglich sind da deren Erfassung auf die Fokussierung einer atomaren Ebene der Betrachtungsweise und deren zugrunde liegender Meßtechnologie abzielt. Bleibt die Anwendung auf der molekularen Ebene im Vordergrund, sind über die beiden Komponenten fettfreie Masse und Fettmasse hinaus zusätzlich Anteile miteinzubeziehen, um die Differenzierungsmöglichkeiten zu erweitern. Diese „Zwei-Kompartiment“ Darstellung und deren Einteilung in Magermasse und fettfreie Masse beinhaltet wohl die jeweiligen Bestandteile, die in Summe das betreffende Kompartiment ergeben. Da aber alle diese Bestandteile zusammengefaßt bestimmt werden, kann keine genaue Differenzierung innerhalb des jeweiligen Kompartiments vorgenommen werden.

Vor allem für die Sportmedizin und angewandte Trainingslehre sollten hochspezialisierte Technologien die Gelegenheit eröffnen, die Auswirkungen unterschiedlicher Trainingsprogramme und Interventionen auf der molekularen Ebene zu verfolgen. Der Einsatz unterschiedlicher Trainingsmethoden, die gezielte Supplementierung von Makronährstoffen, die Feinabstimmung der Vorbereitung eines Athleten auf den Wettkampf; das Wissen um die fundierte Basis dieser diffizilen Bereiche beruht zu einem Großteil auf „Erfahrungen und tradierten Überlieferungen“ und entbehrt oftmals einer wissenschaftlich aufbereiteten Basis. Ob die fortschreitenden Entwicklungen der „Multikomponenten-Modelle“ in der BCA-Methodologie dazu beitragen können, dieses Defizit auszugleichen, bleibt abzuwarten. Neuere Untersuchungen lassen jedoch erkennen, daß sowohl längerfristige als auch kurzfristige Beobach-

tungszeiträume verschiedener Meßgrößen in einem Trainingszyklus Rückschlüsse auf Änderungen der Ernährung und des Trainingsprogrammes zulassen (6, 10, 19).

Kritisch anzumerken ist, daß der Einsatz verschiedener „Mehr-Kompartiment-Modelle“ zur Beschreibung molekularer Bestandteile der Körpergewebe eines spezialisierten Labors bedarf und mit hohem Zeit- und finanziellem Aufwand verbunden ist, sodaß die ständige Überwachung mehrerer Probanden kaum möglich ist. Ein weiteres Manko begründet sich in der fehlenden Möglichkeit, dezidiert Aussagen über die anatomische Topographie einer Veränderung zu treffen, wie sie z.B. infolge eines Krafttrainings oder einer Ernährungsreduktion wünschenswert wären. Hierbei müßte auf Untersuchungsmethoden wie der Computer-Tomographie (CT) mit ihrer hohen Strahlenbelastung oder der Magnet-Resonanz (MRI), die eine sehr kostenintensive Untersuchung darstellt, zurückgegriffen werden (4). Eine zusätzliche Limitierung erwächst durch die Gefahr einer fehlerbehafteten Interpretation, wenn Veränderungen (z.B. Zunahme des Muskelquerschnitts) als eine Hypertrophie des kontraktiven Gewebes angesehen werden und mögliche Flüssigkeitsverschiebungen unberücksichtigt bleiben. Da aufgrund der Auswirkungen körperlicher Aktivität auf das Endokrinum biochemische Prozesse im Körper generiert werden, sollte eine Möglichkeit bestehen, mittels von außen meßbarer Größen (z.B. subkutanes Körperfettgewebe) auf innenliegende Vorgänge zu schließen und diese zu bewerten. Damit ließe sich der Schritt von einem rein quantitativ orientierten Ansatz in der BCA in Richtung individueller Betrachtungsweise tätigen und die Detektion der entsprechenden Variablen (Körperfett, Magermasse) auch topographisch „sichtbar“ machen.

Methodischer Ansatz

Anfang der neunziger Jahre wurde am Institut für medizinische Chemie und Pregl-Laboratorium der Universität Graz ein optisches Meßsystem entwickelt, das über die Möglichkeit der Messung der Dicke subkutaner Fettschichten an jeder beliebigen Stelle des Körpers Aussagen über die jeweilige Fettverteilung („Subkutane Fett Topographie“) eines

Menschen erlaubt (17). Damit wird folgerichtig an die grundlegenden Arbeiten von Vague angeschlossen, der bereits in den fünfziger Jahren die Zusammenhänge zwischen der Fettverteilung und dem Auftreten verschiedener Krankheiten beschrieb (24). Diese Fettverteilung läßt sich auf geschlechtsspezifische Unterschiede zurückführen, wobei die hormonelle Seite für die Ausbildung des androiden (männlicher „Apfeltyp“) und gynoïden (weiblicher „Birnentyp“) Musters verantwortlich sein dürfte. Diese Erkenntnisse wurden nicht erst mit dem Beginn der bildgebenden Verfahren (CT, MRI) wieder aktuell; mittels dieser Verfahren gelingt es aber, die regionalen Anteile des Körperfettgewebes sichtbar zu machen. Damit kann gezeigt werden, wie eng die Zusammenhänge der Körperfettverteilung und bestimmten Stoffwechselprozessen sind (3). Vor allem dem innenliegenden Körperfett (viszerale und intraabdominale Komponente) wird dabei ein besonderer Stellenwert eingeräumt, da in vielen Studien Beziehungen zwischen dem innenliegenden Anteil des Körperfettgewebes und verschiedenen Erkrankungen herzustellen sind (11, 12, 15). Die Bestimmung eines im Bauchraum angesiedelten Fett-Kompartiments gelingt in erster Linie nur mit den oben angeführten abbildenden Verfahren und den damit verbundenen Nachteilen für den untersuchten Probanden. Nach wie vor gilt in diesem Zusammenhang das Verhältnis von Taillen zum Hüftumfang (Waist to Hip-Ratio; WHR) als simpler Maßstab für das innenliegende Körperfett. Näherungsweise dürfte aber über die Kenntnis des Taillenumfanges allein und die Beachtung eines Grenzwertes die exzessive Akkumulation des viszeralen Fettanteiles abschätzbar sein (13).

Mittels des von der Grazer Forschergruppe entwickelten „Lipometers“ wird der Versuch unternommen, individuelle subkutane Fettverteilungsmuster zu finden, die Aussagen über vorliegende Krankheiten und die zugrunde liegenden Stoffwechselprozesse treffen könnten. Das Lipometer stellt eine non-invasive und rasch durchführbare Methode zur Bestimmung der Dicke der subkutanen Fettschichten im Bereich von 0-50 mm mit einer Auflösung von 0.1mm an jeder beliebigen Körpermeßstelle dar. Dabei wird Licht im sichtbaren Bereich ((-660nm) in einer zeitlich variierenden Musterfolge in die interessierende Region eingestrahlt. Die Dicke

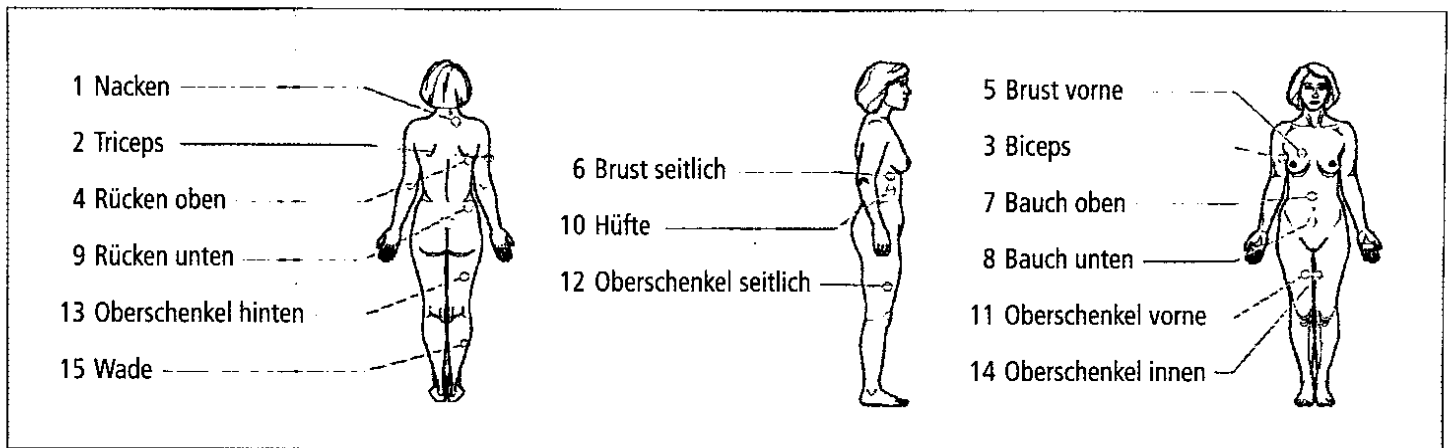


Abbildung 1: Standardisierte Körpermesspunkte (n=15) an der rechten Körperseite für die Ermittlung der Subkutanen Fett Topographie (SFTop)

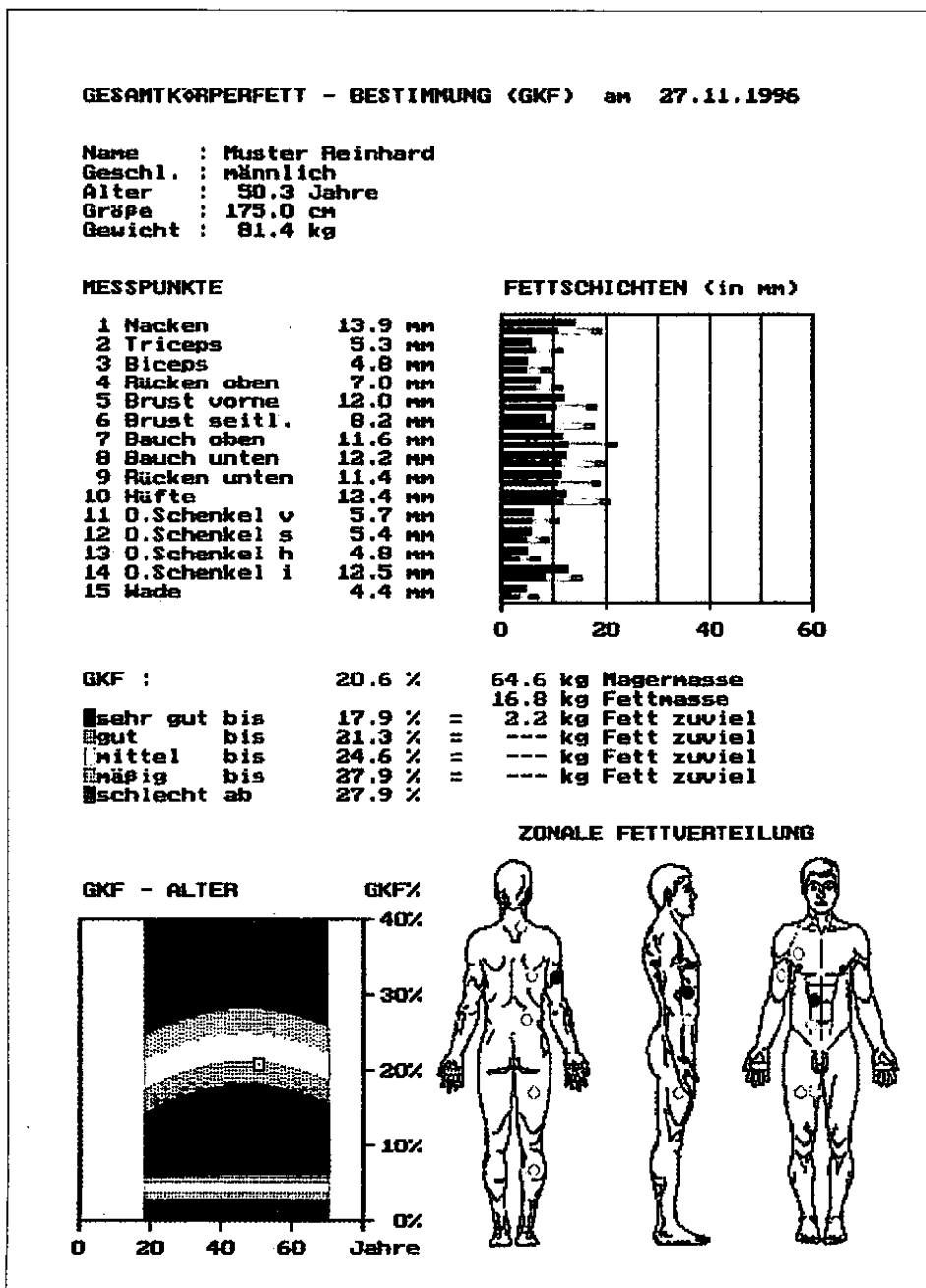


Abbildung 2: Messprotokoll LIPOMETER

der unter der Haut liegenden Fettschicht wird über Intensitätsveränderungen des rückgestreuten Lichts berechnet und mittels eines Computers sowohl analog als auch digital zur Anzeige gebracht. In weiterer Folge kann die subkutane Fettmasse und die Magermasse (Lean Body Mass; LBM) der gemessenen Person berechnet werden. Ein an der Computer-Tomographie und am Total Body Electrical Conductivity (TOBEC) validierter Algorithmus wird als Berechnungsgrundlage für einen zonalen Aufschlag verwendet, mittels dem auch die innenliegende Komponente des Fettgewebes rechnerisch berücksichtigt wird. Damit läßt sich die absolute Fettmasse (in kg) und der relative Anteil des Körperfetts am Gewicht (GKF) ermitteln. Die Messung erfolgt im allgemeinen im Stehen und wird an 15 definierten Stellen (vom Nacken bis zur Wade) an der rechten Körperseite vorgenommen (Abb. 1). Die Ergebnisse der Auswertung werden am Bildschirm angezeigt und ausgedruckt (Abb. 2). Dabei kann jede der 15 Meßstellen im Vergleich zu einem Referenzwert (alters- und geschlechtsspezifisch) bewertet und somit die Abweichung von einer im Normbereich angesiedelten Verteilung angegeben werden. Die qualitative Beurteilung der einzelnen Körpermeßstellen und des gesamten Erscheinungsbildes („sehr gut“ bis „schlecht“) erfolgt aufgrund der erhobenen Werte von etwa 600 Probanden im Altersbereich zwischen 18 und 70 Jahren. Tatsächlich stehen mittlerweile die Ergebnisse entsprechender Untersuchungen an über 6000 Personen zur Verfügung, wobei in naher Zukunft die Daten von 800 Kindern und Jugendlichen (vom 8. bis zum 17. Lebensjahr) als Referenzwerte der unter 20-jährigen, herangezogen werden können (in Vorbereitung)

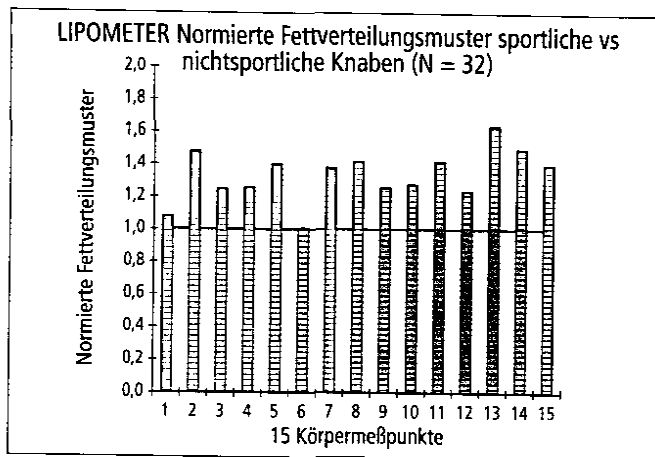


Abbildung 3: Beispiel für ein normiertes Fettverteilungsmuster zweier gegeneinander gestellter Gruppen. Die gerasterte Fläche entspricht einem Fettverteilungsmuster nichtsportlicher Knaben ($n=120$; mittleres Alter: 12.7 Jahre), das auf den Wert „1“ normiert ist. Die roten Balken charakterisieren das entsprechende Fettverteilungsmuster sportlicher Knaben ($n=183$; mittleres Alter: 13.7 Jahre). Die Nummern 1-15 entsprechen den verwendeten Messpunkten (vgl. Abb. 2)

Der Neugigkeitscharakter des Lipometers besteht nicht nur darin, daß eine schnell durchführbare und hochvalide Bestimmung der Dicke des Unterhautfettgewebes möglich ist, ohne den Probanden einer Belastung auszusetzen. Wesentlicher erscheint die Ermittlung von relativen und normierten Fettverteilungsmuster(n) für eine differenzierte Betrachtungsweise. Für die Angabe von relativen Mustern werden die Werte der an den 15 Meßstellen bestimmten Fettschichtendicken zum Mittelwert der Meßstellen einer gemessenen Person in Beziehung gesetzt. Für das Auffinden der normierten Muster müssen die mittleren absoluten Werte der Meßstellen eines Untersuchungskollektivs (z.B. sportliche Knaben) nach Division durch die mittleren absoluten Werte des interessierenden Referenzkollektivs (z.B. nicht sportliche Knaben) in Beziehung zueinander gebracht werden (Abb. 3).

Epidemiologische Bedeutung

Mit diesem Ansatz lassen sich geschlechtsspezifische Differenzierungen von Probanden und hormonell bedingte Abweichungen von einem als „Normal“ postulierten Referenzprofil erkennen, die somit unabhängig von einem Gesamt-Körper-Fettanteil erfolgen können. Ein als „Norm“ anzusehendes Referenzprofil basiert allerdings auf der Annahme, daß die beobachteten Muster, die als Vergleich für ein Untersuchungssample fungie-

ren, an gesunden Probanden bestimmt wurden. Damit müßte zuerst entschieden werden, innerhalb welchen Bereiches verschiedene biochemische Parameter vorzuliegen haben, um in Kombination mit der Fettverteilung ein „gesundes und normales“ Muster zu erzeugen. Die Beantwortung dieser Frage ist beim derzeitigen Stand der Forschung nicht definitiv zu entscheiden, sodaß bei der Differenzierung der Fettverteilungsmuster auf die jeweilig zu prüfende Variable bei den als Ver-

gleich fungierenden Probanden nur im Sinne eines Ausschlusses (dieses Merkmal liegt nicht vor) vorgegangen werden kann bzw. a priori kein differenzierendes Entscheidungsmerkmal postuliert wird, sondern nur 2 Gruppen gegeneinander gestellt und erst im Anschluß an die statistischen Verfahren die Ursachen für mögliche Unterschiede gesucht werden. Unter diesem Gesichtspunkt erlangt der Gesamt-Körperfettanteil nur mehr zweitrangige Bedeutung, da über die jeweilige Verteilung des subkutanen Fettmantels auf bestimmte Stoffwechselprozesse geschlossen wird.

Die Frage nach dem absoluten Anteil der Fettmasse am Körpergewicht muß somit um die Differenzierungsmöglichkeit einer Verteilungsbestimmung (Lokalisation und Quantität) des subkutanen Fettgewebes erweitert werden. Diese auf eigenen Untersuchungen basierenden Überlegungen dürfen allerdings nicht zu der Annahme verleiten,

daß beim Vorliegen einer ungünstigen Fettverteilung (in welcher Form auch immer) diese nur mehr zu korrigieren sei und eine z.B. bestehende Adipositas keinerlei negative Auswirkungen mehr auf das Stoffwechselsystem der betreffenden Person besitze. Ein „Zurechtrücken“ des Fettverteilungsmuster in eine „günstigere Verteilung“ erfolgt sicher nicht über einen punktuellen Eingriff in den subkutanen Fettmantel, indem z.B. versucht wird, zonal an den, von den Meßwerten her abweichenden Körperstellen, Fettgewebe abzubauen und damit das Endokrinum wieder ins Lot zu bringen. Mittels der Beobachtung bestimmter Muster wird nur die Bedeutung der subkutanen Fettakkumulation an bestimmten Körperstellen als der nach außen gebrachte „Daumenabdruck“ biochemischer Prozesse im Fettmantel einer Person verstanden. So lassen sich Typ-I Diabetiker von nichtdiabetischen Personen des gleichen Alters und Geschlechts aufgrund der relativen Fettverteilungsmuster unterscheiden; d.h. das Meßsystem Lipometer ist in der Lage, nur über die Kenntnis des Verhältnis der einzelnen Meßstellen untereinander eine derartige Differenzierung vorzunehmen (23). Die dabei erreichte Trennschärfe mittels statistischer Verfahren (Diskriminanz- und Clusteranalysen) ergibt in über 80% der Fälle eine korrekte Klassifizierung. Das bedeutet, daß von 10 mit dem Lipometer gemessenen Diabetikern auch 8 als Diabetiker klassifiziert werden. Umgekehrt heißt das aber auch, daß in einer willkürlichen Stichprobe von erwachsenen Personen und deren nachfolgender Fettverteilungsbestimmung bei einer Trefferwahrscheinlichkeit von über 80% ein Nicht-Diabetiker von einem Diabetiker unterschieden werden kann. Berücksichtigt man die Schwierigkeit einer invasiven Bestimmung (Clamptechnik) und deren Aussage-

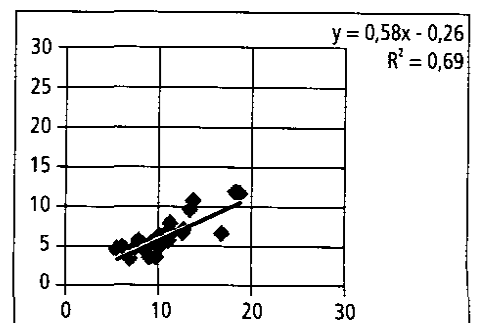
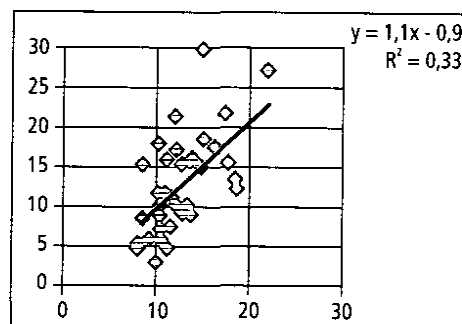


Abbildung 4: Lineare Regression zwischen der Variable Leptin (in ng/ml; y-Achse) und der Messstelle Rücken oben (in mm; x-Achse) bei adipösen Knaben. Linke Abb. vor -, rechte Abb. nach 3 Wochen Diät und Sport

kraft, so liegen die erzielten Trennschärfen nahe an den mit Laborvariablen zu erzielenden Werten.

Auch bei Kindern und Jugendlichen konnte gezeigt werden, daß mittels des Lipometers auf bestimmte interne Veränderungen infolge externer Umstände geschlossen werden kann. In einer Querschnittsuntersuchung, die die Frage behandelte, ob Leistungssport bei Knaben zwischen dem 13. und 20. Lebensjahr eine Veränderung der Fettverteilung mit sich bringt, bzw. ob sich sportliche Knaben von nicht-sportlichen Gleichaltrigen aufgrund der Fettverteilung unterscheiden, wurde festgestellt, daß in einer Gruppe von 13- bis 16 jährigen Probanden eine Differenzierung in Sport-Nichtsport in 90% der Fälle möglich ist. 9 von 10 Knaben werden somit aufgrund der relativen Fettmuster (unabhängig vom Gesamtkörperfettanteil) korrekt klassifiziert. In einem sehr engen mittleren Altersbereich (16.2 bis 17.4 Jahre) läßt die statistische Verrechnung keine Möglichkeit einer Trennung in leistungssporttreibende und nichtsportliche Jugendliche zu, wobei diese Besonderheit vermutlich mit hormonell bedingten Umbauprozessen zu erklären ist. Über dem 18. Lebensjahr konnten über 90% der gemessenen Probanden richtig zugeordnet werden (21). Diese Befunde sind insofern von Bedeutung, als es erstaunlich ist, daß rein über die relative Verteilung des subkutanen Fettmantels „entschieden“ werden kann, wer Leistungssport treibt oder nicht. Eine globale Reduktion des Unterhautfettgewebes infolge intensiven Trainings hätte alle Meßstellen betroffen und keine „Verschiebung“ der relativen Verteilung nach sich gezogen. Würde sich Leistungssport andererseits „nur“ in einer Körperfettreduktion äußern, könnte keine Trennung aufgrund der relativen Verteilung erfolgen, was unter den gegebenen Umständen die Frage aufwirft, ob Leistungssport ein anderes Fettmuster mit sich bringt, also im Laufe des Trainings zonal Fett abgebaut wird, oder ein genetisch konstitutiver Faktor vorliegt. Die Kontroverse in der geführten Diskussion, ob der Körper infolge Diät und Sport global oder zonal Körperfett abbaut, erhält auch durch die neuesten Befunde in der Adipositasforschung einiges an diskussionswürdiger Grundlage.

Die Untersuchungen bei Diätinterventionen und die Interpretation der Ergebnisse

eines möglichen Verlustes an subkutaner Fettmasse mittels der Kalipermessung sind eindeutig durch die Problematik des Wasserverlustes limitiert. Oftmals ist es am Beginn einer Diät nicht möglich, bei adipösen Personen eine repräsentative Hautfalte abzuheben und diese zu messen. Infolge Veränderungen des Hydrationsgrades des Gewebes sind die absoluten Werte der verschiedenen Hautfalten nach einer entsprechenden gering-kalorischen Diät deutlich reduziert. Dies könnte als zonale Reduktion des subkutanen Fettgewebes aufgefaßt werden, wenn einerseits ausreichend Meßstellen ($n > 10$) für die Bestimmung der Fettmasse herangezogen werden um eine Verallgemeinerung der Aussagen für den ganzen Körper zu treffen, und andererseits der Kaliper die tatsächliche Dicke des Unterhautfettgewebes an der betreffenden Stelle anzeigen würde und nicht den doppelten Wert plus dem dazwischen liegenden Gewebe. Werden andere Meßmethoden (Bioimpedanzanalyse o.ä.) zur Bestimmung der Körperzusammensetzung und des anteiligen Körperfettgewebes herangezogen, finden sich oftmals signifikante Abnahmen des absoluten und prozentualen Fettanteils, die bereits nach einigen Wochen Diät nachweisbar sind, jedoch keine Aussagen über den Ort der Fettreduktion erlauben. Limitierend für die Aussagekraft entsprechender Befunde ist ebenso die Abweichung der Impedanzmessung gegenüber verschiedenen Referenzmethoden, die für das Ganzkörperwasser (TBW) im Bereich von 0.3 kg bis 3.5 kg liegt und für die fettfreie Masse (FFM) 1.7 kg bis 4 kg betragen kann (8). Kurzfristige Änderungen der Körperzusammensetzung (Ernährungsumstellungen, Verschiebungen der Wasserbilanz etc.) müssen aufgrund der Variationskoeffizienten der BIA recht deutlich ausfallen um die entsprechenden Änderungen auf die Intervention zurückführen zu können.

Klinisch-Therapeutische Anwendung

Im Zuge der von verschiedenen Institutionen angebotenen Diätferien für adipöse Kinder und Jugendliche lassen sich oft deutliche Gewichtsreduktionen erzielen, die sich immer aus einem aliquoten Anteil an Magermasse (LBM) und Fettmasse zusammensetzen. Eine

an 64 Kindern und Jugendlichen (34 Buben, 30 Mädchen) eines steirischen Diätferienlagers mit dem Lipometer durchgeführte Untersuchung zeigte, daß die Abnahme subkutaner Fettschichten generell sehr gering ist. Über alle 15 Meßstellen betrachtet, verringerten sich diese bei den Jungen von 12.8 auf 11.8 mm, bei den Mädchen von 13.3 auf 12.8 mm. Dies entspricht einer errechneten Abnahme der Fettmasse bei den Jungen von -2.5 ± 1.8 kg, bei den Mädchen von -1.4 ± 1.8 kg (22). Nach 3 Wochen Sport und Diät läßt sich bei den Mädchen eine gleichmäßige Verringerung der Werte an annähernd allen Meßstellen finden, während bei den Knaben die Fettschichten am Körperstamm bevorzugt abgebaut wurden. Eine bei beiden Geschlechtern auftretende Besonderheit liegt in der Zunahme der Werte an 2 Meßstellen (am unteren Bauch und unteren Rücken lokalisiert) nach der Intervention im Vergleich zu den jeweiligen Werten vorher.

Sehr hohe Korrelationen konnten auch zwischen der Dicke einiger Meßstellen und der Laborvariable Leptin bei Jungen gefunden werden (18). Leptin gilt in Verbindung mit dem Neuropeptid Y als Marker der Ernährungssituation und zeigt einen hohen Zusammenhang mit der Körperfettmasse des Menschen (2). Ungeachtet der physiologischen Regelkreise ist dieser Befund erstaunlich, da am Ende des Lagers das Bestimmtheitsmaß (R^2) zwischen dem Leptinspiegel und der absoluten Dicke der Meßstelle Rücken oben bei den Jungen bei 0.69 lag, während die entsprechenden Werte am Beginn des Lagers einen wesentlich geringeren Zusammenhang ($R^2 = 0.33$) ergaben (Abb. 4). Im Vergleich zu einer parallel dazu durchgeführten Impedanzmessung zeigt sich, daß der Zusammenhang mit Leptin und der errechneten Fettmasse schwächer ist als allein mittels dieser Meßstelle am Ende des Lagers. Warum das Peptid Leptin, das als Indikator des Fettgewebes angesehen wird, vor einem Diät- und Sportprogramm (im Normalfall also in einem schlechteren physischen Zustand der Jungen und dementsprechend in stärkerem Maße mit der Dicke des subkutanen Fettgewebes assoziierbar) eine geringere Korrelation mit dem Fettgewebe aufweist als nach der Intervention, kann nur vermutet werden. Zumal die mittels Lipometer berechneten Verluste an Fettmasse bei den Jungen im Mittel moderat sind und diese Abnahme die

drastische Verringerung der Leptinkonzentration auf 50% der Ausgangswerte nicht hinreichend erklärt, sind mögliche Zusammenhänge auf der Regelkreisebene mit männlichen Geschlechtshormonen und einem genetisch bestimmten Fettverteilungsmuster zu diskutieren. Diese Überlegungen könnten in weiterer Folge auch Anhaltspunkte darstellen, die für einen selektiven Abbau subkutaner Fettschichten an bestimmten Körperregionen sprechen.

Schlußfolgerung

Diese Übersicht über derzeit laufende Untersuchungen läßt erkennen, daß sich im Bereich der BCA eine inhaltliche und methodische Weiterentwicklung ergibt, die über einen rein quantitativen Ansatz in der Messung entspre-

chender Körperkompartments hinausgeht. Die aktuelle Forschung stützt sich in den Referenzmethoden und der Grundlagenforschung auf komplexe Bestimmungsverfahren wie der In Vivo Neutronen Aktivierungs Analyse (IVNAA) (20) und den Multikomponenten-Methoden auf der molekularen Ebene (7). Diese Entwicklung trägt dazu bei, die tatsächliche Zusammensetzung des menschlichen Körpers in seinen elementaren Bestandteilen meßbar zu machen und neue „Goldstandards“ aufzustellen, an denen herkömmliche Meßsysteme zu validieren sind.

Unter der Berücksichtigung, daß das biologische System Körper einem dynamischen Prozeßcharakter unterliegt, tritt ein generelles Problem aller BCA-Methoden in Erscheinung. Die Bestimmung der Zusammensetzung des Körpers kann immer nur eine aktuelle, statische Bestandsaufnahme sein, und

die Rückführung einer Veränderung als solcher auf eine Intervention oder sonstiger externer Umstände muß über eine lineare Ursachen-Wirkungs-Relation erfolgen. Es bleibt abzuwarten, ob die Abbildung eines einzigen Körperfett-Kompartments (dieses dafür beliebig oft und an allen Körpermeßstellen) Systemcharakter aufweist und eher den dynamischen Prozeß widerspiegelt als derzeitige Multikomponentenmodelle. Das komplexe Stoffwechselgeschehen und die Einstellung des Endokrins auf externe Gegebenheiten, wird lang- und kurzfristige Anpassungsmechanismen generieren, die sich in verschiedenen biochemischen Parametern ausdrücken. Darüber hinaus gilt es, die Suche nach den Markern dieser Größen fortzusetzen und Grundstrukturen (die Einstellung einer langfristigen Anpassung) und Überlagerungsmuster (kurzfristig wirksam werdende

Zeel comp.



Zeel comp. – für mehr Bewegung und Entlastung in Ihrem Budget

Injektionslösung - Tabletten

Zusammensetzung: Injektionslösung: 1 Ampulle zu 2,0 ml (= 2 g) enth.: Arzneilich wirksame Bestandteile: Toxicodendron quercifolium e summitibus rec. Dil. D 4 (HAB 1, Vorschrift 2a, 7) 10,0 mg; Arnica montana Dil. D 4 2,0 mg; Solanum dulcamara Dil. D 4 1,0 mg; Sanguinaria canadensis Dil. D 4 1,0 mg; Sulfur Dil. D 10 3,0 mg. Die Bestandteile 1 bis 5 werden über die letzten beiden Stufen gemäß HAB 1, Vorschrift 40a gemeinsam potenziert. Tabletten: 1 Tabl. zu 301,5 mg enth.: Arzneilich wirksame Bestandteile: Toxicodendron quercifolium e summitibus rec. Trit. D 2 (HAB 1, Vorschrift 2a, 7) 1,00 mg; Arnica montana Trit. D 2 0,50 mg; Solanum dulcamara Trit. D 2 0,30 mg; Sanguinaria canadensis Trit. D 2 0,45 mg; Sulfur Trit. D 6 0,75 mg. Die Bestandteile 1 bis 3 werden gemäß HAB 1, Vorschrift 40c gemeinsam potenziert. Sonstige Bestandteile: Magnesiumstearat, Lactose. **Gegenanzeigen:** Injektionslösung: Überempfindlichkeit gegen Giftsumachgewächse und Korbblütler. Tabletten: Überempfindlichkeit gegen Giftsumachgewächse. **Nebenwirkungen:** Injektionslösung: In seltenen Fällen kann es bei Überempfindlichkeit gegen Giftsumachgewächse und Korbblütler zu anaphylaktischen Reaktionen kommen. **Hinweis:** In seltenen Fällen kann es nach intraartikulärer Applikation von Zeel comp. zu vorübergehenden schmerzhaften Reizzuständen des Gelenkes, evtl. mit steriler Ergußbildung kommen; eine entzündungshemmende Behandlung führt zum Abklingen der Beschwerden. **Wechselwirkungen mit anderen Mitteln:** Nicht bekannt. **Dosierungsanleitung:** Injektionslösung: Im allgemeinen 2mal wöchentlich 1 Ampulle, bei großen Gelenken jeweils 2 Ampullen, i.m., s.c., i.c., i.v., intraartikulär bzw. periartikulär, ggf. paravertebral. Tabletten: Im allgemeinen 3-5mal täglich 1 Tablette einnehmen (oder im Munde zergehen lassen). **Darreichungsformen und Packungsgrößen:** Injektionslösung: Packungen mit 10 (N1) DM 29,97, 50 (N2) DM 114,07 und 100 (N3) Ampullen zu 2,0 ml DM 206,13, Reg.-Nr.: 19348.00.02. Tabletten: Packungen mit 50 (N1) DM 9,80 und 250 (N2) Tabletten DM 35,40, Reg.-Nr.: 19348.00.01.

Stand: 1. Februar 1998



• risikoarm

kassenüblich

-Heel

Biologische Heilmittel Heel GmbH, Baden-Baden
Tel. (0 72 21) 5 01-00, Fax 5 01-2 80, <http://www.heel.de>

Einstellparameter) am subkutanen Fettmantel zu erkennen. Damit ließe sich die Lücke zu den „klassischen“ BCA-Methoden schließen und ein variabler Einsatzbereich der Subkutanen Fett-Topographie bestätigen.

Literatur

1. Brodie, D.A.: Techniques of measurement of body composition. Part I. Sports Med. 5; (1988), 11-40
2. Considine, R.V., M.K. Sinha, M.L. Heiman, A. Kriauciunas, T.W. Stephens, M.R. Nyce, J.P. Ohanesian, C.C. Marco, L.J. McKee, T.L. Bauer and J.F. Caro: Serum immunoreactive leptin concentrations in normal-weight and obese humans. N. Engl. J. Med. 334 (1996), 292-295
3. Despres, J.-P.: Obesity and lipid metabolism: relevance of body fat distribution. Curr. Opin. Lipid. 2 (1991), 5-15
4. Despres, J.P., R. Ross, S. Lemieux: Imaging Techniques Applied to the Measurement of Human Body Composition. in: A.F. Roche, S.B. Heymsfield, T.G. Lohman (eds.): Human Body Composition. Human Kinetics; Champaign, IL; (1996), 149-166
5. Fischer, H., B. Lembcke: Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. Inn. Med. 18 (1) (1991), 13-17
6. Gornall, J., R.G. Villani: Short-term changes in body composition and metabolism with severe dieting and resistance exercise. Int. J. Sport Nutr. 6 (1996), 285-294
7. Heymsfield, S.B., Z.M. Wang, R.T. Withers: Multi-component Molecular Level Models of Body Composition Analysis. in: Roche, A.F., S.B. Heymsfield, T.G. Lohman (eds.): Human Body Composition. Human Kinetics; Champaign, IL; (1996), 129-147
8. Houtkooper, L.B., T.G. Lohman, S.B. Going, W.H. Howell: Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. Am. J. Clin. Nutr. 64 (suppl) (1996), 436S-488S
9. Jebb, S.A., M. Elia: Multi-compartment models for the assessment of body composition in health and disease. in: Davies, P.S.W., T.J. Cole (eds.): Body Composition Techniques in Health and Disease. (Society for the studies of human biology symposium series; 36) University Press Cambridge (1995), 240-254
10. Kreider, R.B., R. Klesges, K. Harmon, P. Grindstaff, L. Ramsey, D. Bullen, L. Wood, Y. Li, and A. Almada: Effects of Ingesting Supplements Designed to Promote Lean Tissue Accretion on Body Composition During Resistance Training. Int. J. Sports Nutr. 6 (1996), 234-246
11. Lapidus, L., C. Bengtsson, B. Larsson, K. Pennert, E. Rybo, L. Sjöström: Distribution of adipose tissue and risk of cardiovascular disease and death: a 12 year follow up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden. Br. Med. J. 289 (1984), 1257-1261
12. Larsson, B., K. Svärdsudd, L. Welin, L. Wilhelmsen, P. Björntorp, G. Tibblin: Abdominal adipose tissue distribution, obesity, and risk of cardiovascular disease and death: 13 year follow up of participants in the study of men born in 1913. Br. Med. J. 288 (1984), 1401-1404
13. Lemieux, S., D. Prud'homme, C. Bouchard, A. Tremblay, and J.-P. Despres: A single threshold value of waist girth identifies normal-weight and overweight subjects with excess visceral adipose tissue. Am. J. Clin. Nutr. 64 (1996), 685-693
14. Lukaski, H.C.: Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. Am. J. Clin. Nutr. 46 (1987), 537-556
15. Matsuzawa, Y., I. Shimomura, T. Nakamura, Y. Keno, K. Kotani, K. Tokunaga: Pathophysiology and Pathogenesis of Visceral Fat Obesity. Obes. Res. 3 (Suppl. 2) (1995), 187s-194s
16. Morgan, D.B.: Clinical application of measurement of body composition. Clin. Phys. Physiol. Meas. 3 (2) (1982), 89-102
17. Möller, R., E. Tafel, K.H. Smolle, P. Kullnig: „Lipometer“: determining the thickness of a subcutaneous fatty layer. Biosens. Bioelectron. 9 (1994), 13-16
18. Möller, R., E. Tafel, K.M. Sudi, P. Hofmann, M. Borkenstein, G.F. Föger and G. Reibnegger: Leptin and body fat topography in obese children. in: J. Welsman, N. Armstrong and B. Kirby (eds.): Children and Exercise XIX. Volume II of the proceedings of the XIXth International Symposium of the European Group of Pediatric Work Physiology, 16-21 September 1997. Exeter, Washington Singer Press 1997: 143-146
19. Ryan, A.S., R.E. Pratley, D. Elahi, and A.P. Goldberg: Resistive training increases fat-free mass and maintains RMR despite weight loss in postmenopausal women. J. Appl. Physiol. 79 (3) (1995), 818-823
20. Ryde, S.J.S.: In vivo neutron activation analysis: past, present and future. in: Davies, P.S.W., Cole, T.J. (eds.): Body Composition Techniques in Health and Disease. (Society for the studies of human biology symposium series; 36) University Press Cambridge (1995), 14-37
21. Sudi, K., E. Tafel, R. Möller, P. Hofmann and G. Reibnegger: Das Lipometer. Ein neues optisches Meßsystem zur Bestimmung der Dicke subkutaner Fettschichten. Erfahrungswerte in der praktischen Anwendung bei jugendlichen Leistungssportlern. in: Müller, E., H. Schwameder (Hrsg.): Aspekte der Sportwissenschaft. ÖSG; Salzburg (1996), 133-145
22. Sudi, K.M., M. Lang, R. Möller, E. Tafel, G. Reibnegger, M.H. Borkenstein and P. Hofmann: Effects on Body Composition during weight reduction in obese children. in: J. Welsman, N. Armstrong, B. Kirby (eds.): Children and Exercise XIX. Volume II of the proceedings of the XIXth International Symposium of the European Group of Pediatric Work Physiology, 16-21 September 1997. Exeter, Washington Singer Press 1997: 147-151
23. Tafel, E., R. Möller, T.R. Pieber, K. Sudi, K. Vrecko, R. Horejsi and G. Reibnegger: Lipometer-different subcutaneous fat pattern in children and adults with diabetes type I (IDDM) and in healthy controls. BIOS (Poster presentation); Vienna 1996
24. Tanaka, K., T. Hiyama, Y. Watanabe et al.: Assessment of exercise-induced alterations in body composition of patients with coronary heart disease. Eur. J. Appl. Physiol. 66 (1993), 321-327
25. Vague, P.: The degree of masculine differentiation of obesities. A factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout and uric calculus disease. Am. J. Clin. Nutr. 4 (1956), 20-34

Anschrift für die Autoren:

Dr. Karl Michael Sudi
 Institut für Sportwissenschaften
 Karl-Franzens Universität,
 Mozartgasse 14
 8010 Graz,
 Österreich
 Tel.: (03 16) 3 80/23 39
 e-mail: karl.sudi@kfunigraz.ac.at