



Suchbegriff hier eingeben

Energiebereitstellung über Fette – Citratzyklus und Ketogenese

4. November 2011 | Von **Holger Gugg** | Kategorie: **Aktuelles**, **Blogger: Holger Gugg**, **Fettsäuren**

Gefällt mir Dir gefällt das



Liebe BLOG-Leserinnen und -Leser, liebe PEAK-Kundinnen und -Kunden,

vor einiger Zeit habe ich mich bereits mit dem Thema Adipositas und seinen weitreichenden Auswirkungen auf die Gesundheit befasst.

Adipositas – Nicht nur ein optisches Problem

In einem weiteren BLOG habe ich die Adipozyten, die Fettzellen unseres Körpers durchleuchtet und mich mit deren Auf- und Abbauvorgängen beschäftigt.

Fettabbau und Fettaufbau / Stoffwechsel der Adipozyten – Teil I

Fettabbau und Fettaufbau / Stoffwechsel der Adipozyten – Teil II

Diese finden je nach Bedarf über eine Reihe von Enzymen und Botenstoffen statt. Überschüssiges Nahrungsfett wird als Triglycerid-Verbindung in den Adipozyten gespeichert. Wird Bedarf angemeldet, müssen eingespeicherte Fette wieder abgegeben und in für den Körper verwertbare Energie umgewandelt werden. Fett in seiner Form kann nicht direkt als Energieträger für beispielsweise eine Muskelkontraktion werden, oder unser Gehirn mit Energie versorgen. Hierzu bedarf es einer Vielzahl an Umwandlungsschritten.

Mit genau diesen möchte ich mich heute befassen und den Leserinnen und Lesern einen Einblick in die grundlegenden Stoffwechsellvorgänge unserer Zellen im Umgang mit Fetten geben.



Fette

Fette (auch Lipide genannt) sind organische Substanzen mit einer schlechten Löslichkeit in Wasser, jedoch einer guten Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln. Unter den Begriff Fette fallen Fettsäuren, die Triglyceride (Neutralfett), Cholesterin, Phospholipide, Wachse, Terpene, Eicosanoide, Glycolpide, Cerebroside und Ganglioside.

Funktionen

Die verschiedenen Fette haben eine Vielzahl an unterschiedlichen Funktionen.

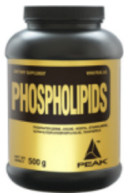
Fettsäuren dienen dem Körper als relativ schnell verfügbares Energiesubstrat im aeroben Stoffwechsel (sauerstoffabhängig).

Triglyceride sind der wichtigste Energiespeicher unseres Organismus. Als Depot- oder Baufett schützen sie uns zudem vor Kälte und mechanischen Beanspruchungen.

Interessant:

Ca. 90% der Nahrungsfette sind Triglyceride, langkettige Fettsäuren. Diese dienen der Energiebereitstellung.

Phospholipide und Glykolipide (Fette, die im Molekül einen Kohlenhydratbestandteil enthalten) dienen als Bausubstrate für die Synthese von Membranbestandteilen unserer Zellen.



Cholesterin dient als Vorstufe für die Synthese von Steroidhormonen und ist nötig für die Bildung von Galle zur Fettverdauung.

Eicosanoide verbessern die Kommunikation zwischen einem Botenstoff und der Zielzelle.

Fette (Lipide) dienen nicht wie Kohlehydrate „NUR“ als Energieträger, sondern erfüllen eine Vielzahl an wichtigen teils essentiellen Funktionen im Körper. Dies macht sie zu einem wesentlich wertvolleren Nährstoff.

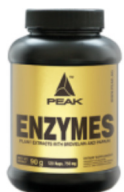
Verdauung und Resorption von Fetten

Die Verdauung der Fette beginnt bereits im Magen. Der Hauptteil findet jedoch im Duodenum (Zwölffingerdarm) und dem Jejunum (Leerdarm – einen Teil des Dünndarms) statt.

Magen

Das Enzym Lipase spaltet Triglyceride in Monoglyceride, freie Fettsäuren und Glycerin. Das Enzym Cholesterolesterase hydrolysiert Cholesterinverbindungen. Phospholipasen und Phosphatases verdauen Phospholipide. All diese Enzyme entstammen der Bauchspeicheldrüse (Pankreas).

Durch die Aktivität der Enzyme im Magen werden bis zu 15% der in den Nahrungsfetten enthaltenen Fettsäuren freigesetzt. Bei Verdauungsstörungen oder hoher Kalorienaufnahme (über 4000kal) kann es hilfreich sein, Verdauungsenzyme zu supplementieren.



Zwölffingerdarm

Die Leber produziert die zur Fettverdauung benötigte Galle. Diese wird in der Gallenblase gespeichert und bei Bedarf in den Zwölffingerdarm abgegeben. Wirksamer Bestandteil der Galle sind die Gallensalze. Mit Hilfe der Gallensäuren, Phospholipiden und bereits vorhandener b-Monoacylglyceride werden die aus dem Magen ankommenden Fette emulgiert (intensives Mischen fester und wässriger Flüssigkeiten) und zu Mizellen (Transporteinheiten) ausgebildet.

Mizellen bestehen aus ca. 35% Gallensäuren, 45% freien Fettsäuren, 5% Livophospholipid, 2% Cholesterin und 1% fettlöslicher Vitamine.

Ohne Cholesterin keine Bildung von Galle und folglich auch keine Mizellenbildung, kein Transport und keine Resorption von Fetten und fettlöslichen Vitaminen.

Dünndarm

Im Dünndarm findet die Aufnahme der Mizellen über die in der Dünndarmschleimhaut befindlichen Mucosazellen statt. Für diese Aufnahme wird die in den Mizellen enthaltene Gallensäure benötigt. Kurzkettige freie Fettsäuren können auch ohne Anbindung die Dünndarmschleimhaut überwinden und gelangen direkt ins Blut und weiter zur Leber.

Vor der Resorption werden die Mizellen-Bestandteile rekonstruiert, und es werden Chylomikronen gebildet, die dann über den Dünndarm in die Lymph/Blutbahn aufgenommen werden. Bei Chylomikronen handelt es sich um Lipoproteine. Sie dienen als Transporteinheiten für wasserunlösliche Substanzen (siehe BLOG Cholesterin).

Resorption

Resorption ist im Allgemeinen die Aufnahme von Nahrungsbestandteilen über den Darm. Es kann zwischen einer aktiven und passiven Resorption unterschieden werden.

Passiv

Im Dünndarm verhält es sich so, dass das Dünndarmlumen (Innenraum) eine hohe Konzentration an Lipidbestandteilen aufweist, die Zellen der Darmschleimhaut jedoch eine niedrige Konzentration haben und es zum passiven Übergang im Rahmen der Osmose kommt. Für Osmose ist ein beschriebenes Konzentrationsgefälle nötig.

Aktiv

Aktive Resorption ist auch gegen ein Konzentrationsgefälle nötig. Hierzu werden Transportmoleküle und Energie in Form von ATP benötigt.

Fette wandern an Chylomikronen gebunden in den Blutkreislauf und gelangen so letztlich zu deren Bestimmungsort im Körper.

Interessant:

Eine Störung der Fettverdauung steht meist in Zusammenhang mit einem Mangel an fettlöslichen Vitaminen.

Bildung von Energiespeichern über Fette (Lipogenese)

Das Auffüllen von Energiespeichern ist eine der Hauptfunktionen der Fette. Der genaue Vorgang der Lipogenese wurde bereits ausführlich in meinem BLOG über Adipozyten behandelt.

Fettabbau und Fettaufbau / Stoffwechsel der Adipozyten – Teil I

Fettabbau und Fettaufbau / Stoffwechsel der Adipozyten – Teil II

Fest steht, dass für den momentanen Bedarf nicht benötigte Fette (Lipogenese) als auch nicht benötigte Glucose aus dem Blut (Liponeogenese) für das Auffüllen von Adipozyten als Energiespeicher verwendet werden.

Nach der Aufnahme nicht benötigter Fette kommt es über mehrere Umwandlungsschritte zur Ausbildung von Triglyceriden, der Speicherform in den Adipozyten.

Die Triglyceridsynthese findet im Zytoplasma der Zelle statt. An der Synthese beteiligt, sind

- Acyl-COA
- Glycerolphosphat
- Acyltransferase-Enzyme (ATF)

Interessant:

Da die ATF-Enzyme unterschiedlich gut mit Acyl-COA zusammenarbeiten, kommt es oftmals zu einer asymmetrischen Fettverteilung im Körper (z.B. Hüfte links zu Hüfte rechts).

Fazit:

Nicht benötigte Fette werden als Triglyceride in den Adipozyten abgelegt.

Energiebereitstellung über freie Fettsäuren

Freie Fettsäuren können:

- entweder direkt über Beta-Oxidation, über den Citratzyklus und die Atmungskette zur aeroben Energiegewinnung herangezogen werden.
- oder aber in der Leber abgebaut und in Ketonkörper umgewandelt werden

Welcher Weg gewählt wird, hängt von der allgemeinen Versorgungssituation (hauptsächlich mit Glucose) ab. Mit dem Ketonkörper-Stoffwechsel schafft sich der Organismus ein alternatives Energiesubstrat, welches die Glucose zu Fastenzeiten ersetzen kann.



Citratzyklus – ATP-Bildung aus Fettsäuren

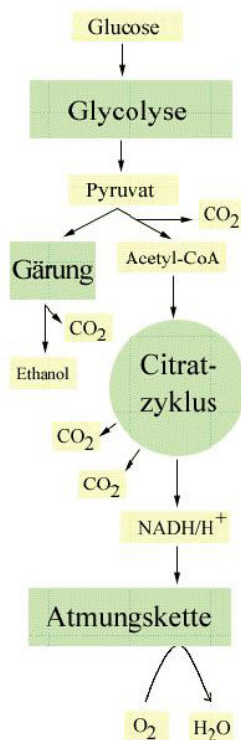
Der Weg von der Fettsäure in den Citratzyklus

Der Citratzyklus ist einer der wichtigsten Stoffwechselwege der menschlichen Zellen und nimmt eine zentrale Rolle in der aeroben Energiebereitstellung ein.

Bei der Verstoffwechslung von Glucose kommt es im vorgestellten Schritt zur Bildung von Pyruvat und weiter zu Acetyl-CoA, welches dann in den Citratzyklus eintritt.

Im Falle der Fettsäuren entsteht das Acetyl-CoA im Rahmen Beta-Oxidation (aufgrund des besseren Zusammenhangs beschrieben im Punkt Ketogenese).

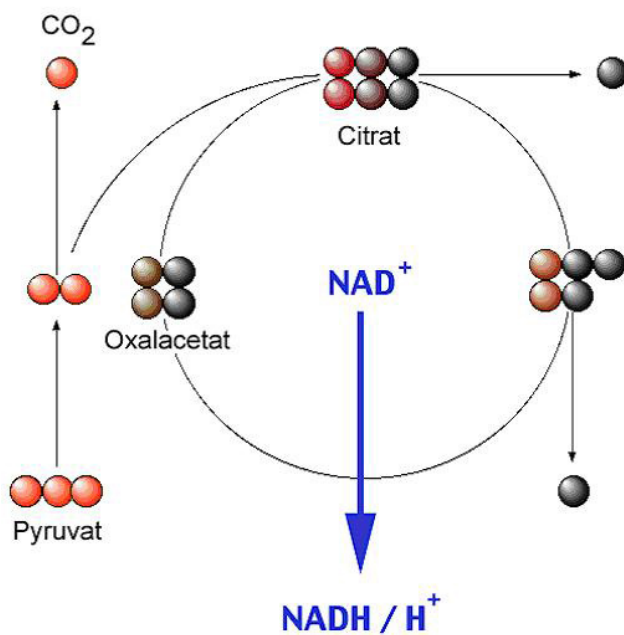
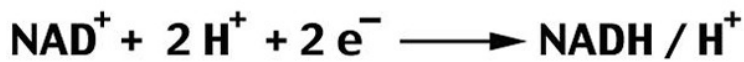
Im Citratzyklus selbst laufen eine Menge komplizierter Vorgängen ab, deren Erläuterung den Rahmen dieses BLOGs sprengen würde. Effektiv handelt es ab der Verfügbarkeit von Acetyl-CoA um 8 Syntheseschritte:



1. Bildung Citrat
2. Bildung Isocitrat

3. Bildung Oxalsuccinat
4. Bildung Ketoglutarat
5. Bildung Succinat
6. Bildung Fumarat
7. Bildung Malat
8. Bildung Oxalacetat

Bei all den Abbauschritten entsteht NAD⁺, welches sich dann mit ebenfalls über die beschriebenen Reaktionsschritte freigesetzten Wasserstoff verbindet und zu NADH/H⁺ wird.

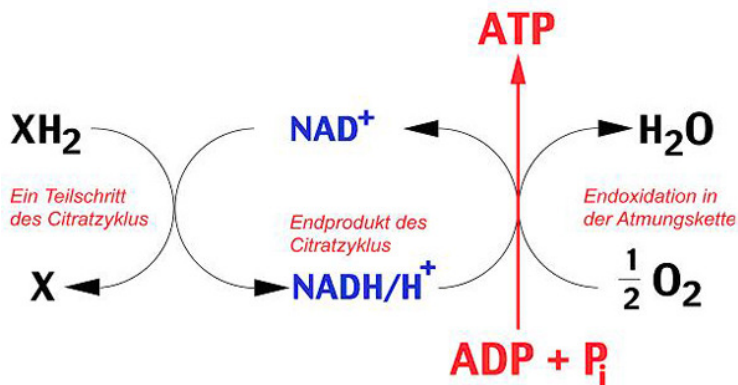


Darstellung: Citratzyklus

Atmungskette

Ziel des Citratzyklus ist es, möglichst viel NADH/H⁺ herzustellen. Dieses gelangt letztlich in die Atmungskette und reagiert mit Sauerstoff aus der Atemluft. Die Endreaktion in der Atmungskette ist die Entstehung von Wasser, bei der eine große Menge an Energie in Form von ATP frei wird.

ATP ist die zentrale Energiequelle für die in Zellen ablaufenden Reaktionen. Es wird für alle energieaufwendigen Stoffwechselprozesse genutzt. Dazu zählen natürlich auch in hohem Umfang Muskelkontraktionen.



Darstellung: Atmungskette bei der ATP-Bildung

Fazit:

Unter normalen Ernährungsbedingungen und ausreichend Glucose verläuft die Verstoffwechslung von Fettsäuren über den Weg der Beta-Oxidation, weiter über den Citratzyklus und endet in der Atmungskette mit der Entstehung von ATP.

Ketogenese – Alternative Energiegewinnung bei Glucosemangel

Wechselbeziehungen zwischen Kohlenhydrat und Fettstoffwechsel – Metabolische Prozesse

Unser Stoffwechsel löst je nach kalorischer Phase bestimmte metabolische Prozesse aus. Beim Ausbleiben der Nahrungszufuhr unterscheidet er zwischen:

- Postresorptionsphase A oder Hungern (weniger als 24 Stunden keine Nährstoffzufuhr)
- Postresorptionsphase B oder Fasten (mehr als 36 Stunden kein Nährstoffzufuhr).

Das vorrangige Ziel unseres Organismus ist es, den Blutzuckerspiegel konstant zu halten, um damit das Gehirn, das Nierenmark, das ZNS (zentrale Nervensystem) und die Erythrozyten ausreichend mit Glucose versorgen zu können.

Beim Übergang vom Hungern zum Fasten schaltet unser Organismus zu diesem Zweck zunächst die beiden Stoffwechselfvorgänge Glykogenolyse und Gluconeogenese zu.

Glykogenolyse

Hier findet der physiologische Abbau von Glykogen zu Glukose-1-Phosphat und Glucose aus den Glykogenspeichern der Leber statt. In Muskulatur gespeichertes Glykogen kann nicht zur Erhöhung der Blutglucosekonzentration bereitgestellt werden.

In gefülltem Zustand können wir auf diese Weise unseren Blutzuckerspiegel für etwa 24 Stunden aufrecht halten, sofern wir uns nicht körperlich anstrengen. Auslöser der Glykogenolyse sind die Hormone Glukagon und Adrenalin.

Gluconeogenese

Der Begriff beschreibt die Neusynthese von Glucose aus Laktat, Aminosäuren oder Glycerin. Der Vorgang findet hauptsächlich in der Leber und in den Nieren statt.

Die Gluconeogenese ist nur in begrenztem Umfang möglich. Limitierender Faktor bei den Aminosäuren ist die Proteolyse (Abbau von Proteinen). Wird mehr als 36 Stunden keine Nahrung (Glucose) zugeführt, vermindert sich die Gluconeogenese.

Der Insulinspiegel fällt, gleichzeitig steigt der Glukagonspiegel. Die Folge daraus, ist eine Verschiebung des Insulin/Glukoagon-Quotienten und damit eine Stimulation der Lipolyse.

Parallel dazu nehmen auch Organe wie Leber und Nieren sowie Muskulatur mehr Fettsäuren aus dem Blut auf und versorgen sich so mit Energie.

Interessant

Glucoseabhängige Einrichtungen benötigen etwa 135g Glucose pro Tag!

Fazit

Der Körper verbraucht im Hungerzustand zunächst seine verfügbaren Glykogenspeicher. Im Fastenzustand entscheidet der Insulin/Glukagon-Quotient über die Verwendung von Aminosäuren, Laktat und Glycerin zur Glucoseherstellung und löst die Lipolyse zum Zwecke der Energiebereitstellung über Fett und für die Ketogenese aus.

Der Weg von der Fettsäure zum Ketonkörper

1. Lipolyse

Der Vorgang der Freisetzung von Fettsäuren aus den Adipozyten und die beeinflussenden Faktoren der Lipolyse habe ich bereits ausführlich in meinem BLOG über Adipozyten behandelt (siehe LINK) Im Falle der Ketogenese entscheidet die Verfügbarkeit von Glucose über das Auslösen der Lipolyse.

Fettsäuren werden aus den Adipozyten freigesetzt!

2. Beta-Oxidation der Fettsäuren

Die Beta-Oxidation ist lediglich ein Abbauvorgang der Fettsäuren. Dieser findet in den Mitochondrien (Kraftwerke der Zelle) statt. Einmal freigesetzt, wird die Fettsäure zu den Zielzellen transportiert und in den Mitochondrien oxidiert. Zielzellen sind theoretisch alle Zellen, die über Mitochondrien verfügen. Im Falle der Ketogenese gelangen die Fettsäuren zur Leber.

Acyl-CoA Carnitin und Beta-Oxidation

Im Rahmen der Beta-Oxidation entsteht Acyl-CoA. Im Fastenzustand findet dieser Vorgang beschleunigt statt. Acyl-CoA muss dazu in die Mitochondrienmatrix eingeschleust werden. Da die Mitochondrienmembran jedoch undurchlässig für langkettiges Acyl-CoA ist, benötigt es einen Transporter durch die Membran hindurch. Diese Transporter sind Carnitin, bzw. Carnitin-Acyltransferasen.

Carnitin ist nötig für die Oxidation langkettiger Fettsäuren in den Mitochondrien!



Endprodukte der Beta-Oxidation sind:

- Acetyl-CoA
- FADH
- NADH/H+

Fettsäuren oxidieren in den Mitochondrien. Die Endprodukte stehen für die Biosynthese von Ketonkörpern bereit.

3. Biosynthese von Ketonkörpern in der Leber (Ketogenese)

Ketonkörper

Der Begriff Ketonkörper fasst eine Gruppe von 3 Verbindungen zusammen, die hauptsächlich im Fastenzustand (katabole Stoffwechsellage) oder bei Glucosearmut gebildet werden. Zu den Ketonkörpern gehören die Substanzen Acetoacetat, Aceton und β -Hydroxybutyrat. Ketonkörper werden in der Leber aus Acetyl-CoA gebildet.

Der Ketonkörper an sich ist im Prinzip eine Transporteinheit, mit der Acetyl-CoA zu den Zielzellen befördert werden kann. Um Ketonkörper verwenden zu können, müssen sich die verbrauchenden Einrichtungen (Gehirn, Nervensystem) erst umstellen und Enzyme bilden, welche die Rückwandlung der Ketonkörper in Acetyl-CoA vornehmen können.

Diese Umstellung kann einige Tage dauern und äußert sich während dieser Zeit in mangelnder Konzentrations- und Leistungsfähigkeit!

Bedeutung

Im Fastenzustand sind Ketonkörper äußerst wichtige Energielieferanten. Sie erlauben dem Gehirn mit nur etwa 40 statt etwa 120g Glucose pro Tag auszukommen. Das aus den Ketonkörpern gewonnene Acetyl-CoA wird im weiteren Verlauf über den Citratzyklus zu Energie umgewandelt und ersetzt so die Glucose.

Stoffwechszustand	zur Deckung des Energiebedarfs aufgenommene Substanzen	
	Muskel	Gehirn
Nahrungsresorption aus Magen und Darm	Glucose 50% Fettsäuren 50%	Glucose
Hunger	Fettsäuren (Ketonkörper)	Ketonkörper 40% Glucose 60%

Darstellung: Verwendung von Ketonkörpern

Die Bildung von Ketonkörpern ist für glucoseabhängige Einrichtungen ein essentieller Weg zur Energieversorgung.

Ketonkörper können die Blut-Hirn-Schranke insulinunabhängig passieren und im Gehirn alternativ zur Glucose verstoffwechselt werden.

Ketonkörper und Diabetes

Oftmals finden sich bei Diabetes-Typ 1-Patienten erhöhte Konzentrationen an Ketonkörpern im Urin und auch im Blut. Die Nieren scheiden ein Überaufkommen an Ketonkörper genauso über den Urin aus, wie sie dies auch mit einer erhöhten Glucosekonzentration im Blut bewerkstelligen.

Das Überaufkommen an Ketonkörpern resultiert aus dem bei Typ1-Diabetes vorliegendem Insulinmangel. Durch diesen kommt es trotz einer ausreichenden Glucosekonzentration im Blut zur Verarmung der Zellen und als Reaktion darauf zu einem vermehrten Abbau von Fettsäuren aus den Adipozyten (Lipolyse). Der Insulinmangel stimuliert also die Lipolyse wie dies auch bei einem Fastenzustand der Fall ist. Der niedrige Glucosespiegel in den Zellen begünstigt außerdem die Ketonkörperbildung, da das über die Beta-Oxidation entstehende Acetyl-COA nicht in den Citratzyklus eintreten kann.

Das Problem mit zu vielen Ketonkörpern im Blut ist, dass sie den pH-Wert des Blutes verändern und es zu einer Ketoazidose (Übersäuerung durch Ketonkörper) kommen kann. Ketoazidosen äußern sich in einem acetonartigen Geruch (Nagellackentferner) des Atems.

Typ-2 Diabetiker sind hiervon nicht betroffen, da bei ihnen eine Insulinresistenz der Zellen und kein Insulinmangel vorliegt. Dies ist zumindest solange der Fall, bis die Bauchspeicheldrüse die Insulinproduktion aufgrund Erschöpfung einstellt.

Insulinmangel und Glykogenverarmung der Zellen fördern die Ketogenese bei Typ1-Diabetes und erhöhen das Risiko einer Ketoazidose!

Ketose

Die Ketose ist ein Stoffwechselzustand, bei dem im Blut und im Extrazellulärraum ein übernormales Ketonkörperaufkommen feststellbar ist. Ketonkörper werden vermehrt über den Urin ausgeschieden und über die Atemluft abgeatmet (typisch-fruchtiger Mund- und Körpergeruch). Ketose tritt bei Fastenzuständen oder bei einem lang andauernden Kohlenhydratmangel ein. Vermittelt über das Hormon Glukagon werden, wie beschrieben, in der Leber vermehrt Fettsäuren zu Ketonkörpern umgewandelt.

Die Gefahr einer Ketoazidose besteht bei gesunden Personen nicht. Die eintretende Ketose ist nicht behandlungsbedürftig. Die **Atkins-Diät** setzt den Zustand der Ketose sogar zum Ziel der Essgewohnheit, um damit einen möglichst niedrigen Insulinaufkommen zu provozieren und den Fettabbau damit zu maximieren.

Fazit

Ketonkörper werden immer dann produziert, wenn nicht ausreichend Glucose zur Verfügung steht und auf Glucose angewiesene Einrichtungen nicht mit genug Energie versorgt werden können.

In Ketose befindet man sich erst, wenn die Konzentration an Ketonkörper im Körper so hoch ist, dass diese bereits vermehrt ausgeschieden und abgeatmet werden. Da es sich bei der Ketogenese um einen Stoffwechselvorgang handelt, der nach Anforderung des Körpers angestoßen wird, muss man sich im gesunden Zustand grundsätzlich bezüglich einer Ketoazidose keine Sorgen machen.

Größere Gefahr besteht bei einer krankhaft angestoßenen Ketogenese, wie sie bei Diabetes Typ1 auftritt.

Zusammenfassung

Fette sind ein äußerst wichtiger Nahrungsbestandteil. Neben Ihrer Funktion als Energiespeicher und -lieferant werden sie für unzählige sonstige Vorgänge im Körper benötigt. Die Verdauung von Fett geht im Magen, im Zwölffingerdarm und im Dünndarm von Statten. Vom Dünndarm weg werden die Verdauungsergebnisse dann als Mizellen in die Dünndarmzellen aufgenommen, als Chylomikronen resorbiert und stehen dem Körper nun zur Verfügung. Besteht direkter Bedarf, gelangen die Fettsäuren direkt zu den verbrauchenden Zellen und werden über den Weg der Beta-Oxidation, des Citratzyklus und der Atmungskette zu ATP umgewandelt. ATP ist das universelle Energiesubstrat aller verbrauchenden Zellen. Besteht kein Bedarf werden Fettsäuren in den Adipozyten gespeichert.

Bestimmte Einrichtungen unseres Körpers sorgen für einen Mindestbedarf an Glucose von etwa 135g/Tag. Nehmen wir kurzfristig nicht genug Glucose auf, greift unser Körper im Rahmen der Glykolyse auf gespeichertes Glykogen zurück und versorgt sich so mit Glucose.

Hält die ausbleibende Nahrungszufuhr an, bedient sich unser Körper eines weiteren Versorgungsmechanismus, der Gluconeogenese. Hier wird Glucose aus anderen Substraten wie z.B. Aminosäuren gebildet (GEFAHR DES MUSKELVERLUSTES). Da von diesem Umwandlungsschritt keine hohe Ausbeute zu erwarten ist, wird der Körper im Fastenzustand daher auf die Ketogenese zurückgreifen.

Bei der Ketogenese handelt es sich um die Herstellung von Ketonkörpern aus Fettsäuren in der Leber. Ketonkörper können in Zeiten der Glucoseknappheit u.a. vom Gehirn und vom Nervensystem alternativ als Energiequelle herangezogen werden. Die Ketogenese findet ständig auch bei kurzfristiger Glucoseknappheit statt. Bei längeren Phasen der Glucosearmut tritt irgendwann die Ketose ein. Sie äußert sich in einem überhöhten Aufkommen an Ketonkörpern im Blut, im Urin und im Atem.

Die Ketose ist im normalen Zustand nicht gefährlich, da der Körper Ketonkörper nur nach Bedarf produziert. Krankhafte Überproduktion, wie sie bei Typ-1-Diabetikern stattfinden kann, birgt jedoch die Gefahr der Entstehung einer Ketoazidose, sprich einer Übersäuerung des Körpers durch ein Überauskommen an Ketonkörpern.

Unser Körper ist tatsächlich in keinsten Weise auf Kohlenhydrate als Energiequelle angewiesen. Ein vollständiger Verzicht wird sich nur solange leistungsmindernd auswirken, bis der Körper sich auf den Umgang mit Ketonkörpern umgestellt hat.



In diesem Sinne wünsche ich allen Leserinnen und Lesern viel Erfolg !!!!

Sportliche Grüße

Euer

Holger Gugg

www.body-coaches.de

Bewerten Sie diesen Beitrag

Vote Saved. Rating: 6.0/6



Drucken

Tags: [Citratzyklus](#), [Fettsäuren](#), [Ketonkörper](#), [Ketose](#)

Schreibe einen Kommentar

Du musst **[eingelogg sein](#)** um einen Kommentar zu schreiben