



Wie kann man den Code des Alterns knacken?

Warum werden Menschen in Blue-Zones älter als an anderen Orten?

Ein Projekt von:

Hendrik Clauß, Henning Grimm und David Gehweiler

Teil des Pull-Out Projektes zur Förderung von engagierten und begabten Schülern der Schule am Ried

Kontakt:

grimmhenning6@gmail.com, DJGehweiler@outlook.de,

hendrik.clauss@gmx.de

Inhaltsverzeichnis

Enleitung.....	3
Motivation und Ziele.....	3
Faszination.....	3
Hintergrund und theoretische Grundlagen	4
Grundlagen des Alterns	4
Stoffwechsel mit eingebauter Zeitschaltuhr	4
Myokine, heilende Wirkstoffe der Muskeln.....	8
Wirkung der Gene auf das Altern.....	10
Zellteilung.....	11
Das Immunsystem	11
Krebs, eine schwere Alterskrankheit.....	11
Analyse des eigenen Lebensstils	12
Selbstexperimente.....	13
Beispiel für eine typische Ernährung des Lebensstils in Okinawa.....	14

Einleitung

Motivation und Ziele

Wenn man Menschen die Frage stellt, was sie sich im Leben wünschen, bekommt man neben Wohlstand und Familie, sehr oft auch das Streben nach einem gesunden und langen Leben zu hören. Dieses Ziel wird auch von uns verfolgt. Daher haben wir uns die Frage gestellt, wie man einen langlebigkeitsfördernden Lebensstil, welcher in den sogenannten „Blue Zones“ praktiziert wird, in unseren Alltag integrieren, und gleichzeitig Informationen darüber, was diesen Lebensstil ausmacht, sammeln könnte. Sind sie sich nun im Unklaren darüber, was der Begriff „Blue Zones“ aussagt, wollen wir diese Unsicherheit natürlich beheben. Als „Blue Zones“ werden die Zonen der Erde bezeichnet, in denen die Menschen weitaus länger als im Durchschnitt leben. Die Wissenschaft, die sich mit der Altersforschung auseinandersetzt, wird Demografie genannt. Dies ist auf verschiedenste Praktiken und Naturzuständen zurückzuführen.

Faszination

Es gibt insgesamt fünf Orte, die für ihre erstaunliche Lebensqualität und Lebensdauer bekannt sind. Die Langlebigkeit der Bevölkerung auf Ikaria, eine Insel vor der Küste Griechenlands, zeichnet sich durch ihre gesunde Ernährung, insbesondere von frischem Gemüse, Olivenöl und Ziegenmilch aus. Zudem leben sie sportlich aktiv und vermeiden Stress. Auf Sardinien, speziell in Ogliastra, leben Menschen aufgrund ihres engen familiären Zusammenhalts, welcher Angst und Stress bekämpft, und ihrer mediterranen Ernährung sehr lange. In Loma Linda ist die vegetarische Ernährung und der regelmäßige Konsum von Nüssen, welcher dem Übergewicht entgegenwirkt, Grund für ihre Langlebigkeit. Wie man hier erkennen kann, weisen alle „Blue Zones“ Gemeinsamkeiten auf. Hier ist eine Karte gezeigt, auf der man die verschiedenen Blue Zones veranschaulicht sehen kann:



Hintergrund und theoretische Grundlagen

Mitochondrien versuchen die von einem Selbst aufgenommene Energie durch Nahrung in nutzbare Energie umzuwandeln. Besonders folgende Mikronährstoffe benötigt das Mitochondrium: Vitamin-B-Komplex und Vitamin C sowie Calcium, Magnesium, Mangan, Kupfer, Eisen und Jod. Jod, Vitamin B und C sind vor allem in Gemüse wie Salat und in Obst enthalten. Mineralwasser ist reich an Magnesium und Calcium. Während Haferflocken reich an Mangan sind, sind Eisen und Kupfer zum Beispiel in Hülsenfrüchten enthalten. Hieran sieht man, dass eine ausgewogene Ernährung entscheidend ist, aber auch sportliche Aktivität trägt zu einer verbesserten Mitochondrien Aktivität bei. Es wird bei ausdauernden Sportarten die mitochondriale Biogenese angeregt, welche den Teufelskreis aus verringertem Mitochondrien Gehalt, verringerter Kapazität der oxidativen Phosphorylierung, Belastungsintoleranz und daraus resultierender fortschreitender muskulärer Dekonditionierung zu durchbrechen.

Zellen stellen sich auf Sauerstoffmangel ein, indem sie ihre Energieversorgung auf die sogenannte Glykolyse umstellen, bei der Zucker ohne Sauerstoff vergärt wird. Dies kann zum Beispiel im Alter nötig sein, da die Zellen im Körper häufig schlechter mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt werden. „Es war schon länger bekannt, dass Zellen die Anzahl an Mitochondrien reduzieren, wenn sie bei Sauerstoffmangel auf Glykolyse umsteigen und diese nicht mehr für die Energieproduktion benötigen. Forscher entdeckten, dass die noch verbleibenden Mitochondrien zusätzlich umprogrammiert werden, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden.

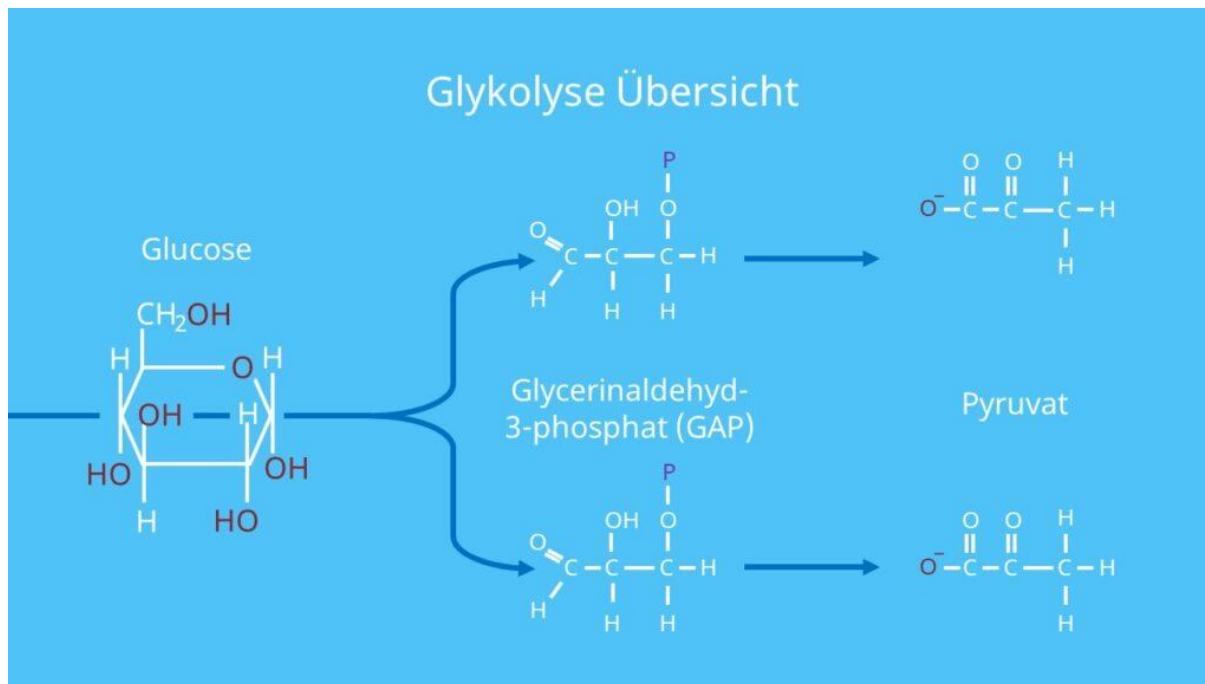
Grundlagen des Alterns

Stoffwechsel mit eingebauter Zeitschaltuhr

Dies geschieht über einen neu entdeckten Signalweg in der Zelle: Eine Protease in der Membran von Mitochondrien wird bei der Umstellung auf Glykolyse aktiviert und baut dann verschiedenste Proteine in den Organellen ab. Dadurch können keine neuen Mitochondrien mehr gebildet werden und die verbleibenden Mitochondrien ändern ihren Stoffwechsel. Dieser Prozess stoppt irgendwann von selbst, da die Protease bei hoher Aktivität anfängt, sich selbst abzubauen. Dieser Signalweg hat nicht nur eine eingebaute Zeitschaltuhr, sondern ermöglicht eine sehr schnelle Antwort auf Sauerstoffmangel.

1. die **Glykolyse**
2. die **Oxidative Decarboxylierung**
3. der **Citratzyklus (Zitronensäurezyklus/Krebs-Zyklus)**
4. die **Atmungskette (oxidative Phosphorylierung)**

Übersicht Glykolyse



Die vier verschiedenen Arten der Energieversorgung

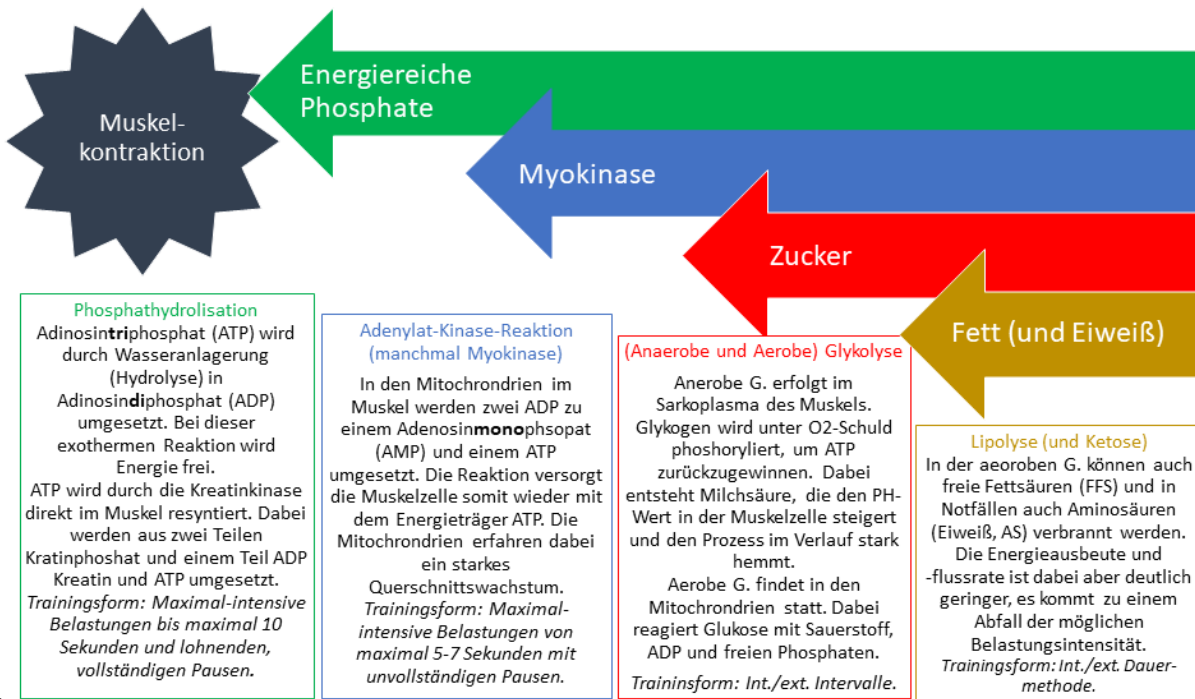
Phosphathydrolyse: Energiereiche Phosphate

Adenylat-Kinase-Reaktion (manchmal Myokinase): Myokinase

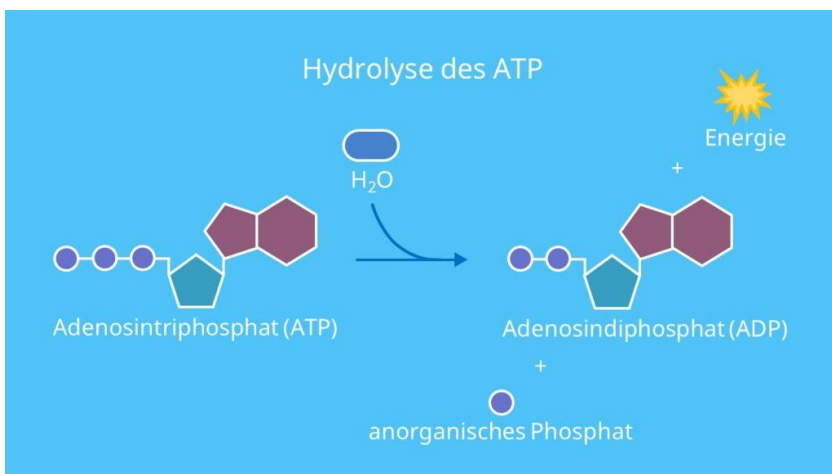
(Anaerobe und Aerobe) Glykolyse: Zucker

Lipolyse (und Ketose): Fett (und Eiweiß)

Bei der Glykolyse (3. Phase der Energieversorgung) wird Energie produziert, in dem aus Glucose Pyruvat wird. Bei dem Prozess der Glykolyse entsteht Milchsäure. Es wird nämlich bei der Milchsäuregärung Pyruvat, die bekanntlich bei der Glykolyse entsteht, zu Laktat (Milchsäure) umgesetzt.

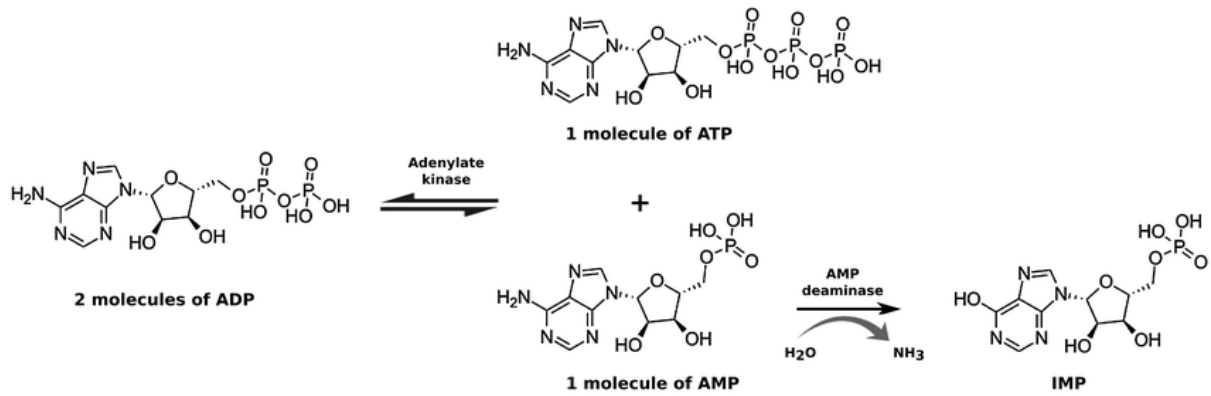


1. Phosphathydrolyse:

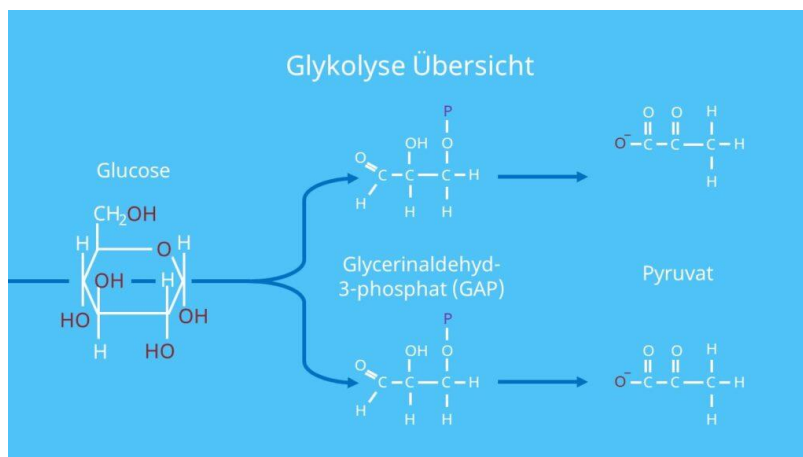


Diese Phase dauert max. 10 Sekunden.

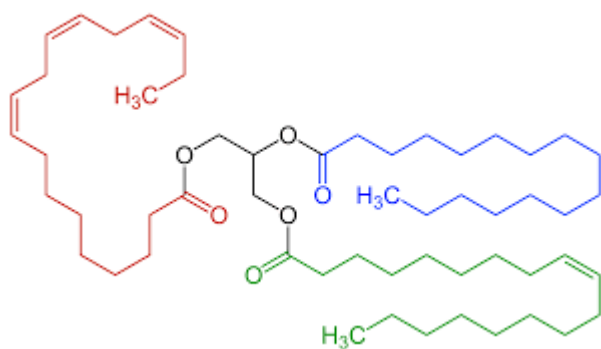
Adenylat-Kinase-Reaktion:



Glykolyse:



Lipolyse:



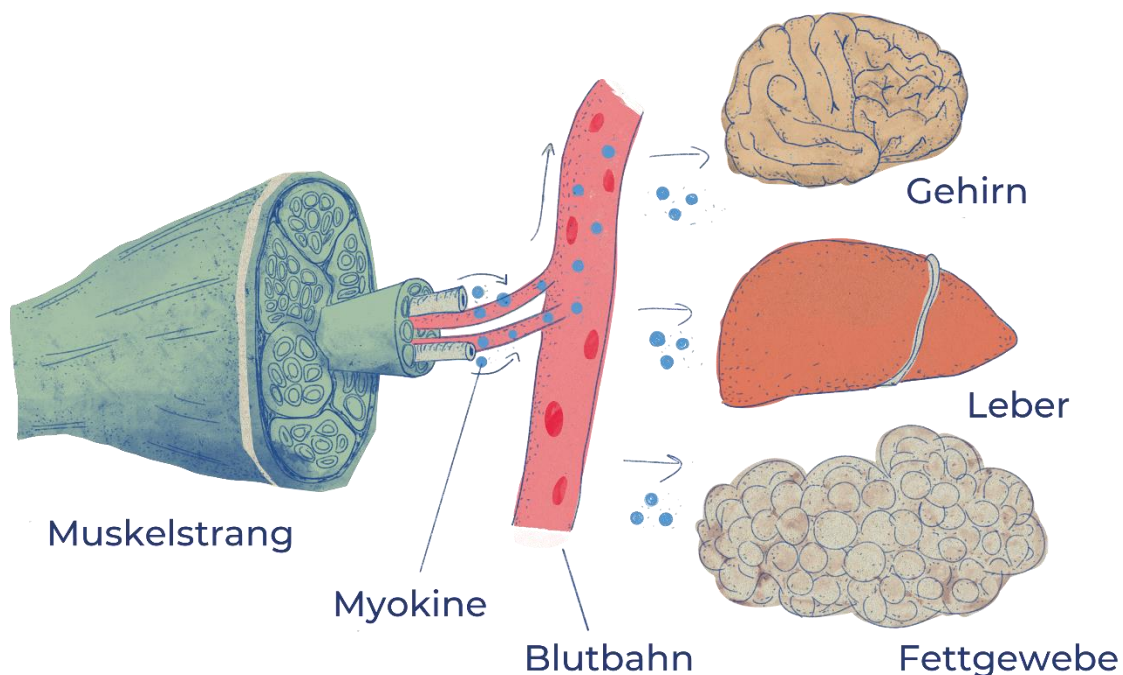
Bei der Glykolyse wird Milchsäure erzeugt, die den pH-Wert des Muskels erhöht. Milchsäure (Laktat) enthält Giftstoffe. Bis zum 28. Lebensjahr ist die Blut-Hirnschranke noch nicht völlig ausgebildet, weshalb das Laktat ins Gehirn kommt und negative Auswirkungen haben kann.

Die am besten für den Körper geeignete Phase ist die Phosphatlyse, allerdings dauert diese Phase nur wenige Sekunden, bis der Körper in die nächste Phase über geht. Um die Dauer der ersten Phase zu erhöhen, kann man ein bestimmtes Training durchführen, wobei man versucht in der zweiten Phase zu bleiben.

Viele Mitochondrien bewirken eine erhöhte Fettverbrennung und haben positiven Einfluss auf Vitalität und Konzentration des Menschen. Außerdem ist der Körper unabhängiger von der Kohlenhydratzufuhr. Vor allem ist man von Krankheiten wie Krebs, Alzheimer und Diabetes geschützt. Das liegt daran, dass der Körper durch mehr Energie widerstandsfähiger gegen Mutanten, Krankheitserreger und weiters ist.

Myokine, heilende Wirkstoffe der Muskeln

Myokine werden in den Muskelzellen direkt bei muskulärer Aktivität ausgeschüttet. Dies sieht wie folgt aus:



Diese Myokine helfen in akutem Krankheitsstadium, wirken aber auch vorbeugend gegen, Krebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes und Osteoporose.

Bei Kraftsport werden diese Myokine ausgeschüttet. Es ist ratsam eine Sportart auszuüben, welche die Muskulatur des gesamten Körpers beansprucht, um die größte mögliche Myokine-Ausschüttung zu bewirken

Hierzu eignen sich folgende Aktivitäten:

-Rudern

Beim Rudern wird praktisch jede Hauptmuskelgruppe des Körpers beansprucht (Von den Beinen hin in die Hüfte, von der Hüfte bis hin zum Rücken und vom Rücken bis hin in die Arme.

-Schwimmen

Schwimmen ist ebenfalls ein Ganzkörper-Krafttraining, da hier wieder nahezu alle großen Muskulaturen beansprucht werden. Das Schwimmen ist auch ein sehr Gelenker schonender Sport.

-Skilanglauf

Langlaufen fordert wieder die Beanspruchung der großen Muskelgruppen und ist zugleich schonend für Gelenke.

Es gibt noch viele weitere Sportarten, welche stark Myokine ausschüttend sind.

Klar ist, dass hier sehr viele Myokine ausgeschüttet werden, allerdings ergeben sich uns folgende Fragen:

Werden unterschiedliche Myokine bei verschiedenen Sportarten ausgeschüttet?

Es ist bereits bekannt, dass bei Krafttraining, Ausdauertraining und Koordinationstraining unterschiedliche Myokine ausgeschüttet werden. Wir wissen aber noch nicht, ob verschiedene Sportarten die Produktion unterschiedlicher Myokine bewirkt. Wenn wir dies herausfinden würden, könnten wir unsere sportliche Aktivität so bestimmen, dass man Sport treibt, welcher das das Altern am besten verlangsamt.

Welche weiteren Einflüsse gibt es zur Myokin-Produktion?

Bekannt ist, dass Muskelarbeit die Ausschüttung von Myokinen bewirkt. Wir fragen uns, ob es weitere Einflüsse auf die Myokin-Produktion gibt und welche das wären.

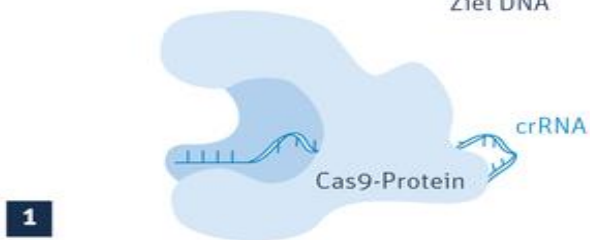
Kann man die Produktion der Myokine so beeinflussen, dass es auf ein längeres Leben abzielt?



Wirkung der Gene auf das Altern

Auch das Genom des Menschen trägt zum Altern bei. Nur sehr Wenigen Menschen habe richtig zusammenarbeitende Gene. Um ein längeres Leben dadurch zu erhalten, bedarf es einer bestimmten Kombination an sehr vielen verschiedenen Genen. Mittlerweile ist es möglich, durch die CRISPR/Cas 9 Methode kann man die DAN bestimmte Zellen bearbeiten bzw. Manipulieren. Das Vorgehen dieser Methode ist in der folgenden Veranschaulichung gezeigt:

Gene Editing mit CRISPR/Cas9



Mit der CRISPR/Cas9-Technik lässt sich DNA in Zellen gezielt verändern. Dazu muss ein Cas9-Protein in die Zelle geschleust werden, das mit einem kurzen RNA-Molekül – der crRNA – verbunden ist. Die crRNA muss an einem Ende die passende Basensequenz aufweisen.



Wo die Basensequenz der crRNA zur DNA-Sequenz passt, binden sich RNA und DNA aneinander. Dafür wird der DNA-Doppelstrang in die Einzelstränge aufgespalten.



An den beiden Enden der Bindestelle von Ziel-DNA und crRNA schneidet das Cas9-Protein die DNA durch (Doppelstrangbruch).



Die Zelle versucht, den DNA-Doppelstrangbruch schnell wieder zu schließen. Wurde auch therapeutische DNA in die Zelle eingebracht (die z.B. ein intaktes Gen enthält), kann diese dabei eingebaut werden.



Die therapeutische DNA sitzt dann genau an der gewünschten Stelle.

Quelle: vfa

Mit dieser Methode ist es möglich, viele verschiedene Gene einfach und gezielt zu bearbeiten beziehungsweise zu verändern. Noch kann man nicht sagen, ob man diesen Prozess dieses Genscherer,

auch in Medikamente verarbeitet kann. Man vermutet allerdings, dass dies nur durch eine gezielte Behandlung bearbeitet werden kann. Ob sich so etwas lohnt, ist dann die Frage.

Zellteilung

Der Mensch hat ca. 37 Millionen Zellen im Körper. Damit der Körper ständig in voller Funktion arbeiten können, teilen sich Zellen im Körper des Menschen durchgängig. Bei einer Zellteilung müssen sich die Chromosome verdoppeln. Dazu wird die Doppelhelix der DNA geglättet und folglich aufgebrochen. Dadurch entstehen zwei Stränge, zu denen anschließend passende Gegenstücke erstellt werden. Die Enden der Chromosome sind allerdings anfällig für Kopierfehler, was dazu führt, dass die Telomere, die Schutzkappen eines Chromosoms, stückweise kürzer werden. Irgendwann werden die Telomere zu kurz und ändern ihre Funktion und werden zu Seneszenz Zellen. Die Menge an Fehlfunktionen, die bei der Zellteilung entstehen, können von Mensch zu Mensch stark variieren. Die fehlerhaften Zellen werden durch eine Art Zelmüllabfuhr ausgelöscht. Dieser Prozess schwächt sich ebenfalls mit zunehmendem Altern. Diese Phase nennt man entzündungsalter, da der Körper viel Anfälliger für Krankheiten ist als davor. Das heißt, dass man nicht nur auf sein Altern achten muss, wenn man spürbar altert, sondern auch, wenn man nichts davon mitbekommt.

Um gegen den Prozess des Alterns durch Zellteilung entgegenwirken zu können, muss man es schaffen, die fehlerhaften Zellen ohne das angreifen von gesunden Zellen zu beseitigen.

Die DNA in den Zellen besteht aus Adenin (A) und Thymin (T), Cytosin (C) und Guanin (G). An die Cytosine werden Methylgruppen angehängt, damit verändert sich die Bedeutung bzw. Funktion der C-Zellen. Daran kann man das Altern messen. Es kann also sein, dass eine Person eigentlich ein Jahr früher geboren, im biologischen Alter aber vier Jahre jünger ist als die später geborene Person.

Das Immunsystem

Die Thymusdrüse produziert sogenannte adaptive Immunzellen. Im späteren Alter wird die Produktion davon reduziert. Forscher experimentieren an Wirkstoffen, die Altern beeinflussen. Erste Tests wurden schon an Mäusen durchgeführt, wobei erstaunliche Erkenntnisse gewonnen wurden. Einerseits kann man das Altern verlangsamen und Beschleunigen, andererseits kann man das Immunsystem vollständig zurücksetzen. Dadurch kann man die Lebensdauer eines Menschen um bis zu 10% verlängert werden. Bei der durchschnittlichen Lebensdauer eines Menschen in Deutschland, bei Frauen 83,2 Jahre und bei Männern 78,3 Jahre, wären das ungefähr acht Jahre.

Krebs, eine schwere Alterskrankheit

Es gibt mehrere Ursachen für Krebs, leider sind die meisten noch nicht erforscht oder wurden noch gar nicht entdeckt, da die Krankheit sehr komplex und dadurch schwer zu begreifen ist. Forscher arbeiten dennoch hart daran, die Ursachen von Krebs zu klären, um dadurch gezielte Behandlungen von Krebs zu entwickeln, durch die viele Menschenleben vorerst gerettet werden könnten.

Der Altersprozess entsteht durch ein verringerte Reparaturfähigkeit des menschlichen Körpers, was das Risiko, einen Tumor zu bekommen. Vor allem das immer schwächer werdende Immunsystem steigt die Wahrscheinlichkeit eines schwerwiegenden Tumors.

In alternden Zellen kommt es zu Ansammlung zellulärer Schäden, die durch schädliche Reize oder Mutationen sowie durch fehlerhaft ablaufende Prozesse wie zum Beispiel Defekte in der DNA- Reparatur, in der Zellteilung, des programmierten Zelltods oder der zellulären Seneszenz und durch einen Verlust wichtiger Nährstoffe entstehen können. Entstehen in Folge schadhafte Zellen mit einem Defekt ein Wachstumsvorteil gegenüber gesunden Zellen, kommt es zur Bildung von Tumoren. Die Zufuhr von Antioxidantien beugen das Wachstum von Krebszellen vor. Eine Studie zeigte, dass durch Extraktion von Antioxidantien das Wachstum von Krebszellen eingeschränkt wird oder diese sogar absterben können.

Das Altern beginnt nicht unbedingt mit spürbaren Symptomen wie Haarausfall, Gelenkschmerzen, Vergesslichkeit, Falten usw., sondern beginnt schon im Kindesalter. Das Altern ist laut unserem heutigen Kenntnisstand ein unvermeidbarer schleichender Prozess.

Aber warum Leben wir eigentlich? Man sagt, dass in unserer Evolution schon immer das Lebensziel war, sich fort zu pflanzen. Danach baut sich der Körper schrittweise ab, weil er kein Lebenszweck mehr hat.

Analyse des eigenen Lebensstils

Um die einzelnen Lebensstile unserer Gruppenmitglieder zu betrachten, werden wir diese im Folgenden als Personen A, B und C bezeichnen.

	Person A	Person B	Person C
Ernährung	Omnivor (Allesesser)	Omnivor (Allesesser)	Vegetarier
Durchschnittliche Ernährungsanteile	30% Obst und Gemüse, 15% Milchprodukte, 35% Süßigkeiten, 20% Fleisch und Fisch	45% Obst und Gemüse, 20% Milchprodukte, 5% Süßigkeiten, 30% Fleisch und Fisch	70% Obst und Gemüse, 15% Milchprodukte, 15% Süßigkeiten
Sportart; Trainings pro Woche; Wettkämpfe pro Woche	Schwimmen; 5, 0,5	Handball; 2; 2	Schach; 2; 0,5

Typische Nachmittagsaktivitäten	Lernen, Ausruhen, soziale Medien, Wettbewerbsvorbereitung, Computer spielen, Hobbys ausüben	Lernen, soziale Medien, Ausruhen, Computer spielen, Hobbys ausüben	Lernen, soziale Medien, Ausruhen, Computer spielen
Umgang mit Stress und mentaler Belastung	Sehr viel Stress, keine gezielte Verminderung von Stress	Viel Stress, gezielte Ruhephasen	Mäßiger Stress, gezielte Bekämpfung von Stress

Selbstexperimente

Wir haben als Schlüssel der Langlebigkeit in Okinawa die Ernährung sowie die durch die körperliche Aktivität geförderte Langlebigkeit der Mitochondrien identifiziert. Wir haben uns überlegt, wie dies aktiv auf unseren Lebensstil angewendet werden kann. Daraus haben sich folgende Schlüsselmöglichkeiten ergeben. Deshalb haben wir unsere Ernährung und sportliche Aktivität in unserem Selbstexperiment voneinander getrennt angepasst. Zum sportlichen Teil unseres Selbstexperimentes haben wir ein antiglykolytisches Intervalltraining durchgeführt. Antiglykolytisches Training wählt die Belastungsdauer so, dass sichergestellt bleibt, dass die Glykogenolyse als Energiebereitstellung nicht bedient wird. Hier ist der Aufbau unseres Trainings dargestellt.

Lfd. Nr.	Woche	TE	Anzahl der S	BORG (wie habe ich mich gefühlt, 1-6 Noten)			
1	1	TE1		4			
2	1	TE2		6			Für Varianz, ab Woche 5, TE 5 würfeln
3	2	TE3		8			Würfelergebnis Anzahl Sprints
4	2	TE4		10			1 und 2 4,5,6
5	3	TE5					3 und 4 7, 8
6	3	TE6					5 und 6 9, 10
7	4	TE7					
8	4	TE8					
9	5	TE9					
10	5	TE10					Schema Sprint
11	6	TE11			1	00:00	6-10 Sek Sprint
12	6	TE12			2	01:30	6-10 Sek Sprint
13	7	TE13			3	03:00	6-10 Sek Sprint
14	7	TE14			4	04:30	6-10 Sek Sprint
15	8	TE15			5	06:00	6-10 Sek Sprint
16	8	TE16			6	07:30	6-10 Sek Sprint
17	9	TE17			7	09:00	6-10 Sek Sprint
18	9	TE18			8	10:30	6-10 Sek Sprint
					9	13:00	6-10 Sek Sprint
					10	14:30	6-10 Sek Sprint

Für einen Vergleich haben wir zu Beginn und zum Ende einen Test gemacht, der aus einer Minute Sprint in 20 Meter Bahnen bestand. Die Anzahl der Bahnen haben wir uns notiert und am Ende verglichen.

Auswertung des Selbstexperimentes

Durch das Selbstexperiment des antiglykolytischen Intervalltrainings konnten keine signifikanten Ergebnisse erzielt werden. Die zurückgelegte Distanz stieg bei jedem nur wenig an, wobei Person C das beste Ergebnis erzielte. Vor dem Selbstexperiment hatte er 9 Bahnen zurückgelegt und danach sogar 11. Bei Person A und B konnten weniger ausschlaggebende Veränderungen festgestellt werden. Sichtlich betreibt Person C seltener Sport, weshalb hier ein größerer Unterschied als bei Person A und B, die öfter Sport betreiben, ermittelt werden konnte. Dies bedeutet, dass der Fortschritt bei Anfängern viel schneller stattfindet, als bei Fortgeschrittenen.

Den Ernährungsaspekt betreffend haben wir einen Wochenplan entworfen, der verschiedene Gerichte aus der Küche Okinawas beinhaltet. Dazu haben wir zusätzlich kulturtypische Aktivitäten ergänzt, wie im folgenden Trainingsplan aufgelistet.

Beispiel für eine typische Ernährung des Lebensstils in Okinawa

Montag:

-Lila Süßkartoffelsuppe



-Gymnastik im Freien

Dienstag:

-Wakame-Salat



-Yoga und Meditation

Mittwoch:

-Miso-Suppe



- Tai-Chi

Donnerstag:

-Sushi (Thunfisch, ...)



-Karate

Freitag:

-gebratene Süßkartoffeln, Tofu und Gemüse

- Yoga und Meditation



Samstag:

-gekochter Reis mit Thunfisch

-Wandern

Sonntag:

-gebratene Pilze mit Sojabohnensalat



-Wassergymnastik

Fazit

Auch wenn ein langlebigkeitsfördernder Lebensstil für Viele sehr schwer umsetzbar erscheint, ist es dennoch möglich, durch kleine Veränderungen ein unbeschwerteres Leben zu führen. So kann man durch Hinzufügen kleiner Trainingseinheiten seine Lebensqualität enorm verbessern. Durch dieses Lernprodukt ist uns allerdings bewusst geworden, dass unzählige Einflussfaktoren auf das biologische Alter einwirken. Durch einen angepassten Lebensstil wird zwar der Zustand des Lebens verbessert, allerdings bedarf es vieler anderer Faktoren, um das Niveau der Langlebigkeit signifikant zu erhöhen. Dazu gehört die Vorbeugung von Tumoren durch Zufuhr an Antioxidantien, die Verbesserung des Immunsystems durch einen neu erforschten Wirkstoff und die Veränderung eines Genoms. Außerdem haben Myokine, die bei Muskelkontraktionen ausgeschüttet werden, einen erheblichen Einfluss auf das Altern in vielen Bereichen wie zum Beispiel die Einleitung der Geburt von Mitochondrien. Die aufgezählten Faktoren sind aber bei Weitem noch nicht alle nötigen Bestandteile eines perfekten Lebens.

Ausblick

Zukünftig gibt es vor allem zwei wichtige Aspekte: Einerseits sollten wir versuchen, unsere Ernährung langlebig zu verbessern, andererseits sollten wir so lange wie möglich darauf achten, viel Sport zu machen. Es ist wichtig, sich immer wieder zu diesem Thema zu informieren, da ständig neue Erkenntnisse herausgefunden werden. Wir planen weitere Forschung in diesem Themenfeld.

Quellenangaben:

Geschichte Okinawa: [Geschichte der Ryūkyū-Inseln – Wikipedia](#) [Präfektur Okinawa – Wikipedia](#) (07.06.2024)

Die Grundlage des Lebens: [Wie altern wir? | Max-Planck-Institut für Biologie des Alterns \(mpg.de\)](#) (07.06.2024)

Die eingebaute Zeitschaltuhr: [Wie man den Stoffwechsel natürlich anregen kann \(aok.de\)](#) [Sauerstoffmangel programmiert Mitochondrien um | Max-Planck-Gesellschaft \(mpg.de\)](#) (07.06.2024)

Myokine heilende Wirkung: [Muskeln: Training produziert heilsame Myokine | NDR.de - Ratgeber - Gesundheit](#) (07.06.2024)

Mitochondrien: [Warum altern wir - Leibniz-Institut für Alternsforschung \(FLI\) \(leibniz-fli.de\)](#) (07.06.2024)

Krebs: [Krebsforschung am FLI - Leibniz-Institut für Alternsforschung \(FLI\) \(leibniz-fli.de\)](#) (07.06.2024)

Immunsystem: [Alt werden – können wir das verhindern? | IQ - Wissenschaft und Forschung Episode auf Amazon Music](#) (07.06.2024)

Bild „Blue Zones“: [Sardinia: the secrets of the Blue Zones Hotel Arbatax - Arbatax Park Resort & Spa - Offizielle Seite 6 Hotels und Villen auf Sardinien](#) (07.06.2024)

Bild Glykolyse: [Glykolyse • Ablauf, Regulation und Bedeutung · \[mit Video\] \(studyflix.de\)](#)

Bild Hydrolisation: [Adenosinriphosphat \(ATP\) • Funktion einfach erklärt · \[mit Video\] \(studyflix.de\)](#)

Bild Adenylat-Kinase: [Adenylate kinase and AMP deaminase reaction. Adenylate kinase catalyses... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

Bild Lipolyse: [Lipolyse – Wikipedia](#)

Phearson-Test

McNemar-Test

