

■ Welche genetische Ursache hat die "Rot-Grün-Schwäche" beim Menschen?

John Dalton (1766-1844)

John Dalton, ein britischer Naturforscher, litt wie acht Prozent aller männlichen Europäer an Rot-Grün-Schwäche. Unter dem Begriff Rot-Grün-Schwäche fasst man zwei verschiedene Merkmale zusammen: Rot-Schwäche und Grün-Schwäche, je nachdem welche Farbe nicht oder nur ansatzweise gesehen bzw. unterschiedlich werden kann. Von Dalton existiert eine Beschreibung dieses Phänomens: „That part of the image which others call red, appears to me little more than a shade or defect of light: affect that, the orange, yellow and green seems one colour, which descends pretty uniformly from an intense to a rare yellow, making what I should call different shades of yellow.“

Dalton vermutete, dass seine Augäpfel mit einem blaugefärbten Medium gefüllt wären. Dieses blaue Medium verhindere, dass er die Farben Rot und Grün erkennen könne. Er verfügte, dass nach seinem Tod seine Augäpfel entnommen und zwecks Überprüfung seiner Hypothese geöffnet werden sollten. Dies geschah. Das Innere seiner Augäpfel war klar, seine Hypothese falsch.

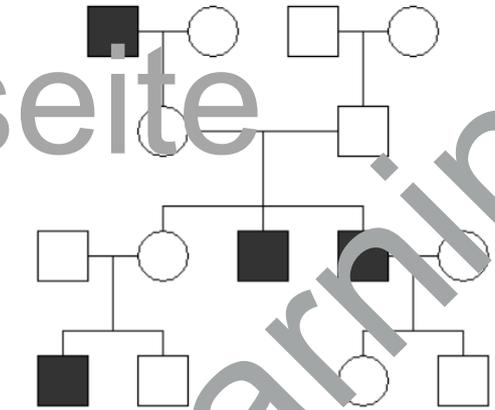


Abb. 1: Stammbaum einer Familie mit Rot-Grün-Schwäche

Farbtüchtigkeit

Viele Säugetierarten sind in geringem Maße farbtüchtig. Aber nur Menschen und Altweltaffen können sehr viele Farben und Farbnuancen unterscheiden. Die Netzhaut im Auge der meisten Säugetiere enthält zwei Typen von Sehsinneszellen: Stäbchen und Zapfen. Die Zapfen ermöglichen das Farbsehen. Anders als andere Säugetierarten verfügen Menschen und Altweltaffen über drei statt zwei Zapfentypen. Sie werden in Blau-, Grün- und Rotzapfen unterteilt und enthalten jeweils Fotopigmente, die blaues, grünes oder rotes Licht absorbieren können. Jedes einzelne Fotopigment besteht aus Retinal, einem Vitamin A-Derivat, und aus dem Protein Opsin. Die Opsine in den Blau-, Grün- und Rotzapfen unterscheiden sich voneinander.

Das Rot-/ Grün-Opsingen-Cluster

Die Gene für die Opsine in Rot- und Grünzapfen liegen nebeneinander auf dem q-Arm von Chromosom 23X. Ihre Struktur ist weitgehend identisch. Sie enthalten je sechs codierende Abschnitte (Exons) an vergleichbarer Position. Die Nucleotidsequenz stimmt zu 98% überein. Nur wenige unterschiedliche Basen liegen auf den Exons zwei bis sechs. Man sagt, die Rot- und Grün-Opsingene bilden ein Cluster. Das Ablesen der Rot- und Grün-Opsingene wird durch eine einzige Regulationseinheit gesteuert. Diese liegt in einiger Entfernung vor dem Rot-Opsingen. Das Grün-Opsingen ist vermutlich durch Duplikation aus dem Rot-Opsingen entstanden.

Die Rot- bzw. die Grün-Schwäche wird durch Fehler bei der Meiose hervorgerufen. Die Häufigkeit dieser Meiosefehler ist durch die große Ähnlichkeit der beiden Opsingene bedingt.

Aufgaben

1. Die folgenden Fachbegriffe sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung: Meiose, Rekombination, Gonosom, strukturelle Mutation, Duplikation, Deletion, crossing-over. Erklären Sie diese Fachbegriffe!
2. Analysieren Sie den Stammbaum und entwickeln Sie eine Hypothese über den Vererbungsmodus des Merkmals! Überprüfen Sie Ihre Hypothese mit begründeter Angabe der Genotypen an Ihnen besonders geeignet erscheinenden Stellen des Stammbaumes! Schließen Sie alternative Vererbungsmodi aus!
3. Skizzieren Sie die wesentlichen Vorgänge bei der Meiose dar! Veranschaulichen Sie Ihre Ausführungen mit Skizzen!
4. Erklären Sie mithilfe des Materials, was unter Meiosefehlern zu verstehen ist und wie sie zur Rot-Schwäche bzw. zur Grün-Schwäche führen können! Schneiden Sie hierfür die Vorlagen auf Seite 2, Abbildung 2c aus und kleben Sie diese sachlich korrekt in die Abbildungen 2a und 2b ein!
5. Leiten Sie aus dem Text Argumente für die Entstehung des Grün-Opsingens durch Duplikation des Rot-Opsingens ab!

Quelle der Abb. 1 + 2: Telgmann