



*...going one step further*



**R04**



## Introduction

Cells in animal multicellular organisms principally only occur in groups of similar cells or together with other differentiated cells, or embedded in the intercellular substrate (intercellular substance, extracellular matrix). The surrounding environment of the unicellular and primitive multicellular organisms (the “primordial soup”, so to speak) also surrounds the cells of more complex highly organized animal (human) organisms, and ensures its nutrition via the blood vessels that penetrate throughout the tissues (down to the capillaries).

The following basic characteristics distinguish the cells of living organisms: they possess higher complexity of organization than their surroundings, they can react to stimuli from within and from their environment, and they have the ability to reproduce (reduplication).

## Overview of the construction and function of cells

The cell membrane (plasma membrane) encloses the cell and also provides a barrier to the external environment allowing the maintenance of its own internal environment. Within the cell, certain structures and small organs (organelles, see list below) are also enclosed by a plasma membrane. The plasma membrane itself consists of polar lipids that form a semi-permeable membrane. Thus the individual compartments and organelles are separated from one another and from the specific molecules and ions they contain. The plasma membrane is also connected to a fine framework of structural proteins, the filaments of the cell skeleton (cytoskeleton). This cytoskeleton consists of fine actin filaments (7 nm diameter), hollow microtubules (25 nm diameter) and, lying in between in diameter, the intermediary filaments. The microtubules develop from an organization centre, usually the centriole. They are also responsible for transport processes along their length, to and from the organization centre (directional active transport, which also occurs in the axons of nerve cells). The centriole itself is an organelle consisting of two groups of tubes perpendicular to one another, from which the microtubules extend – this also occurs in newly formed cells. During cell division the separation of the chromosomes is carried out by the “marionette threads”, the microtubules emanating from the centriole.

As the name implies, the cytoskeleton ensures overall stability for the cell along with a corresponding degree of flexibility. Furthermore the cytoskeleton enables extreme versatility in the active movements of the cell: from stretching out foot-like appendages (e.g. filopodia) to make major changes in shape of the entire cell (also the basis of active muscle contraction for example) to active movement of the cell (cell migration). Moreover, the elements of the cytoskeleton propagate the tension lines within a cell via the so-called cell-cell connections (e.g. desmosomes, see below) to the neighbouring cells and so mechanically connect different areas of cells e.g. in the epidermis of the skin – particularly clear in the prickle cells.

Within the cell-cell connections (intercellular contact) structures with predominantly mechanical function (contact adhesion: zonula; punctum; fascia adhaerens; macula adhaerens = desmosome) can be distinguished from those with an active metabolic and electro-coupling function (nexus, macula communicans = gap junction; synapse). Finally, there are cell connections that seal off the intercellular area (contact barrier: zonula occludens). Connections to the extracellular membrane form focal contacts and to the basal membrane the hemidesmosome.

All proteins, which make up the components of the cytoskeleton, are made by the “sewing machine“ of the proteins, the ribosomes. These can be suspended in the cytoplasm or may be bound onto the vacuole system of the rough endoplasmic reticulum (rough ER). Information is carried to the ribosomes from the cell nucleus, where genetic information is stored on the chromosomes by means of the mRNA. The ribosome couples amino acid to amino acid to order and “sews” them onto a peptide or protein. Peptides and proteins are further modified by auxiliary proteins within the ER, e.g. sugar groups may be added to the protein (glycosylation). The smooth ER can synthesize lipids (cholesterol, triglycerides, steroid hormones), lipoproteins and phospholipids. Furthermore the smooth ER makes fat-soluble compounds water-soluble

# The Animal Cell

English

and thus detoxifies them. In certain types of cell (e.g. muscle cells) the smooth ER also serves as a store for calcium ions.

The Golgi apparatus (GA) consists of groups of flat sac-like membranes (sacculi) and numerous small vesicles. Here proteins newly synthesized in the ER are further modified. Specific sugar groups are synthesized and coupled onto proteins, and also some proteins are cleaved. In addition polysaccharides with appropriate sulfatization are synthesized and glycolipids are synthesized and joined together. These mature proteins are packed into vesicles in the GA and made ready for transport. Thus the GA plays an important role in the sorting and delivery of proteins ("Post Office of the cell").

The GA is also connected with exocytotic events (release of vesicles) and fagocytosis (protrusion of the plasma membrane with subsequent "pinching off" of the membrane together with the components that it surrounds). Vesicles can also be actively enveloped and captured (endocytosis) and also receptors acting as mediators can be brought in (pinocytosis). Membrane protrusions such as the microvilli (small finger-like protrusions with little mobility), stereocilia (larger protrusions with relatively little mobility) and kinocilia (flagellum-shaped protrusions for active cilia movement) will only be discussed in the course reading.

Vacuoles can be formed both endocytotically and by cell components that digest the contents of vesicles (lysosomes).

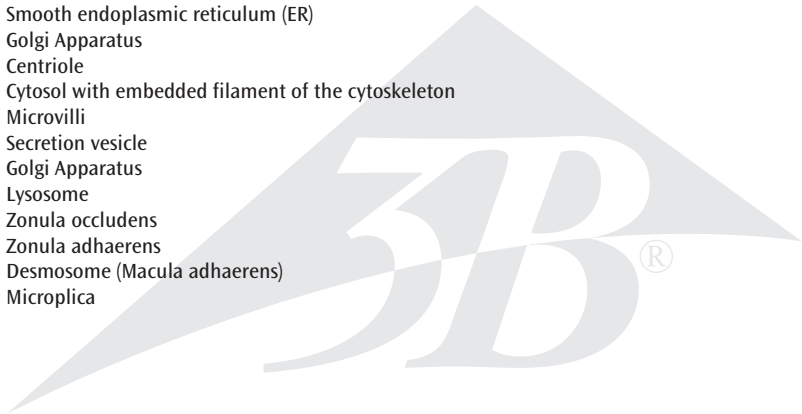
Alongside the lysosomes in a cell are small organelles (peroxisomes), which principally oxidize fatty acids, amino acids and uric acid and can detoxify potentially cytotoxic organic compounds.

Mitochondria are bacteria that entered unicellular organisms in primeval times and developed into so-called symbionts. They possess their own genetic material and also ribosomes for the synthesis of their own proteins. They have however become so intertwined with the genome of the host cell that they can no longer live independently. The benefit of this symbiosis is that the mitochondria can utilize oxygen (a principle toxic substance for living cells, that first arose in the primeval atmosphere from the evolution of plants). Thus carbohydrates, fatty acids and amino acids are oxidized to  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  by consumption of elemental oxygen. In this way ATP, the universal energy carrier, is obtained for the cell. The mitochondrion possesses a double membrane wall. ATP synthesis and the processes of the respiratory chain take place on the internal wall itself. Fatty acid oxidation and the citric acid cycle take place within the mitochondria matrix. Thus the mitochondria can be described as the powerhouse of the cell.

The cell nucleus is the information centre for the cell. The information itself is distributed over 46 deoxy-ribonucleic acid molecules (DNA). They are accommodated in the cell nucleus together with the histones (capping proteins). The nucleus is typically more densely packed than the cytoplasm and is surrounded by a nuclear double membrane (cistern of the ER) with defined channels (nuclear pores). The information for protein synthesis is taken to the ribosomes by the messenger ribonucleic acid (mRNA), which is synthesized on the gene segments of the DNA. This process is called transcription and produces copies of the DNA. The ribosomal RNA is synthesized on specialized segments in the nucleoli (aggregations in the cell nucleus). In addition there is close communication between the cytoplasm and the membrane receptors, so the cell nucleus represents the central information and control unit of the cell.

Author: Prof. Dr. R.H.W. Funk, Institute of Anatomy, Dresden University of Technology

- 1 Cell nucleus
- 2 Nucleolus
- 3 Mitochondrion
- 4 Smooth endoplasmic reticulum (ER)
- 5 Desmosome (Macula adhaerens)
- 6 Basal membrane
- 7 Hemidesmosome
- 8 Collagen fibres
- 9 Fibroblast
- 10 Peroxisome
- 11 Lysosome
- 12 Rough endoplasmic reticulum (ER)
- 13 Mitochondrion
- 14 Smooth endoplasmic reticulum (ER)
- 15 Golgi Apparatus
- 16 Centriole
- 17 Cytosol with embedded filament of the cytoskeleton
- 18 Microvilli
- 19 Secretion vesicle
- 20 Golgi Apparatus
- 21 Lysosome
- 22 Zonula occludens
- 23 Zonula adhaerens
- 24 Desmosome (Macula adhaerens)
- 25 Micropllica



# Die tierische Zelle

Deutsch

## Einleitung

Im tierischen mehrzelligen Organismus kommen Zellen grundsätzlich nur im Verbund von vielen gleichartigen bzw. unterschiedlich differenzierten Zellen, bzw. eingebettet in der zwischenzelligen Substanz (Interzellulärsubstanz, extrazelluläre Matrix) vor. Das Umgebungsmilieu der Einzeller und primitiven Mehrzeller (gleichsam das „Urmeer“) umgibt so auch die Zellen in komplexen tierischen (menschlichen) Organismen, wobei über die allseits das Gewebe durchdringenden Blutgefäße (bis herunter zu den Haargefäßen, Kapillaren) die Ernährung gewährleistet wird.

Folgende Grundcharakteristiken zeichnen Zellen lebendiger Organismen aus: Sie sind höher komplex organisiert als ihre Umgebung, sie können auf Reize aus ihrem Inneren und ihrer Umgebung reagieren, schließlich haben sie die Fähigkeit sich zu vermehren (Reduplikation).

## Übersicht über Bau und Funktion der Zelle

Die Umhüllung der Zelle und auch die Barriere zur Umwelt, zur Aufrechterhaltung eines eigenen inneren Milieus, wird durch die Zellmembran (Plasmamembran) erreicht. Auch innerhalb der Zelle werden bestimmte Strukturen und kleine Organe (Organellen, siehe Aufzählung unten) durch die Plasmamembran umhüllt. Die Plasmamembran selbst besteht aus polaren Lipiden, die eine semipermeable Membran bilden. Daher können sich die einzelnen Kompartimente und Organellen voneinander bezüglich des Gehalts bestimmter Moleküle und Ionen abgrenzen. Die Plasmamembran nimmt auch Verbindungen mit einem feinen Gerüst von Strukturproteinen, den Filamenten des Zytoskeletts (Zytoskelett) auf. Hier findet man feine Aktinfäden (7 nm Durchmesser), röhrenförmige Mikrotubuli (25 nm Durchmesser) und die im Durchmesser dazwischen (intermediär) gelegenen Intermediärfilamente. Die Mikrotubuli wachsen von einem Organisationszentrum, meist dem Zentriol aus. Dabei sind sie auch verantwortlich für Transportvorgänge an ihnen entlang, zu und vom Organisationszentrum weg (gerichteter aktiver Transport – auch in Axonen von Nervenzellen). Das Zentriol selbst ist ein Organell aus zwei senkrecht aufeinander stehenden Gruppen von Röhren, von denen aus die Mikrotubuli ausstrahlen – auch bei neu entstehenden Zellen. Bei der Zellteilung wird die Trennung der Chromosomen von den „Marionettenfäden“, der von den Zentriolen ausgehenden Mikrotubuli, ausgeführt.

Wie der Name „Zytoskelett“ schon sagt, erfüllt dieses die Aufgaben, der Zelle insgesamt Stabilität und eine entsprechende Flexibilität zu gewährleisten. Darüber hinaus ermöglicht das Zytoskelett die vielfältigsten aktiven Bewegungen der Zelle: Vom Ausstrecken von füschenförmigen Fortsätzen (z. B. Filopodien) über starke Formveränderungen der gesamten Zelle (Grundlage z. B. auch der aktiven Muskelverkürzung) bis hin zur aktiven Wanderung (Migration) der Zelle. Des Weiteren führen die Elemente des Zytoskeletts die Spannungslinien innerhalb einer Zelle über die so genannten Zell-Zellverbindungen (z. B. Desmosomen, s. u.) weiter an die Nachbarzellen und bilden so einen mechanischen Verbund von Zellarealen (z. B. in der Epidermis der Haut – besonders deutlich bei den Stachelzellen).

Innerhalb der Zell-Zellverbindungen (Interzellulärkontakte) lassen sich funktionell solche, mit überwiegend mechanischer Funktion (Adhäsionskontakte: Zonula; Punctum; Fascia adhaerens; Macula adhaerens = Desmosom) von solchen mit stoffwechsellaktiver (metabolischer) und elektrisch-koppelnder Funktion (Nexus, Macula communicans = Gap junction; Synapsen) unterscheiden. Schließlich existieren noch Zellverbindungen, die den Interzellulärraum abdichten (Barrierekontakte: Zonula occludens). Verbindungen zur extrazellulären Matrix bilden fokale Kontakte bzw. zur Basalmembran das Hemidesmosom.

Alle Proteine, die die Bestandteile des Zytoskeletts ausmachen, werden von den „Nähmaschinen“ der Proteine, den Ribosomen, geliefert. Diese können frei im Zytoplasma liegen oder an das Vakuolensystem des rauen Endoplasmatischen Retikulums (rauhes ER) gebunden sein. Mit der Information, die aus dem Zellkern (dieser speichert die Erbinformation über die Chromosomen) über die mRNA übermittelt wird, koppelt das Ribosom nun „nach Anleitung“ Aminosäure an Aminosäure und „näht“ diese zu einem

Peptid bzw. Protein zusammen. Im Kompartiment des ER werden Peptide und Proteine weiter durch Helferproteine modifiziert, so dass z. B. Zuckergruppen auf das Protein übertragen werden können (Glykosylierung). Das glatte ER kann Lipide (Cholesterol, Triglyceride, Steroidhormone) und Lipoproteine sowie Phospholipide synthetisieren. Darüber hinaus macht das glatte ER lipidlösliche Verbindungen wasserlöslich und entgiftet sie dadurch. In bestimmten Zellarten (z. B. Muskelzellen) dient dem glatten ER auch als Speicher für Kalziumionen.

Der Golgi-Apparat (GA) besteht aus Gruppen flacher sackförmiger Membranen (Sacculi) und zahlreichen kleinen Vesikeln. In diesem System werden die im ER synthetisierten noch unreifen Proteine weiter verändert. Es werden bestimmte Zuckergruppen synthetisiert und an Proteine angekoppelt, auch manche Proteine gespalten. Des Weiteren werden Polysaccharide mit entsprechender Sulfatierung synthetisiert sowie Glycolipide synthetisiert und angeknüpft. Die reifen Proteine werden im GA in Vesikel verpackt und transportfähig gemacht. So spielt der GA eine wichtige Rolle bei der Sortierung und Auslieferung von Proteinen („Postamt der Zelle“).

Hier steht der GA auch mit den Prozessen der Exozytose (Ausschleusung von Vesikeln) und Apozytose (Ausbuchtungen der Plasmamembran, die mit den von ihnen umschlossenen Komponenten abgeschnürt werden) in Verbindung. Darüber hinaus können Vesikel aktiv eingeschnürt werden (Endozytose) und auch Rezeptor vermittelt eingebracht werden (Pinozytose). Nur kurzfristig soll auf die Membranausstülpungen wie Mikrovilli (kleine fingerförmige Ausstülpungen mit geringer Beweglichkeit), Stereozilien (größere Ausstülpungen mit relativ geringer Beweglichkeit), Kinozilien (geißelförmige Ausstülpungen für aktiven Flimmerschlag) eingegangen werden.

Sowohl endozytotisch als auch über Zellbestandteile selbst können Vakuolen gebildet werden, die die abgeschnürten Inhalte verdauen (Lysosomen).

Neben den Lysosomen liegen in einer Zelle kleine Organellen (Peroxisomen), die vor allem Fettsäuren, Aminosäuren und Harnsäure oxidieren und potentiell zelltoxische organische Verbindungen entgiften können.

Mitochondrien sind vor Urzeiten in Einzeller eingewanderte Bakterien, die sich zu so genannten Symbionten entwickelten. Sie besitzen eine eigene Erbinformation und auch Ribosomen für die Synthese von eigenen Proteinen. Sie haben sich jedoch so intensiv mit dem Genom der Wirtszellen verflochten, dass sie nicht mehr eigenständig lebensfähig sind. Der Nutzen dieser Symbiose besteht darin, dass Mitochondrien Sauerstoff (eine für die lebenden Zellen prinzipiell giftige Substanz, die erst in der Uratmosphäre durch die Evolution der Pflanzen entstanden ist) verbrennen können, d. h. Kohlenhydrate, Fettsäuren und Aminosäuren werden unter Verbrauch von elementarem Sauerstoff zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  oxidiert. Dadurch wird der universelle Energieträger ATP für die Zelle gewonnen. Das Mitochondrium besitzt eine doppelte Membranwand. An der inneren Membran selbst ist die Atmungskette und die ATP-Synthesekette untergebracht. Im Inneren der Mitochondrienmatrix laufen die Fettsäureoxidation und der Zitratzyklus ab. Damit stellen die Mitochondrien die „Kraftwerke“ der Zelle dar.

Der Zellkern ist das Informationszentrum für die Zelle. Die Information selbst ist auf 46 Desoxyribonukleinsäuremolekülen (DNA) verteilt. Sie sind zusammen mit den Histonen (Halteproteinen) im Zellkern untergebracht. Der Kern, der insgesamt dichter gepackt ist als das Zytoplasma, wird von einer Kerndoppelmembran (Zisterne des ER) mit definierten Kanälen (Kernporen) umgeben. Durch die Boten-Ribonukleinsäure (mRNA), die an den Genabschnitten der DNA synthetisiert wird (Transkription) und dann Kopien der DNA enthält, wird die Information zur Proteinsynthese zu den Ribosomen gebracht. In den Nucleoli (Verdichtungen im Zellkern) werden an speziellen Abschnitten die ribosomale RNA (rRNA) synthetisiert. Darüber hinaus besteht eine enge Kommunikation mit dem Zytoplasma und den Membranrezeptoren, so dass der Zellkern die zentrale Informations- und Steuereinheit der Zelle darstellt.

# Die tierische Zelle

Deutsch

- 1 Zellkern (Nucleus)
- 2 Nucleolus
- 3 Mitochondrium
- 4 Glattes Endoplasmatisches Retikulum (ER)
- 5 Desmosom (Macula adhaerens)
- 6 Basalmembran
- 7 Hemidesmosom
- 8 Kollagene Fasern
- 9 Fibroblast
- 10 Peroxisom
- 11 Lysosom
- 12 Rauhes Endoplasmatisches Retikulum (ER)
- 13 Mitochondrium
- 14 Glattes Endoplasmatisches Retikulum (ER)
- 15 Golgi Apparat
- 16 Zentriol
- 17 Zytosol mit eingebetteten Filamenten des Zytoskeletts
- 18 Mikrovilli
- 19 Sekretvesikel
- 20 Golgi Apparat
- 21 Lysosom
- 22 Zonula occludens
- 23 Zonula adhaerens
- 24 Desmosom (Macula adhaerens)
- 25 Mikropllica





## Introducción

En los organismos pluricelulares, básicamente, las células se encuentran sólo en conjunto con muchas otras células del mismo tipo, o de un tipo diferenciado, o incrustadas en la sustancia intercelular (matriz extracelular). El medio que rodea a los unicelulares y los pluricelulares primitivos (algo así como un mar originario) rodea también las células de organismos animales complejos (humanos), en donde, sobre todo, los vasos sanguíneos que atraviesan el tejido (hasta llegar a los capilares) garantizan la nutrición.

Las células de los organismos vivos presentan las siguientes características básicas: Están organizadas de forma más elevada y compleja que su entorno, pueden reaccionar a sus propios estímulos internos y a los de su entorno. Por último, tienen la capacidad de reproducirse (reduplicación).

## Nociones generales sobre la estructura y la función de la célula

La membrana celular (membrana plasmática) le proporciona una cubierta a la célula y forma una barrera con su entorno, que le permite mantener aislado su propio medio interno. En el interior de la célula también hay determinadas estructuras y órganos pequeños (organelos, mirar la enumeración abajo) que se encuentran recubiertos por la membrana plasmática. La membrana plasmática está compuesta por lípidos polares que forman una membrana semipermeable. Debido a esto, los compartimentos individuales y los organelos pueden delimitar entre sí mismos el contenido de determinadas moléculas e iones. La membrana plasmática también tiene contactos con un fino andamio de proteínas estructurales y filamentos del citoesqueleto. Aquí se encuentran los finos hilos de actina (7 nm de diámetro), los microtúbulos, llamados así por su forma (25 nm de diámetro), y los filamentos intermedios que se encuentran en diámetros intermedios. Los microtúbulos crecen a partir de un centro de organización que, por lo general, es el centriolo. También son responsables de los procesos de transporte que, a través de ellos, salen desde el centro de organización o se dirigen hacia él (transporte activo y dirigido, también presente en los axones de las células nerviosas).

El centriolo, en sí mismo, es un organelo que se compone de dos grupos de tubos ubicados verticalmente uno frente al otro, de los cuales se desprenden los microtúbulos, lo cual ocurre también en las células recién formadas. Durante la división celular, los cromosomas se separan de los “hilos de marioneta” de los microtúbulos que provienen del centriolo.

Como el nombre lo indica, el citoesqueleto tiene la tarea de garantizarle a la célula una estabilidad general y una flexibilidad adecuada. Por otra parte, el citoesqueleto posibilita la multiplicidad de los movimientos activos de la célula: desde la extensión de algunos apéndices con forma de pies pequeños (por ejemplo, los filopodios), fuertes cambios en la forma de toda la célula (lo que, por ejemplo, constituye la base de la contracción muscular activa) hasta un desplazamiento activo de la célula misma (migración). Además, los elementos del citoesqueleto dirigen las líneas de tensión interna de la célula hacia las células vecinas por medio de las llamadas uniones celulares (por ejemplo, los desmosomas, ver abajo) y forman una unión mecánica de áreas de células (por ejemplo, en la epidermis de la piel, especialmente en las células del estrato espinoso).

Dentro de las uniones de las células (contactos intercelulares) se pueden diferenciar funcionalmente aquellas que poseen una función mecánica (contactos de adhesión: zónula, punctum, fascia adherente, mácula adherente = desmosoma) de aquellas que tienen un metabolismo activo (metabólicos) al igual que de aquellas con una función de acoplamiento eléctrico (nexos, mácula comunicante = uniones comunicantes, sinapsis). Por último, también existen uniones celulares que hermetizan el espacio intercelular (contactos de barrera: Zonula occludens). Las uniones con la matriz extracelular forman contactos focales como el hemidesmosoma con la membrana basal.

Todas las proteínas que forman parte de los componentes del citoesqueleto son suministradas por los “fabricantes” de proteínas: los ribosomas. Estos pueden encontrarse libremente en el citoplasma o unidos al sistema de vacuolas del retículo endoplasmático granular. Los ribosomas usan la información que proviene del núcleo celular (éste almacena la información hereditaria por medio de los cromosomas) y que es transmitida a ellos por el mRNA (RNA mensajero) para acoplar “de acuerdo con las instrucciones” un aminoácido a otro aminoácido, hasta formar un péptido o una proteína. Las proteínas y péptidos son modifi-

# La Célula Animal

Español

cados en los compartimentos del retículo endoplasmático por medio de proteínas auxiliares, de forma tal que, por ejemplo, los grupos de azúcar puedan transmitirse a las proteínas (glicosilación). El retículo endoplasmático liso puede sintetizar lípidos (colesterol, triglicéridos, hormonas esteroides) y lipoproteínas como los fosfolípidos. Además, trasforma en solubles en agua los compuestos solubles en lípidos, volviéndolos no venenosas. En determinados tipos de células el retículo endoplasmático liso también puede almacenar iones de calcio (por ejemplo, en las células musculares).

El aparato de Golgi se compone de grupos de membranas planas y en forma de saco (saculi) y de muchas vesículas pequeñas. En este sistema se modifican nuevamente las proteínas inmaduras que han sido sintetizadas en el retículo endoplasmático. Aquí se crean determinados grupos de azúcar y se acoplan a las proteínas; también se dividen algunas proteínas. Por otra parte, se sintetizan los polisacáridos con la sulfatación respectiva, y también los glicolípidos se sintetizan y acoplan. Las proteínas ya maduras son empacadas en el aparato de Golgi volviéndose aptas para el transporte. El aparato de Golgi juega un papel importante en la clasificación y suministro de proteínas (como si fuera una “oficina de correos de la célula”).

El aparato de Golgi está ligado a los procesos de exocitosis (exclusión de las vesículas) y fagocitosis (una prominencia de la membrana plasmática rodea una sustancia y la introduce al interior de la célula). Las vesículas pueden verse atrapadas activamente (endocitosis) y los receptores absorbidos también activamente (pinocitosis).

Solo se abordarán de forma esquemática las extensiones de la membrana como las microvellocidades (pequeñas prominencias con forma de dedo y movilidad mínima), estereocilios (grandes prominencias con relativamente mínima movilidad), quinocilios (prominencias en forma de un cilio para una vibración activa en forma de golpe).


Por medio de la endocitosis, o con partes de la célula misma, se pueden formar las vacuolas, que son capaces de digerir el contenido introducido (lisosomas). Además de los lisosomas, hay en las células pequeños organelos (peroxisomas) que permiten la oxidación de ácidos grasos, aminoácidos y ácidos úricos, y eliminan el veneno de las formaciones orgánicas potencialmente tóxicas para la célula.

Las mitocondrias son bacterias que, en tiempos inmemoriales, migraron al interior de los seres unicelulares convirtiéndose en lo que conocemos como simbioses. Poseen información hereditaria propia, al igual que ribosomas para la síntesis de las proteínas también propias. Se mezclaron tan profundamente con el genoma de su huésped que ya no son capaces de sobrevivir independientemente. La utilidad de esta simbiosis se basa en el hecho de que las mitocondrias pueden quemar oxígeno (una sustancia, en principio, venenosa para la célula, que sólo surgió en la atmósfera primitiva gracias a la evolución de las plantas), o sea, los carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos se oxidan en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  por medio del oxígeno elemental. Así se genera para la célula el ATP, el transportador universal de energía. La mitocondria posee una membrana con pared doble. En la propia membrana interna se encuentra la cadena respiratoria y la cadena sintetizadora de ATP. En el interior de la matriz de la mitocondria se produce la oxidación de los ácidos grasos y el ciclo de los citratos. De esta manera, las mitocondrias pueden considerarse como el “taller de energía de la célula”.

El núcleo celular es el centro de información de la célula. La información se encuentra repartida en 46 moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN). Ellas se alojan junto con las histonas (proteínas de sostén) en el núcleo celular. El núcleo es en general más denso que el citoplasma y está rodeado por una membrana nuclear doble (cisterna del retículo endoplasmático) con canales definidos (poros nucleares). La información sobre la síntesis de las proteínas se transmite a los ribosomas a través de los ácidos ribonucleicos mensajeros (mRNA) que se sintetizan en algunos sectores del gen del ADN (transcripción) y que luego contienen copias de ADN. Los ácidos ribonucleicos mensajeros (mARN) se sintetizan en algunos sectores del gen del AND (transcripción) y contienen una copia del ADN, por medio de éste llega la información de la síntesis de las proteínas a los ribosomas. En los nucleolos (masa del núcleo celular), en algunas zonas espe-

ciales, se sintetiza el ARN ribosomal (rARN). Además, existe una estrecha comunicación entre el citoplasma y los receptores membranales, de tal forma que el núcleo representa el centro de información y dirección de la célula.

Autor: Prof. Dr. R.H.W. Funk, Instituto de Anatomía de la U. T. de Dresden

- 1 Núcleo celular
  - 2 Nucleolo
  - 3 Mitocondria
  - 4 Retículo endoplasmático liso (RE)
  - 5 Desmosoma (mácula adherente)
  - 6 Membrana basal
  - 7 Hemidesmosoma
  - 8 Fibras colágenas
  - 9 Fibroblasto
  - 10 Peroxisoma
  - 11 Lisosoma
  - 12 Retículo endoplasmático granular (RE)
  - 13 Mitocondria
  - 14 Retículo endoplasmático granular liso (RE)
  - 15 Aparato de Golgi
  - 16 Centriolo
  - 17 Citosol con filamentos incrustados del citoesqueleto
  - 18 Microvellocidades
  - 19 Vesícula secretora
  - 20 Aparato de Golgi
  - 21 Lisosoma
  - 22 Zónula ocludente
  - 23 Zónula adherente
  - 24 Desmosoma (mácula adherente)
  - 25 Micropliegue
- 

# La cellule animale

Français

## Introduction

Dans l'organisme animal pluricellulaire, les cellules ne se présentent en principe que sous forme d'une liaison de plusieurs cellules de même type ou sous forme de cellules à différenciation diverse. Les cellules peuvent être également incluses dans la substance intercellulaire (substance intercellulaire, matrice extracellulaire). Le milieu environnemental des organismes unicellulaires et des organismes pluricellulaires primitifs (la « soupe primitive » pour ainsi dire) enveloppe également les cellules des organismes animaux (humains) complexes. Leur alimentation est assurée par les vaisseaux sanguins se chargeant d'une irrigation générale des tissus (jusqu'aux artères ciliaires, capillaires).

Les caractéristiques de base suivantes définissent les cellules d'organismes vivants : L'organisation de ces cellules est plus complexe que celle de leur environnement. Elles peuvent réagir à des stimuli venant de leur milieu interne ou de leur environnement, et elles disposent enfin de la faculté de se reproduire (réplication).

## Aperçu sur la structure et le fonctionnement de la cellule

La membrane cellulaire (membrane plasmique) forme l'enveloppe de la cellule et constitue également une barrière contre l'environnement qui permet de préserver l'intégrité du milieu interne cellulaire. À l'intérieur de la cellule elle-même, certaines structures et des petits organes intracellulaires (organelles, cf. énumération ci-dessous) sont également enveloppés d'une membrane plasmique. La membrane plasmique elle-même est composée de lipides polaires, formant une membrane semi-perméable. Les divers compartiments et organelles peuvent donc s'isoler les uns par rapport aux autres quant à la teneur de certains ions et molécules. La membrane plasmique présente également des jonctions avec une ossature fine de protéines structurales, les filaments du squelette cellulaire (cytosquelette). Nous y trouvons des filaments fins d'actine (diamètre de 7 nm), des microtubules à structure tubulaire (diamètre de 25 nm) ainsi que les filaments intermédiaires dont le diamètre présente une valeur intermédiaire. Les microtubules « poussent » à partir d'un centre d'organisation, généralement depuis le centriole. Ils assument en outre les processus de transport sur toute leur propre longueur, vers et depuis le centre d'organisation (transport directionnel actif – également dans les axones de cellules nerveuses). Le centriole lui-même est un organelle composé de deux groupements de tubes perpendiculaires les uns aux autres, à partir desquels les microtubules rayonnent – également lors de la formation de nouvelles cellules. Lors de la division cellulaire, la séparation des chromosomes se fera au moyen des « ficelles de marionnette », les microtubules partant des centrioles.

Comme son nom l'indique, les tâches assumées par le « cytosquelette » permettront une plus grande stabilité générale de la cellule tout en conférant à cette dernière la flexibilité requise. Le cytosquelette permet en outre les mouvements actifs les plus variés de la cellule : depuis l'extension des prolongements pédiformes (tels que filopodes) en passant par des modifications importantes de l'ensemble de la forme cellulaire (sur lesquelles se base par exemple le raccourcissement musculaire) jusqu'à la migration active de la cellule. Par ailleurs, les éléments du cytosquelette transmettent les lignes de contrainte se présentant à l'intérieur d'une cellule aux cellules voisines, via les jonctions cellule-cellule (telles que les desmosomes, cf. ci-dessous), en formant une liaison mécanique, composée de zones cellulaires (telles que celles présentes dans l'épiderme de la peau – ce qui se manifeste visiblement dans le cas de la couche des cellules épineuses).

À l'intérieur des jonctions cellule-cellule (contacts intercellulaires), il est possible de faire une distinction fonctionnelle entre d'une part les jonctions assumant une fonction essentiellement mécanique (contacts d'ancrage : zonula ; punctum ; fascia adhaerens ; macula adhaerens = desmosome) et entre d'autre part les jonctions assumant une fonction métabolique active et de jonction électrique (nexus, macula communicante = jonction communicante ; synapses). Enfin, il existe encore des jonctions cellulaires assurant une étanchéification de l'espace intercellulaire (contacts au niveau de la barrière : zonula occlu-

dens). Des contacts focaux forment des jonctions vers la matrice extracellulaire ou la membrane basale, l'hémidesmosome.

Toutes les protéines, composant le cytosquelette, sont délivrées par les « machines à coudre » des protéines, les ribosomes. Ces derniers peuvent circuler librement dans le cytoplasme ou être reliés au système vacuolaire du réticulum endoplasmique rugueux (RE rugueux). Au moyen des informations transmises depuis le noyau cellulaire (ce dernier stocke l'information génétique dans les chromosomes) via l'ARNm, le ribosome couple alors « conformément au mode d'emploi » acide aminé à acide aminé et les « coud » ensemble pour en faire un peptide ou une protéine. Dans le compartiment du RE, des protéines auxiliaires se chargeront de poursuivre la modification des peptides et des protéines afin que des groupements sucrés puissent être par exemple transférés à la protéine (glycosylation). Le RE lisse peut réaliser la synthèse de lipides (cholestérol, triglycérides, hormones stéroïdiennes) et de lipoprotéines ainsi que celle de phospholipides. Le RE lisse se chargera en outre de rendre composés liposolubles solubles dans l'eau, ce qui les détoxifiera. Dans certains types de cellules (telles que cellules musculaires), le RE lisse joue également le rôle d'un réservoir pour les ions calcium.

L'appareil de Golgi (AG) comprend des groupements de membranes plates en forme de sac (sacculles) ainsi que beaucoup de petites vacuoles. C'est au niveau de ce système que les protéines synthétisées dans le RE et qui n'y sont pas encore arrivées à maturité subiront d'autres modifications. Certains groupements sucrés seront synthétisés et couplés à des protéines, quelques protéines seront également scindées. Nous assistons par ailleurs à une synthèse de polysaccharides avec une sulfatation correspondante ainsi qu'à une synthèse et un attachement de glycolipides. Dans l'AG, les protéines arrivées à maturité seront emballées dans des vacuoles et préparées au transport. L'AG joue donc un rôle important lors du tri et de la distribution des protéines (« bureau de poste de la cellule »).

Dans ce cas, l'AG est également en rapport avec les processus de l'exocytose (rejet de vacuoles à l'extérieur) et ceux de l'apoptose, le clivage de composants cellulaires (saillies de la membrane plasmique, étranglées au moyen des composants les entourant). Des vacuoles peuvent en outre être activement étranglées (endocytose) et des récepteurs intermédiaires également mis en place (pinocytose). Nous ne voulons traiter ici que brièvement les excroissances de la membrane sous forme de microvillosité (petites excroissances à mobilité restreinte), les stéréocils (excroissances de plus grande taille à mobilité relativement restreinte) et les kinocils (excroissances de forme flagellée permettant une action sur le battement ciliaire).

Des vacuoles, digérant le matériel étranglé (lysosomes), pourront se former aussi bien par endocytose que par les composants cellulaires eux-mêmes.

Une cellule contient, outre les lysosomes, de petites organelles (péroxisomes) pouvant avant tout oxyder des acides gras, des acides aminés et des acides uriques et pouvant potentiellement détoxifier des composés organiques toxiques au niveau cellulaire.

Les mitochondries sont des bactéries, ayant émigré, il y a des millions d'années, dans des organismes unicellulaires et s'étant transformées en symbiotes. Ces mitochondries disposent d'une information génétique propre et également de ribosomes leur permettant de synthétiser leurs propres protéines. Mais ces bactéries se sont cependant alliées si étroitement au génome des cellules hôtes qu'elles ne sont plus autonomement viables. Cette symbiose présente l'avantage que les mitochondries peuvent brûler de l'oxygène (une substance en principe toxique pour les cellules vivantes, apparue seulement à la suite de l'évolution végétale dans l'atmosphère primaire), en d'autres mots, des hydrates de carbone, des acides gras et des acides aminés seront oxydés pour être transformés en  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ , en faisant appel à de l'oxygène élémentaire. Ce qui permettra de faire bénéficier la cellule de l'A.T.P, porteur universel d'énergie. La mitochondrie présente une paroi membranaire double. La chaîne respiratoire permettant la synthèse de l'A.T.P se trouve sur la membrane interne elle-même. L'oxydation des acides gras et le cycle de Krebs prennent place dans la matrice des mitochondries. Les mitochondries représentent donc les « centrales électriques » de la cellule.

# La cellule animale

Français

Le noyau cellulaire est le centre d'informations de la cellule. Les informations elles-mêmes sont réparties sur 46 molécules d'acide désoxyribonucléique (ADN). Qui se trouvent avec les histones (protéines d'ancrage) dans le noyau cellulaire. Le noyau, dont la densité est dans l'ensemble plus compacte que celle du cytoplasme, est enveloppé d'une membrane nucléaire double (citerne du RE) présentant des canaux définis (pores nucléaires). Les informations concernant la synthèse protéinique seront transmises aux ribosomes par l'acide ribonucléique messenger (ARNm), synthétisé sur les segments génétiques de l'ADN (transcription) et contenant ensuite des copies de l'ADN. Dans les nucléoles (condensations dans le noyau cellulaire), la synthèse de l'ARN ribosomique (ARNr) se fera au niveau de segments spéciaux. Il existe en outre une communication étroite avec le cytoplasme et les récepteurs de la membrane, ce qui fait donc du noyau cellulaire l'unité centrale d'information et de commande de la cellule.

Auteur : Professeur Dr. R.H.W. Funk, Institut d'anatomie de l'Université Technique de Dresde

- 1 Noyau cellulaire (nucléus)
- 2 Nucléole
- 3 Mitochondrie
- 4 Réticulum endoplasmique lisse (RE)
- 5 Desmosome (Macula adhaerens)
- 6 Membrane basale
- 7 Hémidesmosome
- 8 Fibres collagènes
- 9 Fibroblaste
- 10 Péroxysome
- 11 Lysosome
- 12 Réticulum endoplasmique rugueux (RE)
- 13 Mitochondrie
- 14 Réticulum endoplasmique lisse (RE)
- 15 Appareil de golgi
- 16 Centriole
- 17 Cytosol avec filaments inclus du cytosquelette
- 18 Microvillosité
- 19 Vacuole de sécrétion
- 20 Appareil de golgi
- 21 Lysosome
- 22 Zonula occludens
- 23 Zonula adhaerens
- 24 Desmosome (Macula adhaerens)
- 25 Microplica



## Introdução

Nos organismos animais pluricelulares as células geralmente sempre se encontram em associação com muitas outras do mesmo tipo ou diferenciadas em diversas formas, integradas dentro de uma substância entre as células (substância intercelular, matriz extracelular). O meio ambiente dos organismos unicelulares e dos pluricelulares primitivos (parecido ao „mar originário“) envolve assim as células nos organismos animais complexos (humanos), sendo que a alimentação é garantida pelos vasos sanguíneos que atravessam o tecido por todo lado (até os capilares).

As seguintes características básicas definem os organismos vivos: eles tem uma organização mais complexa do que o seu entorno, podem reagir a excitações internas e oriundas do seu meio ambiente externo, e finalmente, eles têm a habilidade de se reproduzir (reduplicação).

## Noções gerais sobre a constituição e o funcionamento da célula

O envoltório da célula, que é também uma barreira frente ao meio ambiente para poder criar um meio interno próprio, é constituído pela membrana celular (a membrana plasmática). Também dentro da célula existem algumas estruturas e pequenos órgãos (orgânulos, veja lista abaixo) que são envoltos de membrana plasmática. A própria membrana plasmática é feita de lípidios polares que formam uma membrana semipermeável. Por isso, cada compartimento e orgânulo fica separado do outro conforme o conteúdo em certas moléculas e íons. A membrana plasmática também tem contatos por meio de uma fina construção de proteínas estruturais, os filamentos do esqueleto da célula (o citoesqueleto). Aqui encontram-se finos filamentos de actina (7 nm de diâmetro), pequenos microtúbulos em forma de tubo (25 nm de diâmetro), e os filamentos intermediários, intermediários pelo tamanho do diâmetro. Os microtúbulos crescem à partir de um centro de organização, em geral o centríolo. Estes são responsáveis pelos transportes ao longo deles, para outros centros de organização e desde eles (Transporte dirigido ativo – também presente nas axonas das células nervosas). O centríolo em si é um orgânulo feito de dois grupos de tubos perpendiculares uns aos outros, do qual partem os microtúbulos, também em células ainda em formação. Durante a divisão celular, a divisão dos cromossomas é realizada através dos microtúbulos que saem dos centríolos.

Como o nome „citoesqueleto“ já indica, ele cumpre a função de garantir a estabilidade geral da célula, assim como a necessária flexibilidade. Além disso, o citoesqueleto possibilita os mais variados movimentos ativos da célula: desde a projeção de pontas em forma de pezinhos (por ex., os filopódios), ou fortes alterações na aparência geral de toda a célula (a base, por ex., do encurtamento ativo dos músculos), até o deslocamento ativo (migração) da célula. Pelo mais, os elementos do citoesqueleto conformam as linhas de tensão dentro da célula e a conectam com outras células através da chamada comunicação célula a célula (por ex., desmossomas), formando assim uma associação mecânica de zonas celulares (por ex., na epiderme cutânea – particularmente visível nas células espinhosas).

Dentro das conexões de célula a célula (contatos intercelulares) distingue-se funcionalmente entre as que cumprem funções mecânicas (contatos por adesão: zônula; junção intermediária (Fascia adhaerens); mácula de adesão = desmossoma) das que cumprem funções ativas ligadas a processos do metabolismo (metabólicas) ou uma função de conexão elétrica (nexo, junção comunicante = gap junction; sinapses) Finalmente, existem também conexões celulares que vedam o espaço intercelular (contatos de barreira: zônula de oclusão). As conexões com a matriz extracelular são formadas por contatos focais, como o hemidesmossoma com a membrana basal.

Todas as proteínas que formam os componentes do citoesqueleto são fornecidas pelas „máquinas de costura“ das proteínas, os ribossomas. Estes podem estar livres no citoplasma ou estar associados ao sistema de vacúolos do retículo endoplasmático rugoso (RE rugoso). Com as informações contidas no núcleo da célula (este armazena a informação hereditária por meio dos cromossomas) e transmitidas pelo mRNA, o ribossoma junta aminoácido com aminoácido conforme „as instruções“ e os „costura“ para formar um peptídeo ou uma proteína. No compartimento do RE, os peptídeos e as proteínas são modificados por

# A célula animal

Português

proteínas auxiliares de modo a que grupos de açúcares, por exemplo, possam ser transferidos para a proteína (glicuronidação). O RE liso pode sintetizar lipídios (colesterol, triglicerídeos, hormônios esteróides) e lipoproteínas, assim como fosfolipídios. Além disto, o RE liso torna associações solúveis em lipídios em solúveis em água, desintoxicando-as assim. Em certos tipos de células (por ex., nas células musculares) o RE liso serve de armazém para íons de cálcio.

O complexo de Golgi (CG) consiste num grupo de membranas em forma de sacos achatados (sáculos) e numerosas pequenas vesículas. Neste sistema, as proteínas sintetizadas no RE e ainda não maduras são transformadas. Grupos específicos de açúcares são sintetizados e associados a proteínas, algumas proteínas também são divididas. A continuação, são sintetizados polissacarídeos com a sulfatação correspondente, assim como glicolipídios são sintetizados e acoplados. As proteínas maduras são embaladas no CG numa vesícula e preparadas para o transporte. Assim, o CG cumpre um papel importante na seleção e distribuição de proteínas („o correio da célula“).

Aqui, o CG também está relacionado com os processos da exocitose (expulsão de vesículas) e da fagocitose (invaginação da membrana que é logo fechada como um saco junto com os componentes assim abrangidos). Além disso, vesículas podem ser fechadas ativamente (endocitose) e receptores podem ser absorvidos ativamente (pinocitose). Só se abordarão de forma esquemática as extensões da membrana como os microvilos (pequenas extensões em forma de dedo com pouca mobilidade), estereocílios (extensões maiores com mobilidade relativamente pequena), cílios (extensões maiores em forma de chicote para vibrar ativamente).

Tanto por endocitose como também por componentes da própria célula, podem formar-se vacúolos que digerem os conteúdos absorvidos (lisossomas).

Além dos lisossomas encontram-se numa célula pequenos orgânulos (os peroxissomas), os quais oxidam principalmente ácidos grassos, aminoácidos e ácido úrico e assim podem decompor formações químicas orgânicas tóxicas para a célula.

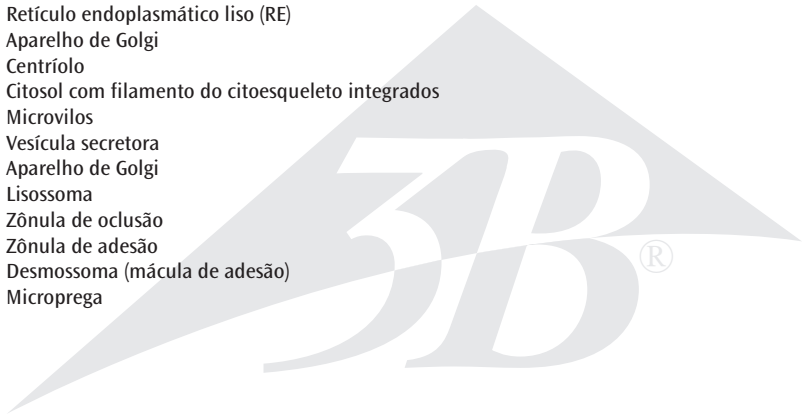
As mitocôndrias são bactérias que em tempos primordiais migraram para dentro de seres unicelulares tornando-se ditos simbioses. Elas possuem uma informação hereditária própria assim como ribossomas para a síntese de proteínas próprias. Elas se mesclaram tão profundamente com o genoma do hospede que elas não são mais capazes de sobreviver independentemente. A utilidade desta simbiose consiste no fato que as mitocôndrias podem queimar o oxigênio (uma substância, em princípio, venenosa para a célula que só surgiu na atmosfera primitiva graças à evolução das plantas), ou seja, os carboidratos, ácidos grassos e aminoácidos são oxidados em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  utilizando oxigênio elementar. Assim é produzido para a célula o transportador universal de energia ATP. A mitocôndria possui uma membrana com parede dupla. Na própria membrana interna encontram-se a corrente respiratória e a corrente sintetizadora de ATP. No interior da matriz da mitocôndria ocorre a oxidação dos ácidos grassos e o ciclo dos citratos. Com isto, as mitocôndrias são as „usinas de energia da célula“.

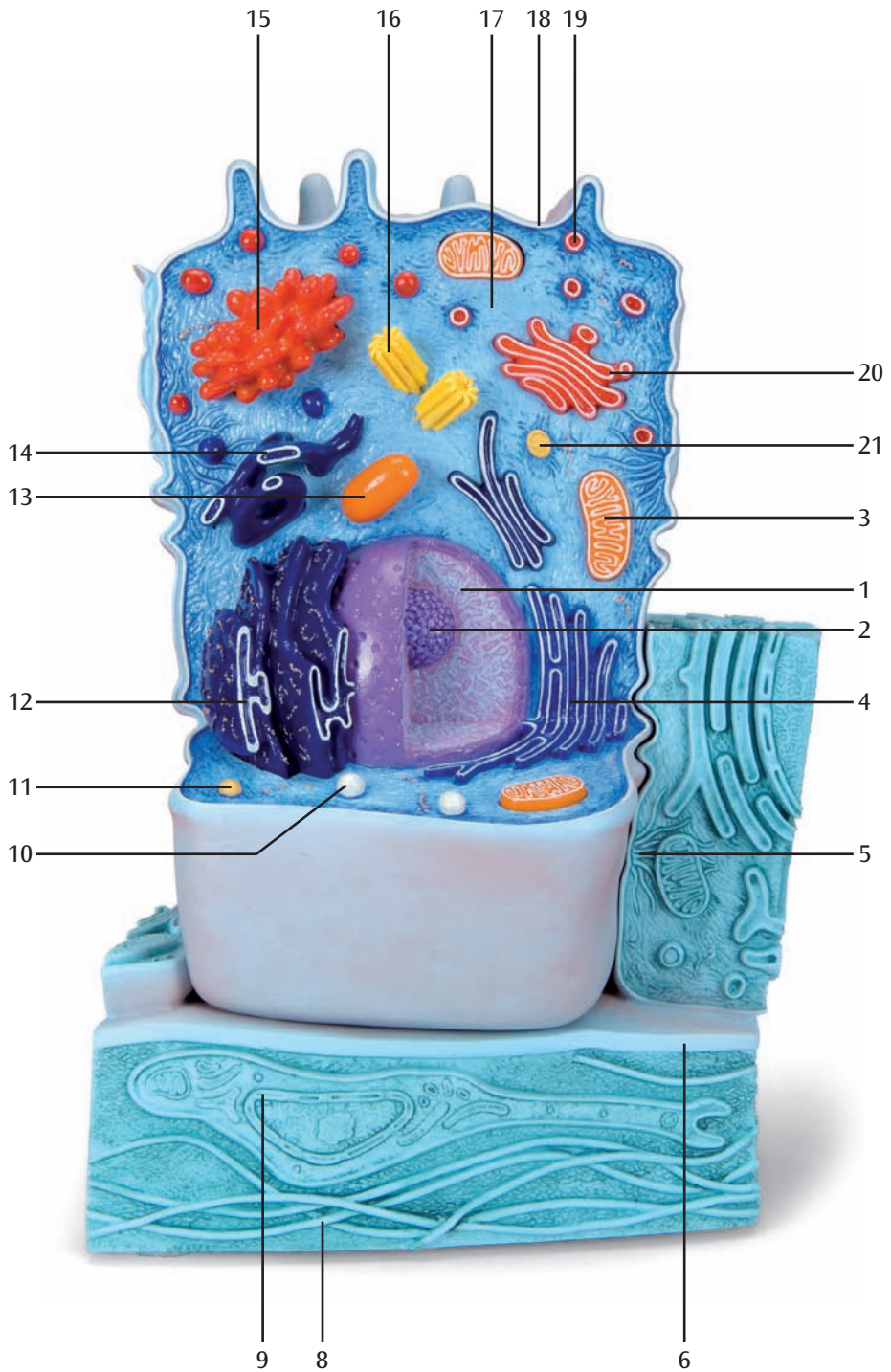
O núcleo celular é o centro de informações da célula. A informação em si encontra-se distribuída em 46 moléculas de ácido desoxiribonucleico (DNA). Elas se encontram no núcleo junto com os histonas (proteínas de suporte). O núcleo é geralmente mais denso do que o citoplasma, ele é envolto de uma membrana nucleica dupla (cisterna do RE) com canais definidos (poros nucleicos). Através dos ácidos ribonucleicos mensageiros (mRNA) que são sintetizados nos trechos genéticos do DNA (transcrição) e que logo contêm cópias do ADN, a informação sobre a síntese das proteínas é levada aos ribossomas. Nos nucléolos (densificações no núcleo) é sintetizado o RNA ribossomático (rRNA) em trechos especiais. Além disso, existe uma comunicação próxima entre o citoplasma e os receptores da membrana, de modo que o núcleo representa o centro de informações e a unidade de comando da célula.

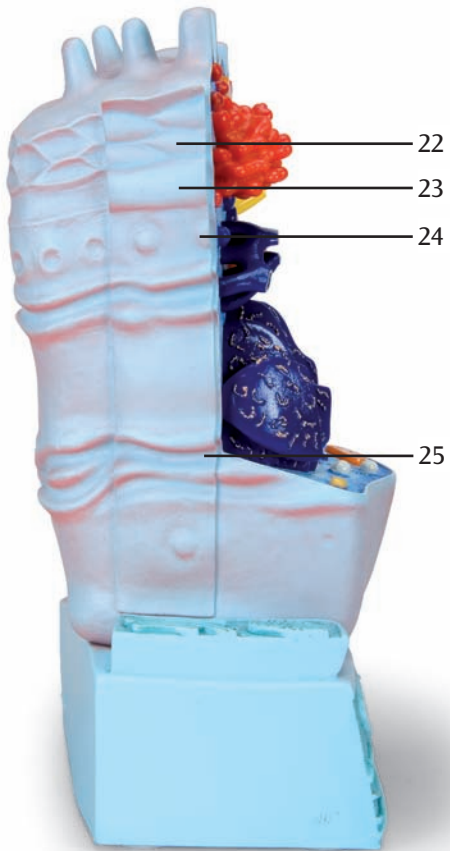
Autor: Prof. Dr. R.H.W. Funk, Instituto de Anatomia da T.U. Dresden



- 1 Núcleo
- 2 Nucléolo
- 3 Mitocôndria
- 4 Reticulo endoplasmático liso (RE)
- 5 Desmossoma (mácula de adesão)
- 6 Membrana basal
- 7 Hemidesmossoma
- 8 Fibras colágenas
- 9 Fibroblasto
- 10 Peroxissoma
- 11 Lisossoma
- 12 Reticulo endoplasmático rugoso (RE)
- 13 Mitocôndria
- 14 Reticulo endoplasmático liso (RE)
- 15 Aparelho de Golgi
- 16 Centríolo
- 17 Citosol com filamento do citoesqueleto integrados
- 18 Microvilos
- 19 Vesícula secretora
- 20 Aparelho de Golgi
- 21 Lisossoma
- 22 Zônula de oclusão
- 23 Zônula de adesão
- 24 Desmossoma (mácula de adesão)
- 25 Microprega







## Introduzione

Generalmente, nell'organismo pluricellulare animale esistono solo insiemi di cellule dello stesso tipo o con caratteristiche diverse o cellule situate nella sostanza intracellulare (sostanza intracellulare, matrice extracellulare). L'ambiente di vita di protozoi e organismi pluricellulari primitivi (il cosiddetto „mare preistorico“) circonda anche le cellule di organismi animali (umani) complessi, garantendo l'alimentazione tramite i vasi sanguigni che permeano i tessuti (arrivando fino ai vasi capillari).

Le caratteristiche basilari seguenti contraddistinguono le cellule di organismi viventi: Sono caratterizzate da una complessità più elevata rispetto all'ambiente in cui vivono e possono reagire a stimoli inviati ad essi stessi o all'ambiente che li circonda. Infine, hanno la capacità di riprodursi (reduplicazione).

## Panoramica della struttura e della funzione della cellula

Il rivestimento della cellula, ed anche la barriera nei confronti dell'ambiente extracellulare per il mantenimento del proprio ambiente interno, è costituito dalla membrana cellulare (membrana plasmatica). Anche all'interno della cellula, la membrana plasmatica riveste determinate strutture e organi di piccole dimensioni (organuli, ved. elenco in basso). La membrana plasmatica stessa è costituita da lipidi polari che formano una membrana semipermeabile. Pertanto, i singoli compartimenti e organuli possono essere separati l'uno dall'altro in funzione del contenuto di determinate molecole e ioni. La membrana plasmatica stabilisce collegamenti anche con una sottile struttura di proteine strutturali, i filamenti dello scheletro della cellula (citoscheletro). In questo scheletro si possono trovare microfilamenti di actina (diametro di 7 nm), microtubuli (diametro di 25 nm) e filamenti intermedi situati nel diametro. I microtubuli vengono sviluppati da un centro di organizzazione principalmente costituito da un centriolo e sono inoltre responsabili dei processi di trasporto per tutta la loro lunghezza, da e verso il centro di organizzazione (trasporto attivo direzionato, anche in assoni da cellule nervose). Il centriolo stesso è un organulo formato da due gruppi di tubi situati verticalmente, dai quali partono i microtubuli, anche in caso di cellule nuove. Durante la divisione cellulare, la separazione dei cromosomi viene eseguita dai „filamenti finti“ dei microtubuli che si diffondono dai centrioli.

Come suggerisce la parola „citoscheletro“, questo elemento garantisce la stabilità ed una corrispondente flessibilità della cellula. Inoltre, il citoscheletro consente alla cellula di eseguire i più svariati movimenti attivi: dall'estroflessione di pseudopodi (ad es. filopodi) mediante forti variazioni di forma dell'intera cellula (base ad es. anche della contrazione muscolare) fino alla mutazione attiva (migrazione) della cellula. Inoltre, gli elementi del citoscheletro inviano le linee di tensione all'interno di una cellula attraverso le cosiddette adesioni cellula-cellula (ad es. desmosomi, ved. sotto.) alle cellule adiacenti formando quindi un'unione meccanica di areali (ad es. nell'epidermide della pelle, particolarmente evidenti nelle cellule spinose).

All'interno delle adesioni cellula-cellula (contatti intracellulari) è possibile distinguere in modo funzionale le adesioni con funzione prevalentemente meccanica (contatti di adesione: Zonula; Punctum; Fascia adhaerens; Macula adhaerens = desmosomi) da quelle attive a livello metabolico e quelle con funzione di giunzione elettrica (Nexus, Macula communicans = Gap junction; sinapsi). Infine esistono anche legami cellulari che chiudono lo spazio intracellulare (contatti : Zonula occludens). Le giunzioni con la matrice extracellulare generano contatti focali, mentre i contatti con la membrana basale generano emidesmosomi.

Tutte le proteine che sono parte integrante del citoscheletro sono fornite dalle „macchine da cucire“ delle proteine, i ribosomi. I ribosomi sono contenuti liberamente nel citoplasma oppure possono essere collegati al sistema vacuolare del reticolo endoplasmatico ruvido (RE ruvido). Con l'informazione trasmessa dal nucleo cellulare (che immagazzina l'informazione ereditaria tramite i cromosomi) attraverso l'mRNA, il ribosoma unisce „a comando“ due amminoacidi alla volta e li „cuce“ ad un peptide o ad una proteina.

Nello scompartimento del RE, i peptidi e le proteine vengono ulteriormente modificati dalle proteine coadiuvanti, in modo che i gruppi di zuccheri possano essere trasferiti alla proteina (glicolizzazione). Il RE liscio è in grado di sintetizzare lipidi (colesterolo, trigliceridi, ormoni steroidi) e lipoproteine, nonché fosfolipidi. Inoltre, il RE liscio rende i legami liposolubili idrosolubili e li depura. In determinati tipi di cellule (ad es. le cellule muscolari), il RE liscio funge anche da accumulatore per ioni calcio.

L'apparato di Golgi (AG) è costituito da gruppi di membrane a forma di sacco appiattito (Sacculi) e da numerose vescicole. In questo sistema, le proteine ancora impure sintetizzate nel RE vengono ulteriormente modificate. Determinati gruppi di zuccheri vengono sintetizzati e legati a proteine, ed alcune proteine vengono scisse. Inoltre, i polisaccaridi con solfatazione corrispondente vengono sintetizzati, mentre i glicolipidi vengono sintetizzati e collegati. Le proteine pure vengono impacchettate nella vescicola dell'AG e rese trasportabili. Quindi, l'AG svolge un ruolo molto importante nella selezione e nella consegna delle proteine („ufficio postale della cellula“).

In questo caso, l'AG è legato anche ai processi della esocitosi (espulsione di vescicole) e della fagocitosi (rigonfiamenti della membrana plasmatica, che vengono isolati dai componenti esclusi). Inoltre, le vescicole possono essere segmentate attivamente (endocitosi) ed anche inglobate mediante i recettori (pinocitosi). Solo sommariamente si può ignorare le estroflessioni della membrana come i microvilli (microscopiche estroflessioni bastoncellari con ridotta mobilità), le stereociglia (grandi estroflessioni con mobilità relativamente ridotta), chinocilia (estroflessioni a forma di frusta per uno sfarfallamento attivo).

I vacuoli, che assimilano i contenuti isolati (lisosomi), possono essere formati sia tramite processo endocitico sia tramite le parti integranti della cellula.

Oltre ai lisosomi, in una cellula sono presenti piccoli organuli (perossisomi), i quali ossidano principalmente acidi grassi, amminoacidi e acidi urici e possono purificare legami organici potenzialmente tossici per la cellula.

Sin dall'origine dei tempi, i mitocondri sono batteri migrati in organismi unicellulari, che si sono successivamente trasformati nei cosiddetti simbionti. Possiedono una propria informazione ereditaria ed anche ribosomi per la sintesi delle proprie proteine. Si sono intrecciati in modo così complicato con il genoma delle cellule ospiti che non sono più in grado di vivere autonomamente. Questa simbiosi è sfruttata in modo tale da consentire ai mitocondri di bruciare ossigeno (una sostanza particolarmente nociva per le cellule viventi, generata nell'atmosfera originaria tramite l'evoluzione delle piante), ovvero carboidrati, acidi grassi e amminoacidi vengono ossidati in  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  mediante l'uso di ossigeno elementare. In questo modo si ricava il vettore energetico universale ATP per la cellula. Il mitocondrio possiede una membrana a doppia parete. Sulla membrana interna si trova la catena respiratoria e la catena per la sintesi dell'ATP. All'interno della matrice del mitocondrio si svolgono l'ossidazione degli acidi grassi e il ciclo del citrato. Quindi, i mitocondri rappresentano la „centrale motrice“ della cellula.

Il nucleo cellulare è il centro di informazioni della cellula. L'informazione è suddivisa in 46 molecole di acido desossiribonucleico (DNA). Queste molecole sono tenute insieme da istoni (proteine leganti) nel nucleo cellulare. Il nucleo, molto più compatto del citoplasma, è circondato da una membrana nucleare doppia (cisterna del RE) con canali definiti (pori nucleari). Attraverso l'acido ribonucleico messaggero (mRNA) che viene sintetizzato sulle sezioni genetiche del DNA (trascrizione) e contiene quindi copie del DNA, l'informazione sulla sintesi proteica viene portata ai ribosomi. Nei nucleoli (concentrazioni nel nucleo cellulare) viene sintetizzato l'RNA ribosomiale (rRNA) in sezioni speciali. Inoltre, è presente una stretta comunicazione con il citoplasma e i recettori della membrana, in modo che il nucleo cellulare rappresenti l'unità di informazione e gestione centrale della cellula.

# La cellula animale

*Italiano*

- 1 Nucleo cellulare (nucleo)
- 2 Nucleolo
- 3 Mitocondrio
- 4 Reticolo endoplasmatico liscio (RE)
- 5 Desmosoma (Macula adhaerens)
- 6 Membrana basale
- 7 Emidesmosoma
- 8 Fibre collagene
- 9 Fibroblasto
- 10 Perossisoma
- 11 Lisosoma
- 12 Reticolo endoplasmatico ruvido (RE)
- 13 Mitocondrio
- 14 Reticolo endoplasmatico liscio (RE)
- 15 Apparato di Golgi
- 16 Centriolo
- 17 Citosolo con filamenti del citoscheletro avvolti
- 18 Microvilli
- 19 Vescicolo per secrezione
- 20 Apparato di Golgi
- 21 Lisosoma
- 22 Zonula occludens
- 23 Zonula adhaerens
- 24 Desmosoma (Macula adhaerens)
- 25 Micropieghe



## はじめに

多細胞生物の動物細胞は大抵、機能が類似した細胞が集まった状態で、細胞間質（細胞外マトリックス）に囲まれています。細胞の周囲には毛細血管を通して血漿が濾出することで作られる組織液があり、ここから栄養分を得ています。

## 細胞の構造と機能

### 生体膜と細胞骨格

細胞膜（生体膜）は細胞を包み込み、外的環境への防壁を兼ねているので、自身の内的環境の維持管理を可能にします。細胞の内部では、ある特定の構造や小さい器官（細胞小器官、下記リスト参照）もまた生体膜で包まれています。生体膜は極性脂質より成り、半透性を有しています（半透膜）。この様に、個々の細胞区画、細胞小器官はお互い独立して存在し、それらは特定の分子やイオンを包含しています。生体膜は、細胞の形態を形成するタンパク質である細胞骨格に結びついています。この細胞骨格は、アクチンフィラメントなどからなる微小繊維（直径 7 nm）、中空の微小管（直径 25 nm）、それらの中間の直径を持つ中間径フィラメントより成ります。

微小管は通常、形成中心、中心小体から成長します。微小管は細胞骨格としてだけではなく細胞内輸送にも関わっており、微小管に沿ってタンパク複合体が形成中心から、もしくは中心へ向かって移動します。（この能動輸送は神経細胞の軸索でも起こります。）中心小体は、互いに垂直に並ぶ 2 つの管で成り立つ細胞小器官であり、ここから微小管が伸びています。微小管は新しく形成されたばかりの細胞にも見ることが出来ます。細胞分裂の際、染色体の分離は、中心小体から生じる微小管の集合である紡錘体によって行なわれます。

また細胞骨格とは、その名前が示唆するように、細胞の全体的形態の安定性と適度な柔軟性を確保します。細胞骨格は細胞運動にも深く関わっています。たとえば、細胞全体の形に大きな変化をもたらす筋収縮、細胞から化合物を分泌するエンドサイトーシス、原形質流動などの要として重要な役割を果たしています。

さらに、細胞骨格の成分で細胞質の枠となっている中間径フィラメントは、隣接する細胞同士が付着する部位（例えばデスモソーム、下記参照）で固定されています。またこのフィラメントはデスモソームを通して隣接する細胞同士を間接的に結合しています。この結合は特に上皮細胞でよく見られます。結合様式にはデスモソーム以外にも、神経細胞で見られるシナプス結合、細胞間連絡の場となるギャップ結合などがありますが、それぞれ機能、組成が異なり区別されます。上皮細胞が基底膜とつながる箇所ではヘミデスモソームが形成されます。

### リボソームと小胞体

細胞骨格の成分ともなっているタンパク質はすべて、リボソームというタンパク質の工場によって作られます。リボソームは細胞質中を漂って、もしくは粗面小胞体（粗面 ER）と結合して細胞中に存在します。DNA から遺伝情報を転写した mRNA が細胞核からリボソームに伝わります。リボソームは tRNA によって運ばれてきたアミノ酸を次々につなぎ、ペプチドあるいはタンパク質を合成します。ペプチドやタンパク質はさらに小胞体内部で糖等が付加され修飾されることもあります。（グリコシル化）。

滑面小胞体は脂質（コレステロール、トリグリセリド）、ステロイドホルモン、リポタンパク、リン脂質の合成に関わっています。さらに、滑面小胞体では脂溶性の化合物を酵素により水溶性にすることで解毒する作業も行われます。筋細胞などある種の細胞では、滑面小胞体はカルシウムイオンの貯蔵所としての役目も果たします。

### ゴルジ体とサイトーシス

ゴルジ体は平らな嚢状の槽であるゴルジ槽のグループと、多数の小嚢であるゴルジ小胞から成ります。ゴルジ体では、小胞体で修飾を受けたタンパク質に糖類の付加、分割などの修飾がさらに加えられます。タンパク質以外にも脂質を受け取り、糖脂質の合成も行っています。これらの修飾が終わったタンパク質や糖脂質は最終



的には輸送小胞に包まれた状態となり、運搬に備えます。このようにして、ゴルジ体はタンパク質の分類と運搬を行い、細胞の郵便局ともいえる役割を果たしています。

ゴルジ体は、生成物を細胞外への分泌するエキソサイトーシス、反対に細胞膜が細胞外の物質を囲み取り込むエンドサイトーシス（ファゴサイトーシスとピノサイトーシス）にも関わっています。微絨毛、不動毛、運動毛は細胞表面に見られる細胞質の突起ですが（不動毛、運動毛は微絨毛の一種と捉えられる）、ある種の微絨毛を持つ細胞ではエンドサイトーシスにより物質の取り込みが行われています。エンドサイトーシスで細胞内部に取り込まれた物質は、細胞膜に囲まれ、エンドサイトーシス小胞として細胞内に存在します。これはリソソームに運ばれ、取り込んだ物質をリソソームが含む酵素によって分解します。リソソームと同様に一重膜で包まれた小さい細胞小器官であるペルオキシソームは酸化酵素を持ち、主に脂肪酸、アミノ酸、尿酸を酸化します。またカタラーゼを持つため、細胞にとって毒性を示す過酸化水素を分解します。

## ミトコンドリア

ミトコンドリアは原始の時代に単細胞の生命体に取り込まれたバクテリアで、まるで共生生物のように進化しました。ミトコンドリアは独自の遺伝物質と、また自分達のタンパク質の合成のためのリボソームも持っています。しかし宿主細胞のゲノムと密接に結びついてしまったため、単独ではもはや生きられなくなりました。この共生関係の利点は、嫌気性の生物が酸素を活用できるようになったことです。太古の時代、植物の繁栄によってもたらされた大量の酸素は嫌気性の生物にとって有害な物質でした。しかし酸素を活用できるミトコンドリアを取り込むことで、酸素からエネルギーを作り出せるようになりました。酸素を利用して、炭水化物、脂肪酸、アミノ酸などの有機物を酸化することで、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、そして生命の共通したエネルギー担体である ATP が作り出されています。

ミトコンドリアは二重膜構造を持っており、内部の腔部分であるマトリックス、内膜、外膜、外膜と内膜の間である膜間部分に分けられます。内膜では ATP 合成と呼吸鎖における酸化反応が行われ、マトリックスには脂肪酸酸化酵素やクエン酸回路に関わる酵素が存在し、細胞のエネルギー生成の核となっています。そのため、ミトコンドリアは細胞の発電所と表されます。

## 核

細胞核は細胞の情報センターです。遺伝情報を持つ DNA は核内でヒストンとともに染色質を形成しています。染色室は細胞周期の M 期には高次構造である染色体となり、ヒトの場合は 46 本の染色体が確認できます。核は核孔をもつ二重膜、核膜に包まれています。他の小器官より大きいいため容易に単離することもできます。DNA が持つタンパク質合成の情報は、mRNA に写し取られ、これがタンパク質の工場であるリボソームに運ばれます。この DNA が mRNA に写し取られるプロセスを転写、mRNA の情報からペプチド鎖が作られるプロセスを翻訳といいます。

核内にある核小体にはリボソーム RNA (rRNA) をコードする DNA があります。ここで作られた rRNA にリボソームタンパクが付き、プロセッシングを受けて大小のリボソームサブユニットがつけられます。サブユニットはそれぞれ核膜孔から出て、結びつきリボソームとなります。

Author: Prof. Dr. R.H.W. Funk, Institute of Anatomy, Dresden University of Technology



- 1 核
- 2 核小体
- 3 ミトコンドリア
- 4 滑面小胞体 (滑面 ER)
- 5 デスモソーム
- 6 基底膜
- 7 ヘミデスモソーム
- 8 膠原繊維 (コラーゲン繊維)
- 9 線維芽細胞
- 10 ペルオキシソーム
- 11 リンソーム
- 12 粗面小胞体 (粗面 ER)
- 13 ミトコンドリア
- 14 滑面小胞体 (滑面 ER)
- 15 ゴルジ体
- 16 中心小体
- 17 細胞質基質と繊維状の細胞骨格
- 18 細胞膜 (突起部は微絨毛)
- 19 輸送小胞
- 20 ゴルジ体
- 21 リンソーム
- 22 閉鎖帯
- 23 接着帯 (アドヘレンスジャンクション)
- 24 デスモソーム
- 25 Micropllica (微細なヒダ状の構造)



# R04 动物细胞

## 引言

动物的多细胞有机体中的细胞大多只以相同的细胞群组的形式出现或者以与其他分化的细胞混合在一起的形式出现，或者是嵌入在细胞基质中（胞内基质，胞外基质）。单细胞和原始多细胞有机体的周围环境（也称为“原始汤”）也包围着更为复杂和高级的有机化的动物（人类）有机体，并且通过渗透于整个组织（至毛细血管）的血管来保证其营养供应。

以下的主要特征用以区分生物体的细胞：它们拥有比它们的环绕物更为高级复杂的组织，它们可以对内部刺激和外部环境刺激发生反应，它们具有再生（复制）的能力。

## 纵览细胞的结构和功能

细胞膜（质膜）将细胞裹覆并且也向外部环境提供了一个维持其自身内部环境的载体。在细胞内部，特定的构造和小的器官（细胞器，见下表）也被质膜所包裹。质膜本身由形成半渗透膜的极性类脂所构成。这样一来，单独的区室和细胞器被互相分离开来，并且也与它们所含有的特殊的分子和离子互相分离开来。质膜也被连接到结构蛋白的微细构造上，细胞骨骼的纤丝（细胞骨架）。这个细胞骨架由微细的肌动蛋白丝（直径7 nm），空心微管（直径25 nm）和径向排列的中间纤丝构成的。微管产生于一个有机体中心，通常称为中心粒。它们也负责沿着它们的长度方向从有机体中心向外进行传输和向有机体中心进行传输的责任（也可以在神经细胞轴突中发生定向主动转运）。中心粒本身是一个由两组相互垂直的管道构成的细胞器，微管经过这个细胞器进行延伸-这种情况在新形成的细胞中也有发生。在细胞分裂过程中，染色体的分离是由“木偶控制线”-中心粒发出的微管来进行的。

如同这个名字所表达的，细胞骨架确保了细胞的整体稳定性并使细胞具有相应程度的灵活性。细胞骨架还能保证细胞在主动运动中具有极度的多样性：从脚状附器的延展（如：丝足）到为细胞主动运动（细胞迁移）所进行整个细胞形状的主要改变（也是最基本的活性肌肉收缩的例证）。更有甚者，细胞骨架成分在一个细胞内通过所谓的细胞-细胞连接（如：细胞桥粒-见下表）增殖张力线到相邻的细胞并且机械地连接到细胞的不同区域上，例如：皮肤的表皮-在皮刺细胞中特别清晰。

在机械功能占据主要位置的细胞-细胞连接（细胞内接触）的结构中，接触粘着（包括小区域粘着连接，一个点或小面积粘着连接，腱膜粘着连接以及斑点粘着连接等都意指为桥）都可以通过活跃代谢和电偶合功能（融合膜及腱膜交接等于间隙连接或突出）来区分它们。最后，还有封锁胞内区域（接触载体：小区域堵塞）的细胞连接。与粘着细胞外膜的连接和与基膜半桥粒的连接。

所有构成细胞骨架的蛋白质都是由蛋白质的“缝纫机”-核糖体制造的。这些核糖体可以悬浮在细胞质中或者可以结合到粗糙型内质网的液泡系统中（粗糙型ER）。信息可以从细胞核传送到核糖体，遗传信息通过信使核糖核酸（mRNA）被储存在染色体中。

核糖体将氨基酸与氨基酸进行顺序偶联并且将它们“缝合”为肽或蛋白质。肽和蛋白质被ER（内质网）中的辅助蛋白质进一步改性，例如，糖基也许被添加到蛋白质中(糖基化)。平滑型ER（内质网）可以合成类脂（胆固醇，甘油三酸脂和类固醇荷尔蒙），脂蛋白和磷脂。平滑型ER（内质网）进而产生水溶性可溶脂化合物并对它们解毒。在某种类型的细胞中（如：肌肉细胞），平滑型ER（内质网）还起到储存钙离子的作用。

高尔基体(GA)是由一组平袋状膜（小囊）和无数的小泡囊组成。ER（内质网）中新合成的蛋白质在这里被进一步改性。特殊的糖基被合成和偶联为蛋白质，也有一些蛋白质被分解。此外，适当硫酸盐化的多糖被合成，糖脂被合成并且被结合在一起。这些成熟的蛋白质被装入高尔基体(GA)的泡囊中，准备进行传输。因此，高尔基体(GA)在蛋白质的分类和传递方面起到了一个重要的作用（“细胞邮局”的作用）。

高尔基体(GA)也与吐胞事件（泡囊的释放）和质膜的束状吐胞突出相关联，这些质膜带有与它所环绕的成分随后被一起剪掉的膜。泡囊也可能被主动包膜和被捕捉（胞吞），而且，起中介器作用的感受器也可能被带入（胞饮）。关于膜突出，例如，微绒毛（具有很少移动性的小的指状突出），静纤毛（具有相对少的移动性的较大的突出）和动纤毛（用于活性纤毛运动的鞭毛状突出）将只有在阅读课中进行讨论了。

液泡即可以用胞吞的形式来形成，也可以用细胞成分消化泡囊容量（溶酶体）的形式来形成。细胞中横靠在溶酶体的是小的细胞器（过氧化物酶体类），主要用来氧化脂肪酸，氨基酸和尿酸，而且可以潜在地解毒细胞毒有机化合物。

线粒体是早在远古时代就进入单细胞有机体内的细菌，而且已经演变成所谓的共生体。它们有它们自己的遗传物质，而且也有用于它们自己的蛋白质合成的核糖体。然而，它们已经变得与宿主细胞的基因组是如此的相互缠绕，以至于它们再也不能独立生存了。这种共生的好处是线粒体可以利用氧（一个首次从植物进化时在远古大气层中产生的对生命细胞的主要有毒物质）。因此，碳水化合物，脂肪酸和氨基酸都通过氧元素的消耗而被氧化为CO<sub>2</sub>（二氧化碳）和H<sub>2</sub>O（水）。按此方式，ATP为细胞获取了万能的能量载体。线粒体拥有了一个双膜壁。ATP的合成和呼吸链的进程产生在内壁本身。脂肪酸的氧化和柠檬酸的循环发生在线粒体基质中。因此，线粒体可以被解释为细胞的发电厂。

细胞核是细胞的信息中心。信息本身被分布在46个脱氧核糖核酸分子(DNA)上。它们与组蛋白（加帽蛋白）一起寄宿在细胞核中。细胞核远比细胞质结合地更为紧密，而且被一个带有确定渠道（核微孔）的核双膜（内质网容器）所包覆。蛋白质合成的信息被信使核糖核酸(mRNA)传递到核糖体，信使核糖核酸是在DNA的基因区段上合成的。这个过程被称为DNA的转录和复制。核糖体的RNA（核糖核酸）是在核仁（细胞核中的聚集）中的专门区段上合成的。此外，在细胞质和膜感受器之间有密切的沟通，所以细胞核代表了细胞的中央信息和控制装置。

作者：德雷斯顿理工大学，解剖学院，R.H.W. Funk 教授，博士。

## R04 动物细胞

01. 细胞核
02. 细胞核
03. 线粒体
04. 平滑型内质网 (ER)
05. 桥粒 (斑点粘着连接)
06. 基膜
07. 半桥粒
08. 胶原纤维
09. 纤维原细胞
10. 过氧化物酶体
11. 溶酶体
12. 粗糙型内质网 (ER)
13. 线粒体
14. 平滑型内质网 (ER)
15. 高尔基体
16. 中心粒
17. 带有嵌入纤丝的细胞骨架的胞质溶胶
18. 微绒毛
19. 分泌泡囊
20. 高尔基体
21. 溶酶体
22. 紧密连接
23. 粘着连接
24. 桥粒 (斑点粘着连接)
25. 微皱襞



Also available from 3B Scientific®:  
**R05 Model of a Plant Cell**

Ebenfalls bei 3B Scientific® erhältlich:  
**R05 Modell der Pflanzenzelle**

Tambien disponible en 3B Scientific®:  
**R05 Modelo de la célula vegetal**

Egalement disponible auprès de 3B Scientific® :  
**R05 Modèle de la cellule végétale**

Também disponível na 3B Scientific®:  
**R05 Modelo de célula vegetal**

Disponibile anche presso 3B Scientific®:  
**R05 Modello di cellula vegetale**

3B Scientific®では他にも花のモデルをご用意しております  
**R05 植物細胞モデル**

也可以在 3B Scientific® 获得:  
**R05 植物细胞**



**R05**







**3B SCIENTIFIC® PRODUCTS**

**3B Scientific GmbH**

Rudorffweg 8 • 21031 Hamburg • Germany

Tel.: + 49-40-73966-0 • Fax: + 49-40-73966-100

[www.3bscientific.com](http://www.3bscientific.com) • [3b@3bscientific.com](mailto:3b@3bscientific.com)

© Copyright 2006 for instruction manual and design of product:  
3B Scientific GmbH, Germany