الفصل الأول
مقدمة في علم الاحياء
Introduction to biology

المصطلح biology كلمة مشتقة من الكلمة اليونانية bio وتعني life اي حياة وكلمة loges تعني study اي دراسة او science اي علم. اذن biology يعني دراسة الحياة او علم الحياة. يتعامل هذا الحقل من العلم مع الاشياء التي لها صفة الحياة ومع كل أنواع مظاهر الحياة وهذا يعني ان علم الحياة واسع ضخم فتعريفه غالبا ما يكون غير دقيق بسبب عدم وجود تعريف محدد للحياة life نفسها، حيث ان من السهل التمييز بين نبات معروف وحيوان معين وصخرة ولكن الاختلافات الاخرى بين الكائنات الحية living things والكائنات غير الحية non-living things قد لا تكون واضحة. فمثلا من المعروف انه عند تحطيم دماغ الضفدع سيموت الحيوان في النهاية ولكن عند اي نقطة بالضبط ينتقل الضفدع من حالة الحياة الى انعدامها. لذا فان اخذ مميزات الكائنات الحية بنظر الاعتبار هو افضل لتوضيح الحياة من مناقشة مشاكل تعريف الحياة.

الصفات المميزة للكائنات الحية:

تتميز الكائنات الحية بالحجم والشكل النوعي specific size and shape والايض metabolism والنمو growth والتكاثر reproduction والاستثارة irritability والحركة movement والتكيفadaptation والتطور evolution. ولو ان هذه المميزات تبدو نوعية ومعينة الا ان الخط الفاصل بين الحي وغير الحي غامض وغير واضح وان مسألة تسمية بعض الكائنات كالرواشح (الحمات) viruses مثلا احياء ام غير احياء اصبح امرا صعب التحديد والتوضيح. قد تظهر الاشياء غير الحية واحداً او اكثر من المميزات ولكن ليس جميعها. فمثلا قد تنمو البلورات crystals في محلول مشبع او ان كمية صغيرة من الصوديوم تتحرك بسرعة فوق سطح الماء او ان قطرة من الزيت تطفو على الماء وغير ذلك من الأمثلة.

لقد اتفق علماء الحياة على ان المظاهر المتغيرة للحياة يمكن شرحها بنفس لغة الاسس الفيزيائية والكيميائية التي تعرف الاجهزة غير الحية. هذا يعني اذا كانت لدينا معرفة كافية حول كيمياء وفيزياء المظاهر الحيوية فقد يكون باستطاعتنا ان نكون مادة حية. لقد اظهر لنا البناء الانزيمي enzymatic synthesis لجزيئات نوعية للحامض النووي الرايبوزي المختزل DNA في انبوب الاختبار من قبل ارثركورنبرك Arther Kornberg في سنة 1958 انه خطوة اولى مهمة في هذا الاتجاه. تنص الوجهة المعاكسة لذلك والتي تدعى بالحيوية vitalism على ان هناك قوى فريدة استثنائية لا يمكن شرحها بلغة الفيزياء والكيمياء ترافق الحياة وترابطها وتسيطر عليها.

الحجم والشكل النوعي:

يتميز البالغ لكل نوع من الكائنات الحية بمظهر وشكل خاص به، اما الاشياء غير الحية فبصورة عامة لها احجام واشكال متغايرة. لا تكون الكائنات الحية متجانسة بل مكونة من اجزاء مختلفة كل له وظائفه الخاصة. وهكذا فأجسامها تتميز بتنظيم نوعي معقد. الخلية cell هي الوحدة التركيبية الوظيفية للنباتات والحيوانات، فهي ابسط قطعة من المادة الحية يمكن ان توجد بصورة

مستقلة. للخلية نفسها تنظيم نوعي فلكل خلية حجم وشكل مميز. لها غشاء بلازمي plasma membrane يفصلها عن ما يحيطها وانها تحتوي عادة على نواة nucleus كجزء متخصص من الخلية يفصلها عن بقية الاجزاء غلاف نووي. تنتظم اجسام الحيوانات والنباتات في سلسلة متزايدة من المستويات المعقدة، فالخلايا تنتظم بأنسجة tissues والانسجة تنتظم بأعضاء organs والاعضاء بأجهزة systems.

الايض: Metabolism

ان مجموع الفعاليات الكيميائية للخلية والتي تؤدي الى نمو الكائن الحي والمحافظة على بقائه واصلاحه يدعى بالايض metabolism وهذا يتضمن الهضم digestion والامتصاص absorption والتنفس respiration والابراز excretion. تعاني كل الخلايا التغير باستمرار عن طريق اخذ مواد جديدة تحولها كيميائيا الى مواد اخرى بطرق مختلفة ثم تبني مواد خلوية جديدة وتحول الطاقة الكامنة التي تحتويها الجزيئات الكبيرة للكاربوهيدرات والدهون والبروتينات الى طاقة حركية وحرارة حيث تتحول هذه المواد الى مواد أخرى أبسط. ان هذا الاستهلاك المستمر للطاقة هو احد الخواص الفريدة والمميزة للكائنات الحية. تتأيض بعض أنواع الخلايا بمعدل عال كالبكتريا مثلاً ولكن أنواعاً أخرى كالبذور والسبورات لها معدل ايضي يصعب كشفه حتى ضمن النوع المعين الواحد فان المعدلات الايضية قد تتغير معتمدة على عوامل أخرى كالعمر والجنس والتغذية ونوعيتها والصحة العامة وكمية الافراز للغدد الصم وغيرها من العوامل.

قد تكون العمليات الايضية عمليات ابتنائية anabolic وقد تكون تقويضية catabolic. ويشير الابتناء anabolism الى تلك العمليات الكيميائية التي تتحد فيها المواد البسيطة لتكون مواد معقدة أكثر. ينتج عن ذلك خزن الطاقة وانتاج مواد خلوية جديدة ثم النمو. اما التقويض catabolism فيشير الى تفكك او تجزء تلك المواد الخلوية. تحدث هاتان العمليتان باستمرار وفي الحقيقة معتمدتان الواحدة منها على الأخرى وصعبتا التمييز. فقد تتجزأ مركبات معقدة ثم تعود اجزاؤها للاتحاد بطرق مختلفة لتكون مواد اخرى مغايرة للأولى. ان التحولات المتبادلة للكربوهيدرات والبروتينات والدهون والتي تحدث باستمرار في خلايا الانسان هي امثلة على الابتناء والتقويض المركب. لما كانت معظم العمليات الابتنائية تحتاج الى الطاقة فان بعض العمليات التقويضية يجب ان تحدث لتجهز الطاقة لدفع التفاعلات اللازمة في بناء الجزئيات الجديدة.

للنباتات والحيوانات معا اطوار ابتنائية وتقويضية للايض. فالنباتات مع بعض الاستثناءات لها القدرة على صنع مركباتها العضوية من مواد لا عضوية في التربة والهواء بينما يجب على الحيوانات ان تعتمد على النباتات كغذاء لها.

ان التماثل الوظيفي بين الكائن الحي والماكنة ليس دقيقاً بصورة كاملة ولكنه قد يكون مفيداً. ففي حالة الماكنة المعقدة نسبياً كالسيارة او الدراجة البخارية مثلا يحترق الوقود مع تحرر الطاقة. تستخدم هذه الطاقة لتحريك الماكنة اما النواتج الاخرى غير المفيدة فتقذف الى العادم. فالوقود لم يستخدم في الماكنة ليحل محل اجزاء منها. تستبدل الاجزاء البالية فيها بصورة منفصلة وغالباً ما تكون عملية خارجية. بينما في حالة الكائنات الحية يؤخذ الغذاء ويحرق لتحرر الطاقة ويتخلص الجسم من الفضلات فهنا يعامل الغذاء كيميائيا ويحول الى مواد تصبح بعد ذلك جزءاً من الكائن الحي.

النمو: Growth

النمو هو زيادة في الكتلة الخلوية وهذه الزيادة يمكن ان تكون زيادة في حجم الخلايا الفردية او زيادة في عدد الخلايا او في كليهما. قد تحدث الزيادة في حجم الخلية بسبب اخذها الماء فتنتفخ ولكن هذا الانتفاخ في الخلية لا يعتبر نمواً اذ ان النمو يقتصر على تلك العمليات التي تزيد من كمية المادة الحية في الجسم مقاسة بكمية النتروجين او البروتين الموجود. قد يكون النمو متجانساً في اجزاء الكائن الحي او قد يكون كثيراً في بعض الاجزاء وقليلاً في الاخرى وبهذا تتغير النسب الجسمية عند حدوث النمو. تنمو بعض الكائنات الحية بصورة غير محددة كما في النباتات بينما لمعظم الحيوانات فترة نمو محددة تنتهي في البالغ بحجم مميز. من المظاهر الجديدة بالملاحظة في عملية النمو هي ان كل عضو يستمر بوظيفته في الوقت الذي يعاني نفسه عملية النمو.

يختلف النمو في الكائن الحي عما هو عليه في الاشياء غير الحية فمثلاً يحصل النمو في البلورات نتيجة لاضافات على السطح فيكون النمو بالإضافة الخارجية accretion بينما يتضمن النمو في الكائن الحي اضافة مواد جديدة ضمن او داخل الجسم على المواد الموجودة مسبقاً وفي هذه الحالة يدعى النمو بالاندغام intussusception. ان النتيجة في حالة الكائنات الحية ليست زيادة في الحجم فقط وانما زيادة في التعقيد وانتاج اجزاء مختلفة واكثر عدداً.

التكاثر: Reproduction

القابلية على التكاثر ضرورة من ضرورات الحياة فأبسط الرواشح (الحمات) viruses لا تتأيض ولا تتحرك ولا تنمو ولكن بسبب قدرتها على التكاثر ومعاناتها للطفرات (فجات) mutations اعتبرها معظم علماء الحياة بانها حية. لقد كان المعتقد سابقاً ان الديدان تنشأ من شعر الخيل في حوض من الماء وان يرقات الذباب من اللحم المتعفن وان الضفادع من الطين واطلق على هذه الظاهرة اسم التوالد الذاتي spontaneous generation. ولكن الان كلنا يعلم ان كل كائن حي يأتي فقط من كائن حي آخر موجود قبله وهذا ما اثبتته تجربة العالم الايطالي فرانسسكو ريدي Francesco Redi حوالي سنة 1680 فقد وضع قطعة من اللحم في كل من ثلاث قناني تاركاً الأولى غير مغطاة والثانية مغطاة بقطعة من الشاش الدقيق والثالثة مغطاة بورق البرشمان (الرق). تعفنت القطع الثلاث من اللحم ولكن ظهرت اليرقات فوق اللحم في القنينة المفتوحة وظهر قليل منها على الشاش في القنينة الثانية ولم تظهر اية يرقة في القنينة الثالثة المغطاة بالرق. لقد بين ريدي ان اليرقات لم تظهر من اللحم المتعفن ولكن فقط من البيوض المطروحة من قبل الذباب المنجذب الى اللحم بسبب رائحته.

ينتج كل كائن حي ذرية من نفس نوعه وهذه الافراد الجديدة قد تنتج من جزء من الكائن الحي الكبير وهذا يدعى بالتكاثر اللاجنسي asexual reproduction او انه يتكون من اتحاد خليتين تنتجان من نفس النوع وهذا ما يدعى بالتكاثر الجنسي sexual reproduction. يتضمن التكاثر في بعض الديدان الطفيلية بضع أشكال مختلفة، كل شكل ينتج الاخر الذي يليه بالتعاقب الى ان تكمل الدورة ويظهر البالغ.

الاستثارة: Irritability

الكائنات الحية قابلة للاستثارة فهي تستجيب لتغيرات معينة في البيئة، تدعى هذه التغيرات بالحوافز stimuli. قد تكون هذه الحوافز تغيرات في شدة الضوء او في الحرارة او في

الضغط او في الطبيعة الكيميائية للهواء او الماء. فمثلاً تستجيب بعض الحشرات الطائرة للضوء او ان بعض الحيوانات تبحث عن الظل في الجو الحار او هروب الغزال الوحشي عند سماعه صوت اقدام الصياد. هناك في الانسان والحيوانات المعقدة الأخرى خلايا معينة في الجسم متخصصة لتستجيب لأنواع معينة من الحوافز فمثلاً الخلايا القضيبية والمخروطية rod and cone cells في شبكية العين تستجيب للضوء وان خلايا معينة في الانف واخرى في البراعم الذوقية في اللسان تستجيب للحوافز الكيميائية وان خلايا خاصة اخرى في الجلد تستجيب لتغيرات درجة الحرارة والضغط. قد لا توجد مثل هذه الخلايا المتخصصة في الحيوانات الواطئة او النباتات ولكن الكائن بأكمله يستجيب للحوافز. تستجيب الحيوانات والنباتات وحيدة الخلية بحركتها نحو او بعيداً عن الحرارة او البرودة او مواد كيميائية معينة او الضوء.

ان الاستثارة في معظم النباتات ليست واضحة كالتي في الحيوانات بسبب بطء معدل الاستجابة. من هذه الاستجابات حركات النمو للجذور نحو الرطوبة والسيقان نحو الضوء كذلك التفاف الحوالق tendrils لسيقان بعض النباتات المتسلقة حول التراكيب الصلدة او ان اوراق بعض النباتات تستدير بطريقة ما لاجل تعريض اوراقها على احسن وجه لضوء الشمس. هناك نبات يدعى قانص الذباب venous fly trap يستجيب للمس ويستطيع القبض على الحشرات حيث ان اوراقه متفصلة عند العرق الوسطى وحافتها مغطاة بزوائد شعرية فبمجرد وقوف الحشرة على الورقة تحفزها على الانطواء فتتقارب حافات الاوراق وتتداخل الزوائد الشعرية في حافتها مع بعضها الاخر لمنع هروب الفريسة. تفرز بعد ذلك الورقة مادة تقتل وتهضم الحشرة.

الحركة: Movement

من المميزات الأخرى للكائنات الحية هو قابليتها على الحركة. فحركة معظم الحيوانات واضحة جداً فمنها ما يتذبذب ومنها ما يزحف او يسبح او يركض او يطير اما حركة النباتات فأبطأ كثيراً وليست واضحة تماماً ولكنها تحدث حتماً كما ذكر اعلاه في موضوع الاستثارة. لا تتحرك قليل من الحيوانات كالاسفنج والمرجان وبعض الطفيليات ولكن معظمها له اهداب او اسواط ليحرك ما يحيطه وبذا يجلب لنفسه الغذاء والضروريات الاخرى لحياته. قد تكون الحركة نتيجة للتقلص العضلي او نتيجة لضرب الاهداب او الاسواط او التسرب البطيء لكتلة المادة الخلوية كالحركة الاميبية او الحركة الانسيابية للمادة الحية في خلايا أوراق النباتات والتي تعرف بالدورانية cyclosis.

التكيف Adaptation والتطور Evolution

ان قدرة النبات او الحيوان على تكييف نفسه لبيئته هي من المميزات التي تجعله يتغلب على ضروريات العالم المتغير. يستطيع كل نوع معين ان يصبح متكيفا بالبحث عن بيئة ملائمة او انه يعاني تحويرات تجعله مناسباً بصورة افضل لما يحيطه. قد يتضمن التكيف تغيرات سريعة تعتمد على استثارية الخلايا، او يكون نتيجة لعملية طويلة الامد كافية لحدوث الطفرة (فج) mutation اي ان الكائن الحي يعاني تغيراً في مادته الجينية اي يصبح متطوراً evolved. تنتقل هذه التغيرات الى الذرية والى الاجيال المتعاقبة. تجعل هذه العملية الكائنات التي استطاعت البقاء متمكنة من مواجهة البيئات المتغيرة وهذا ما حدث فعلاً عند دراسة تاريخ الأرض.

الاختلافات بين النباتات والحيوانات:

لقد قسم علماء الحياة منذ زمان ارسطو الاحياء الى عالمين: النباتات والحيوانات فكلمة نبات plant توحي بالأشجار والشجيرات والحشائش والكروم كأشياء كبيرة ومعروفة في عالمنا الذي نعيش فيه كل يوم. وكلمة حيوان animal توحي بالقطط والكلاب والاسود والنمور والطيور والضفادع والاسماك. مع ان السرخسيات ferns والحزازيات bryophytes تختلف عن النباتات التي ذكرت أعلاه لكنها ميزت كنباتات ايضا وكذلك الحشرات والمحارات والديدان والقواقع ميزت كحيوانات ولكن اذا نظر الفرد الى بركة من الماء سيجد بعض الاشياء التي من الصعب تمييزها الى حيوانات او نباتات، فكثير من الكائنات الحية وحيدة الخلية المنظورة تحت المجهر لا يمكن بسهولة تمييزها الى حيوانات او نباتات.

لقد اقترح عالم الاحياء الالماني ارنست هيكل Ernst Haekel منذ قرن مضى وضع عالم ثالث هو الطلائعيات Protista لتتضمن كل الكائنات الحية وحيدة الخلية والتي تتوسط في كثير من الوجوه بين النبات والحيوان. لم يكن هذا الاقتراح مقبولاً بصورة شاملة لانه عقد الوضع اكثر مما بسطه. بعض الكائنات الطلائعية Protists شبيهة بالنبات بصورة واضحة وقريبة جدا له. القسم الاخر شبيه بالحيوان اما البعض الاخر فله صفات وسطية بين الحيوانات والنباتات ولا زال هناك البعض يختلف عن كل من النباتات والحيوانات. لقد اقترح حديثا علماء حياة اخرون عالم رابع هو البدائيات Monera يتضمن البكتريا والطحالب الخضر المزرقة blue-green algae والتي لها مميزات كثيرة مشتركة كغياب الغشاء النووي.

هناك تشابه اساسي بين النباتات والحيوانات من حيث ان كليهما يتكون من خلايا كوحدات تركيبية ووظيفية ولكليهما عمليات ايضية مشتركة ولكن هناك بعض الحالات الواضحة وبعض الحالات الغامضة التي يختلف فيهما كل عن الاخر ومن هذه الاختلافات ما يلي:-

1. تفرز الخلايا النباتية بصورة عامة جدارا خلويا خارجيا صلبا من السليلوز ككل بينما لا تملك الخلايا الحيوانية بصورة عامة جدارا خارجيا كالذي في الخلايا النباتية وبهذا تستطيع تغيير شكلها. ومهما يكن فان بعض النباتات ليس لها جدر سليلوزية كما ان مجموعة من الحيوانات كالحبليات الابتدائية والمعروفة بالغلاليات tunicates لها جدر سليلوزية حول خلاياها.
2. يكون نمو النبات غير محدود بصورة عامة. اي ان النباتات تستمر بالنمو لان بعض خلاياها تبقى في حالة نمو فعال خلال فترة الحياة. تنمو كثير من النباتات الاستوائية على طول السنة بينما تلك التي في المناطق المعتدلة تنمو مبدئيا في الربيع والصيف على العكس من ذلك فان حجم الجسم النهائي لمعظم الحيوانات يثبت بعد فترة محدودة من النمو.
3. لمعظم الحيوانات القدرة على الحركة من مكان لآخر بينما تبقى النباتات ثابتة في مكان واحد مرسلة جذورها في التربة لتحصل على الماء والاملاح وتحصل على الطاقة من الشمس بتعريض سطوحها العريضة مع العلم ان هناك بعض الاستثناءات في كل من الحيوانات والنباتات.
4. من اهم الاختلافات بين النباتات والحيوانات هو طريقة حصولها على الغذاء. فالحيوانات تتحرك من مكان لآخر لتحصل على غذائها من الكائنات الحية في البيئة التي تعيش فيها ولكن النباتات ثابتة في مكانها لهذا فهي تصنع غذاءها بنفسها. يملك النبات الصبغة الخضراء chlorophyll التي تمكنه من انجاز عملية التركيب الضوئي باستخدام الطاقة

الضـوئية لتجزئـة المـاء واختـزال ثـاني اوكسـيد الكـاربون الـى كربوهيـدرات. هنـاك استثناءات ايضا فقد تكون متطفلة على غيرها من النباتات.

ولـو ان الـدورات التكاثريـة reproductive cycles للنباتـات والحيوانـات هـي مختلفـة تماما في الاثنين الا ان هناك استثناءات تجعل هذا المعيار غير مقبول عموما. بهذا يستنتج بانـه لا توجد قواعد ثابتة وصلبة لتمييز النباتات عن الحيوانات.

طريقة دراسة العلوم:

الطريقة العلمية Scientific method

ان الحقائق والأسس العلمية التي تجدها في كثير من الكتب ومنها كتب علوم الحياة حددت من قبل مئات العلماء الذين اشتغلوا لسنين عديدة. لقد توصل هؤلاء العلماء الى هذه الحقائق والاسس بنوع من الحكم الصائب السليم المنظم والذي يدعى بالطريقة العلمية Scientific method او طريقة البحث العلمي method of scientific research والتي باتباعها تحل الكثير من المشاكل ذات الطبيعة العلمية اما خطوات هذه الطريقة فهي كما يلي:-

في البدء يجب ان تكون هناك مشكلة problem وان هناك رغبة من جانب المشتغل لحل المشكلة. يلي ذلك ان يلم ذلك المشتغل بكل مظاهر واوجه المشكلة، فعليه ان يقرأ المقالات في المجلات العلمية المتعلقة بالموضوع ويطلع ماذا عمل الاخرون بالنسبة للمشاكل المشابهة. كل هذا سيعطيه افكارا عن طرق العمل التي قد يستعملها في مهاجمة مشكلته. ربما سيحضر لقاءات او اجتماعات حيث تعطى فيها تقارير عن آخر ما توصل إليه الاخرون في ذلك الحقل. وقد يحادث الاخرين المشتغلين في نفس الحقل، ويحصل على اقتراحات جديدة. من المحتمل ان يقوم الباحث بتجارب أولية او ملاحظات ليحسن طريقته ويتفادى الصعوبات التي ممكن ان تصادفه. يبدأ الان بالتفكير حول المشكلة في كل الاوقات ويقوم بفرز وتصنيف كل المعلومات التي اصبح يملكها في فكره، يشبه بذلك آلة حاسبة حية الى حد ما ثم يصل بعد ذلك الى حل للمشكلة مقبول ظاهريا. يعرف مثل هذا التخمين بالفرضية hypothesis. عندئذ تكون هذه الفرضية قابلة للاختبار للتأكد من صحتها. ربما تدحض هذه الفرضية وتكون فرضية اخرى. ولكن اذا ما تجمعت الادلة لصالحها تصبح اقرب لان تكون سارية المفعول.

يستعمل التجريب experimentation متى ما امكن في البحث. فمثلاً لأجل معرفة التأثيرات الممكنة لفيتامين A على الجرذان يحتاج الباحث ان يربي بعض الجرذان على غذاء خال من هذا الفيتامين. ومن الضروري في نفس الوقت تربية جرذان اخرى على غذاء طبيعي يحتوي على كميات كافية من هذا الفيتامين. تدعى المجموعة الاخيرة من الجرذان بالضابط (السيطرة) control. من دون هذا الضابط لا يستطيع الباحث ان يكون متأكداً من ان اي شذوذ في المجموعة التجريبية لا يرجع الى اصابة او اسباب أخرى قد تظهر بصرف النظر عن الغذاء.

قد لا تستسلم بعض المشاكل بصورة جيدة للتجريب ولهذا يجب ان يحدد العالم نفسه للملاحظة observation فقط. فمثلاً بحوث الفلكيين هي من هذا الصنف لان الباحث لا يستطيع السيطرة على الظواهر الفلكية. كذلك في بعض مجالات علم الحياة فكثير من البحوث المتعلقة بالإنسان محددة بالملاحظة فقط بسبب عدم امكانية اجراء التجريب في كثير من الحالات على الانسان.

عند متابعة العالم للمشكلة قد يجد نفسه مضطراً الى تحوير فرضيته. مثال على ذلك الباحث موري بار Murray Barr عندما اجرى بحثا على التأثيرات الطبيعية الممكنة للتعب او الاعياء fatigue على الخلايا العصبية في القطط. حيث قام باجهاد بعض القطط وجمع الخلايا العصبية على شريحة مجهرية وايقظ اخرى من نوم عميق وجمع كذلك خلايا عصبية منها. وعند المقارنة لم يلاحظ اختلافا طبيعيا بين خلايا المجموعتين غير انه لاحظ ان الخلايا من بعض القطط لها اجسام داكنة الصبغة ملتصقة بالغشاء النووي. لاحظ ذلك في نوعي خلايا القطط

المتعبة وغير المتعبة اي ان التعب لا دخل له في هذه الحالة. لقد وجد هذا الباحث ان هذه الاجسام الداكنة هي من القطط الاناث فقط. قادت الباحث هذه الملاحظة الى فرضية جديدة تماما وهي ان الخلايا من القطط الاناث يمكن تمييزها بهذه الاجسام والتي سميت باجسام بار Barr bodies اسند البحث الاضافي هذه الفرضية وظهر انها تنطبق على كثير من الاشكال الاخرى من الحيوانات ومنها الانسان. لقد اظهرت الخلايا المأخوذة من بطانة فم انثى الانسان بعد صبغها بالصبغ المناسب وجود جسم بار Barr body او الكروماتين الجنسي. برهن هذا الاكتشاف على قيمته الثمينة في تشخيص الجنس الحقيقي للخلايا في حالات الشذوذ الجنسي للإنسان، وهكذا نرى ان الاكتشافات التي يمكن ان تأتي من البحث لا يمكن التنبوء بها مقدما وان العالم الجيد يكون يقظاً دائما ليكشف اهمية الملاحظات غير المتوقعة.

ان كلمة نظرية theory تستعمل في بعض الاحيان لوصف الحل المحتمل لمشكلة عندما تسندها كل الادلة ولكن البرهان النهائي لازال مفقوداً. هناك الكثير من الحالات لا يمكن الحصول على برهان حاسم او مقنع لها فتقبى بشكل نظرية الى ان تكتشف طرق جديدة لتكون كبرهان نهائي لها.

عندما تكون الادلة المتجمعة كثيرة جدا ومسندة للنظرية التي لنا ثقة عالية في صحتها يمكن ان تصبح هذه النظرية مقبولة كحقيقة او اساس علمي Scientific fact or principle. يجب ان تبقى مثل هذه الحقائق العلمية مفتوحة دائما للأسئلة وقد تحتاج الى مراجعة او تنقيح.. ولتوضيح ذلك فقد كان المعتقد لعدة سنين ان عدد كروموسومات الخلايا الجسمية للإنسان 48 كروموسوم وقد اعلن بينتر Painter في 1920 هذا العدد كنتيجة للبحث الموسع الذي قام به لخلايا الإنسان باستعمال احسن التحضيرات المتوفرة في ذلك الوقت. لقد قطع مقاطعا رقيقة جدا للخلايا وهذا أدى الى انه من المحتمل لبعض قطع نفس الكروموسوم ان تكون ضمن بضع مقاطع. ومهما يكن ففي سنة 1956 ابتكر تجيو Tjio جهازا يستطيع فيه الباحث ان يرى مجموعة كاملة من كروموسومات الإنسان لخلية واحدة على شريحة واحدة. لقد تطورت طرق زرع خلايا الإنسان خارج جسمه وان تجيو استعمل خلايا من مثل هذه المزارع ووضعها مسطحة على الشريحة المجهرية وصورها. ظهرت الخلايا محتوية على 46 كروموسوم فقط وليس 48. هناك الكثير من الحالات المشابهة لهذا او من هذا النمط اصبح فيها العلماء حذرين جدا في تقييم النظريات المتعلقة بها قبل وضع استنتاجات معينة ودقيقة. ان كل مصدر للخطأ يعالج معالجة كاملة قبل ان تنشر النتائج كحقائق ممكنة الحصول.

تنجز بعض انواع البحوث بدراسة التغاير المترابط correlated variation فمثلاً يؤثر هرمون معين مفرز من الغدة النخامية على النمو. المشكلة هنا ان النمو مرتبط مع كمية الهورمون الموجود في الجسم. لهذا لم تعطى في هذه التجربة بعض الحيوانات كالجرذان مثلا اي هورمون اضافي وعملت كضابط (سيطرة) control بينما حقنت بعض الحيوانات الأخرى بكميات مختلفة من الهورمون وقيس نموها بمقدار الزيادة في الوزن بالغرامات ووضعت هذه الاوزان في الجدول (1) أدناه:-

جدول (1)

لتوضيح تأثير هورمون النمو من الغدة النخامية على وزن الجرذان

كمية الهرمون المحقون	0	4	8	12	16	20

بالغرامات						
الوزن بعد اسبوعين بالغرامات	213	224	235	247	254	262

مثال على الترابط الموجب

وضحت النتائج في هذا الجدول ان الزيادة في الوزن تتناسب طرديا مع كمية الهورمون المحقون. يدعى هذا الترابط بالترابط الموجب positive correlation. اما اذا لم يظهر النمو اية علاقة مع كمية الهورمون المحقون فيقال انه ليس هناك اي ترابط no correlation.

هناك تجربة اخرى يمكن ان تتعلق بالتأثير على النمو عند تعريض الحيوانات لجرعات عالية من أشعة X وظهرت النتائج كما هي مدرجة في الجدول (2).

جدول (2)

لتوضيح تأثير أشعة X على وزن الجرذان

كمية أشعة X المعطاة بالرونتجين	0	100	200	300	400	500
الوزن بعد اسبوعين بالغرامات	218	209	193	173	159	124

مثال على الترابط السالب

نستنتج من هذا الجدول انه كلما كانت جرعة الاشعاع اكبر كلما كان هناك قلة في الوزن. تشير هذه النتائج الى وجود ترابط سلبي negative correlation.

مثال على الطريقة العلمية في البحث العلمي:

من احدى المشاكل التي كان يعمل عليها احد الباحثين وهو هانسن Hansen تتعلق بتأثير بول الام الحامل (العلجوم الافريقي الجنوبي southern African toad). عند القاء نظرة عامة على مجموع ما كتب في هذا الموضوع يتبين ان جنين الإنسان المبكر بالنمو يفرز هرمونا يحفز الاعضاء التكاثرية لذكور واناث الحيوانات. يمتص هذا الهورمون من قبل الام الحامل للجنين وان بعضه يطرح مع بولها. عندما يحقن بعض من هذا البول في اناث الارانب العذارى ستجعل مبايضها شبيهة بمبايض الارانب الحوامل. استعمل هذا الاختبار لمدة سنين للحمل في الإنسان. عندما حقن بول الام الحامل في بعض اناث بعض انواع العلاجيم toads سبب طرحها البيض وسبب كذلك انطلاق النطف sperms عندما حقنت ذكور هذه الحيوانات. وعلى هذا الاساس صاغ الباحث هانسن فريضة تقول ان ذكر العلجوم الافريقي الجنوبي يستجيب لبول الحامل بانطلاق النطف وان هذا الانطلاق يمكن استعماله كدليل على الحمل المبكر لأنثى الإنسان وقام بتجربته كالآتي:-

انتخب الباحث 40 ذكراً من العلاجيم متقاربة في الحجم وقسمها عشوائياً الى مجموعتين كل منها مكونة من عشرين علجوما. استلمت احدى المجموعتين حقنات من بول نساء عرفت بانها حوامل واستلمت المجموعة الثانية بولا من نساء عرفت بانها غير حوامل واستعملت هذه كضابط (سيطرة) control. هذه الضوابط ضرورية والا فان الباحث سوف لا يعرف اذا كان البول نفسه لا يمكن ان يحفز انطلاق النطف.

ظهرت النتيجة ان مجموعة الضابط المكونة من عشرين نموذجا لم تطلق النطف ولكن 19 نموذجاً من 20 من المجموعة الاخرى المستلمة لبول الحوامل استطاع الباحث ملاحظة انطلاق النطف منها وذلك بالفحص المجهري للسوائل المنطلقة من مجمع الحيوان.

ان مثل هذه النتائج تبرر صياغة النظرية التي تنص على ان هذا النوع من العلاجيم يستجيب لبول الحوامل باطلاقه النطف. لقد برهن البحث المستمر ان هذه النظرية صحيحة وذلك لانطلاق النطف في اكثر من 90% من حالات الحمل تحت الاختبار وليس هناك اي انطلاق للنطف عندما يكون البول مأخوذا من المرأة غير الحامل. لقد استعمل هذا العلجوم بعدئذ مع علاجيم اخرى وضفادع لاختبارات الحمل في كثير من العيادات الطبية والمستشفيات.

الموقف العلمي The scientific attitude

الموقف العلمي مظهر مهم جدا للبحث العلمي، يجب ان يتصف به العالم خلال قيامه ببحوثه. يتكون الموقف العلمي من تقييم عادل غير متحيز لكل نتائجه، تقييم غير متأثر برغباته الشخصية او اعتقاداته حول الموضوع. اننا ككائنات بشرية لنا مشاعرنا وعواطفنا والتي غالبا ما تؤثر على قراراتنا. من الصعب في بعض الاحيان وضع هذه العوامل الشخصية جانبا واستعمل حجج او براهين غير متحيزة كقاعدة للنتائج. ان العالم الحقيقي يجب ان يدخل في حسابه هذه التحيزات ويحاول استعمال التفكير العادل. يجب ان يعطي جهداً خاصاً لإيجاد تلك الحقائق التي هي على نحو معاكس لفرضيته.

عند تطبيق الموقف العلمي يجب على الفرد ان يكون حذراً لتجنب التفسيرات المنطقية النهائية teleological interpretations لملاحظاته. هذا يعني ان النتيجة النهائية لتفاعل ما تعطى كسبب لذلك التفاعل. فاذا وضع نبات مثل الجرانيوم Geranium قرب الشباك فسيلاحظ ان السيقان والاوراق تنتظم تدريجياً بحيث تستلم الاوراق أكبر تعرض للضوء. اذا سئل شخص لماذا ينمو النبات بهذه الطريقة؟ الجواب المحتمل لهذا السؤال يمكن ان يكون كما يلي: ينمو النبات بهذه الطريقة لأجل ان يحصل على احسن تعرض للأوراق للضوء لان الضوء يحتاجه النبات. هذا هو التفسير المنطقي النهائي. انه يدل على ان النبات له قدرة ادراك حاجاته وانه يستجيب لأجل ارضاء هذه الحاجات. مع اننا نعلم ان النبات ليس له دماغ او اعصاب ليدرك ويفهم وانه ليس له وسيلة لمعرفة ما هو الأفضل له. يستفيد النبات حقا من الاستجابة بحصوله على اكثر كمية من الضوء لاوراقه ولكن هذا هو النتيجة النهائية وليس سببا للاستجابة. فالدراسة الاكثر دقة ستكشف السبب الحقيقي لهذه الاستجابة. ينتج النبات هورمونات تحفز نمو خلايا السيقان وعندما يأتي الضوء من جانب واحد تهاجر هذه الهورمونات الى الجانب الاخر من الساق. ولهذا سيكون النمو يتضمن التفسير الحقيقي استجابة طبيعية للضوء. نستطيع ان نخير الاستجابة تجريبياً بوضع هورمون اكثر على الجانب المضيء وان النبات سيدور وينمو باتجاه الجانب المعتم.

غالباً ما تعطى التفسيرات المنطقية النهائية تفسيراً غير دقيق ومبسطاً جدا الى حد الخطأ والتشويه لما يحدث في الكائنات الحية. فمثلاً من البسيط جدا ان نفسر لماذا يتنفس الشخص اسرع خلال تمرين شامل او عنيف بقولنا انه يعمل ذلك لأجل ان يتزود باوكسجين اكثر تحتاجه العضلات خلال الاجهاد. ولكن هذا هو نتيجة نهائية وليس سبب التنفس السريع. يحتاج التفسير الحقيقي دراسة مضبوطة ودقيقة لتراكيز الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون في الدم والمراكز العصبية في الجسم التي تنظم التنفس.

أهمية علم الحيوان Importance of Zoology

تعد علوم الحياة من العلوم الأساسية لكثير من الدراسات العلمية كالطب والطب البيطري والتمريض والدراسات الطبية الفنية. كذلك فإن دراسة الحيوانات هي مهمة لأعمال متاحف التاريخ الطبيعي وحدائق الحيوان ومختلف البحوث العلمية المنصبة على الحيوانات. هذا وتبقى دراسات علم الحيوان مهمة للمحافظة على مصادر الثروة الحيوانية في كل قطر من أقطار العالم واستغلالها بطرق علمية لغرض المحافظة على بقائها. والأهم من ذلك هو الوصول الى الدراية التامة لاختيار الحيوانات التي يكون لها فائدة اقتصادية، كالاستفادة من لحومها وبيوضها وجلودها... الخ بهدف زيادة تكاثر مثل هذه الحيوانات والاستفادة منها ومن نتاجها الى الحد الأقصى لغرض توفير الغذاء للجنس البشري الذي يزداد عدداً يوماً بعد يوم. لقد استخدم العلماء الكثير من الحيوانات لاجراء التجارب والبحوث والتي كشفت الكثير عن طبيعة الجسم البشري. مثلاً، كانت الفئران والكلاب أهم الحيوانات التجريبية لدراسة أهمية الفيتامينات بالنسبة للجسم والاعراض التي تظهر في حالة نقص الفيتامينات، وقورن تأثيرها بما يحدث في الانسان. كذلك انصبت معظم تجارب الوراثة على حشرة ذبابة الفاكهة Drosophila وعرفت كثيراً من المعلومات في انتقال الصفات الوراثية من الانسان وباقي الاحياء بمقارنتها بانتقال الصفات في هذه الذبابة. وينطبق ذلك على الارانب وخنازير غينيا التي استعملت لأغراض مشابهة. ولا زالت الحيوانات المختبرية هي المحطة التجريبية الأولى لتطبيق العقاقير الجديدة قبل استعمالها من قبل الانسان. هذا ووفق الاساليب الحديثة، استعملت الحيوانات لغرض الكشف عن أسرار الفضاء. او الكشف عن ابعاد تأثير أنواع الأشعة كأشعة ليزر على مختلف الأحياء ومن ضمنها الإنسان.

أخيراً، ان المنتجات الحيوانية لها فائدة أيضاً بالإضافة الى الفائدة من الحيوانات نفسها. ومن أمثلة هذه المنتجات المرجان واللؤلؤ والعسل، والحليب، والبيض، واللحوم، والشمع والحرير والريش والفرو والجلود وغيرها.

هذا وللحيوانات مدلولات مهمة في علوم الارض (الجيولوجيا) حيث ان المتحجرات الحيوانية التي ترسبت او انغمرت في الصخور تعطي دليلاً مهماً عن العمر التقريبي للصخور الرسوبية وباقي الصخور مما يسهل عملية تحديد فترة تكوين الصخور. هذا وان التنقيب عن سجل المتحجرات أدى الى التفكير بأصل الكون وما ترتب على ذلك نظريات التطور والتي تفسر نشوء الكون والحياة والإنسان. هذا وان اكتشاف الاسرار الغامضة في علوم الحياة ادى الى التخلص من بعض التفسيرات الغيبية والمعتقدات الخرافية والسحر والشعوذة التي كان الإنسان تحت تأثيرها خلال فترة طويلة من الزمن. وكما تتضح أهمية الكثير من الحيوانات في كونها طفيليات خطيرة مهلكة للإنسان ولحيواناته ونباتاته على حد سواء. فمثلاً هناك الكثير من الحيوانات اللافقيرية المسببة للأمراض او تقوم نقلها في الإنسان والحيوانات الداجنة والحشرات المفيدة ومنها: الابتدائيات الطفيلية والديدان المسطحة والكيسية وبعض أفراد مفصلية الأرجل. كما ان حيوانات لافقرية كثيرة تعمل كمضيف ثانوي للعديد من الطفيليات لذا يجب التعرف على تركيبها وفسلجتها ودورة حياتها لغرض الوصول الى أحسن الطرق للحد من انتشار الطفيلي. وهناك الكثير من الحيوانات المتطفلة على النباتات ومنها الديدان الخيطية nematodes التي تتطفل على الحمضيات، والتي تسهل السيطرة عليها بعد التعرف على دورة حياتها. وبالإضافة الى ما سبق، ففي الإنسان اتجاه غريزي لحب الحيوانات، فدراسة علم الحيوان ساهمت في تحقيق

ما يطمح إليه هواه الحيوانات والذين يجدون المتعة في تربية الحيوانات وملاحظة سلوكها وعاداتها واحتضانها لصغارها ومن أهم الحيوانات التي نالت اعجاب الهواة هي الطيور، والحشرات والأسماك والكلاب والقطط وحتى الافاعي والسحالي. ومن الجدير بالذكر، ان تربية الحيوانات أخذت لها موقعها خاصاً في العلوم الزراعية لتكون فرع ذو أهمية كبرى يسمى بتربية وتحسين الحيوان Animal husbandary يهتم هذا العلم بدراسة أدق السبل وأحسنها لتغذية الحيوانات الاقتصادية لغرض الاستفادة من لحومها او نتاجها. كما يشمل التدخل في طرق تكاثرها لغرض زيادة عددها وكذلك التدخل في وراثة صفاتها وانتقاء الصفات الجيدة لغرض الحصول على أصناف جديدة ومقاومة للأمراض وظروف البيئة التي يراد تأقلمها عليها مثلاً تربية أنواع خاصة من الابقار لانتاج اللحوم وأخرى لانتاج الحليب. او اختيار احد اصناف الدجاج لغرض انتاج اللحوم او لانتاج البيض ويشمل أيضاً طرق تربية الاسماك لغرض الاستفادة من لحومها. او تربية دودة القز لغرض الحصول على مادة الحرير. كذلك فان دراسة الحيوانات تفيد في عملية المكافحة الحيوية Biological control للآفات الزراعية Pests حيث يمكن انتقاء المفترسات والمتطفلات وتكثيرها لتقضي على الآفات الزراعية، او تقلل منها. كما ان معرفة المزيد من المعلومات الفسلجية والتركيبية لهذه الآفات يساعد في محاولة اختيار المبيد الانجح للقضاء عليها.

فروع علم الحيوان Branches of Zoology

لقد تطور علم الحيوان بعد حقبة من السنين بحيث انه تجمعت معلومات كثيرة في هذه الفترة عن الشكل الظاهري للحيوانات وتشريحها الداخلي وبيئتها ووظائف اعضائها ونموها الجنيني وتصنيعها وتوزيعها الجغرافي. وفي بادئ الأمر كانت المعلومات قليلة بحيث انه يمكن لشخص ما ان يلم بها، ولكن نتيجة لتوسع فروع المعرفة، وازدياد المهتمين بدراسة الحيوانات واختراع التقنيات الحديثة في البحوث وخاصة الفترة ما بعد الحرب العالمية الثانية، فقد حدث ما يسمى اليوم "بانفجار المعلومات" أي ان شخصاً واحداً لا يمكن ان يلم حتى بفرع صغير واحد في علم الحيوان، وبهذا فقد فكر العلماء منذ زمن ليس بقريب الى تقسيم علم الحيوان الى عدة فروع لكي تحصر دراستها، ومن أهم هذه الفروع:-

1- علم الشكل الخارجي:Morphology

يختص بمعالم الشكل الخارجي للحيوانات الكبيرة، والتركيب الداخلي للحيوانات الصغيرة كالابتدائيات.

2- علم التشريح:Anatomy

دراسة التراكيب الداخلية المختلفة للحيوانات بعد تشريحها وباستعمال أدوات خاصة.

3- علم وظائف الأعضاء (الفسلجة):Physiology

تقوم هذه الدراسة بالتعرف على الوظائف المختلفة لأعضاء الجسم وأجهزته المختلفة. أغلب المعلومات عن هذا العلم أتت عن طريق اجراء التجارب.

4- علم البيئة:Ecology

دراسة الكائن الحي في بيئته وعلاقته بها وبما يحيط به من كائنات حية أخرى وعوامل بيئية مختلفة.

5- التوزيع الجغرافي للحيوانات:Zoogeography

هو دراسة انتشار مختلف الحيوانات ومناطق تواجدها وتوزيعها على سطح الكرة الأرضية.

6- التاريخ الطبيعي:Natural History

دراسة حياة الحيوانات وسلوكها في بيئتها الطبيعية.

7- علم الاجنة:Embryology

دراسة مراحل تكوين الجنين ونموه من فترة اخصاب البويضة لغاية الفقس او الولادة فضلاً عن دراسة النمو والتمايز، وكذلك دراسة بعض الفعاليات والمظاهر التي تخص التكوين الجنيني كالتئام الجروح والاخلاق والتحول الشكلي... الخ.

8- علم الانسجة:Histology

دراسة مختلفة الانسجة tissues الحيوانية بما تحويه من خلايا ومنتجاتها عن طريق استعمال المجهر ويعتبر الاساس لفهم العمليات الوظيفية والمرضية.

9- علم الخلية:Cytology

العلم الذي يتخصص في التعرف على تركيب الخلية ووظيفتها ودراسة محتوياتها الحية وغير الحية.

10- علم الوراثة:Genetics

دراسة انتقال الصفات الوراثية من الاباء والى الابناء وباقي العوامل المتعلقة بهذا الانتقال.

11- علم التصنيف او التقسيم:Taxonomy

يشمل هذا الفرع ترتيب الحيوانات المختلفة ووضعها على شكل مجاميع لها صفات مشتركة لغرض تسهيل دراستها وكذلك يشتمل على مختلف الاسس المتبعة في هذا الترتيب والتسميات العلمية للحيوانات.

12- علم الحيوانات المتحجرة (الحفريات):Paleozoology

هو العلم الذي يهتم بدراسة المتحجرات من الحيوانات ومكان انتشارها في طيات الصخور او في أماكن أخرى.

13- علم التطور العضوي:Organic Evolution

دراسة تختص بنشوء الاحياء وتطورها عبر العصور والنظريات التي وضعت لتفسير ذلك.

14- علم الامراض:Pathology

دراسة طبيعة المرض واعراضه ومسبباته ويمكن ان يدرس التغير النسيجي الناتج عن المرض فيسمى العلم عندئذ بعلم الامراض النسيجي Histopathology.

15- علم النفس:Psychology

ويتضمن هذا العلم دراسة سلوك الحيوانات وتصرفاتها في مختلف مراحل الحياة. هذا ويمكن ان يقسم علم الحيوان الى عدة مجاميع وذلك حسب اهميتها الاقتصادية (فوائدها واضرارها):-

1- علم الطفيليات:Parasitology

هو دراسة الحيوانات التي تعتمد في تغذيتها على حيوانات أخرى مسببة لها أضراراً بالغة وقد تكون طفيليات خارجية ectoparasites اذا عاشت على الجزء الخارجي من جسم الحيوان او داخلية endoparasites اذا عاشت داخل الجسم.

2- علم الحشرات:Entomology

يختص هذا العلم بدراسة الحشرات (المفصليات السداسية الأرجل) ويضم هذا الفرع فروعاً ثانوية اخرى كالحشرات الطبية Medical Entomology او الحشرات الاقتصادية Economic Entomology.

3- علم النواعم:Malacology

دراسة أفراد شعبة النواعم (الرخويات) من كافة الوجوه.

4- علم الاسماك:Icthyology

عبارة عن دراسة خاصة تهتم بالأسماك من جميع الأوجه وهناك علم متصل يهتم بالتربية الصيد والصناعة والسميكة يسمى بـFishery هذا وهناك علم اخر ايضاً يختص بتربية وتكثير الاسماك وباقي الاحياء المائية يسمى بعلم الزراعة المائية aquiculture.

5- علم البرمائيات والزواحف:Herpetology

يختص بدراسة الحيوانات البرمائية والزواحف من كافة الوجوه.

6- علم الطيور:Ornithology

يشمل دراسة افراد صنف الطيور كأحد اصناف الحبليات من جميع الأوجه.

7- علم اللبائن:Mammalogy

دراسة افراد صنف اللبائن كاحدى اصناف الحبليات من جميع الأوجه. هذا من المواضيع الحديثة في علم الحيوان هو علم الاحياء الجزيئي Molecular Biology العلم الذي يختص بدراسة تحليل تركيب الجينات ووظيفتها وطرق سيطرة الجينات على صناعة الانزيمات وباقي البروتينات. وكذلك دراسة التراكيب الخلوية الصغيرة subcellular structures ودورها في العمليات التنظيمية داخل الخلية. وبإضافة الى ذلك الدراسة التطورية المقارنة للتراكيب الجزيئية في الخلية مثل مقارنة الانزيمات والهورمونات والسايتوكرومات والهموغلوبين في مختلف الحيوانات.

ونتيجة لتطور باقي العلوم بصورة متوازية مع تطور علوم الحياة فقد تشكلت علوم تربط علوم الحياة مع باقي العلوم مثل ربطه مع علم الكيمياء ليكون الكيمياء الحياتية Biochemistry ومع الفيزياء فيسمى بالفيزياء الحياتية Biophysics ومع الاحصاء فيسمى بالإحصاء الحيوي Biostatistics وهكذا.

جامعة الموصل كلية الزراعة والغابات قسم وقاية النبات
المرحلة الاولى المادة حيوان عام نظري د. عبدالجبار خليل ابراهيم
المحاضرة الثانية

الخلية الحيوانيةAnimal Cell

اكتشاف الخلية ومكوناتها

The discovery of the cell and its components

كان العالم الانكليزي روبرت هوك Robert Hooke اول من لاحظ الخلايا النباتية ووصفها. لاحظ هوك عام 1665م تراكيب شبيهة بالحجرات الصغيرة او الفجوات داخل مادة الفلين عند فحصه لها بمجهره، فاطلق عليها اسم خلايا cells لشبهها بحجيرات الرهبان في الاديرة. وخلال فترة تقرب من مائة وخمسون عاما. والتي اعقبت اكتشاف الخلية، لم تكن هناك مساهمات مهمة تذكر في حقل الخلية سوى ما قدمه الفيزياوي الانكليزي كرو Grew عام 1672م في مجال وصف الخلية والنسيج في النباتات. كما وجدت النويات muclecoll في النواة من قبل فونتانا Fontana عام 1781م. ثم توالت الاكتشافات عن الخلية. ففي عام 1808م اظهر ميرابيل Mirabel ان النباتات تتكون من انسجة خلوية غشائية.

وفي عام 1809م. اوضح لامارك Lamarck ان للخلية في الكائنات الحية بعض الوظائف المهمة. وفي عام 1824م اظهر توتروشيت Dutrochet بان اجسام الحيوانات والنباتات تتألف من خلايا والتي تبقى مرتبطة ببعضها بفضل قوى لاصقة. وقد تمكن روبرت براون Robert Brown عام 1828م من مشاهدة حركة الدقائق الخلوية. لذا سميت حركتها بالحركة البراونية Brownian movement. كما اوضح في عام 1831م ان النواة هي احدى المكونات الموجودة بصورة دائمية في جميع الخلايا النباتية. وقد توصل العالمان الالمانيان شلايدن Schleiden 1838م وشوان Schwann 1839م كل على انفراد الى صياغة النظرية الخلوية Cell theory والتي مفادها ان جميع الكائنات الحية (الحيوانية والنباتية) تتركب اجسامها من وحدات تركيبية تدعى الخلايا.

وكان باركنجي Purkinje عام 1840م اول من اطلق المصطلح بروتوبلازم protoplasm على محتويات الخلية. كما درست الحيوانات المنوية واستخدمت طريقة التصوير المجهري Photomicroscopy لأول مرة من قبل دون Donne عام 1845م. وقد استخدم فون موهل Von Mohl (1846م) المصطلح بروتوبلازم protoplasm للتعبير عن السايتوبلازم Cytoplasm. كما ذكر ناجيلي Nageli عام 1846م بان الخلايا النباتية الجديدة تنشأ من خلايا موجودة قبلها. كما اكد ذلك فيرشو Virchow (1855م) كما وصف برينكشايم Pringsheim عام 1855م عملية الاخصاب الكاملة في الاشنات. اوضح شولتز Schultze عام 1861م بان الخلية هي مادة حية لها نواة وغشاء خلوي. واستخدم كلمة بروتوبلازم للتعبير عن المواد الحية في الخلية. وذكر بان البروتوبلازم هو الاساس الطبيعي للحياة Physical basis of life. اكتشف مندل Mendel (1865م) المبادئ الاساسية لعلم الوراثة genetics. كما اكتشف ميشر Miescher (1871م) بروتينات نووية nucleoproteins. وحامض نووي nucleic acid. وقد تمكن هس His عام 1870م من تطوير الة القطع الدقيقة Microtome لقطع المقاطع المتسلسلة Serial sections. وهذا ما سهل دراسة الخلايا في الانسجة المختلفة. وفي عام 1873م وصف فول Fol المغزل Spindle والاشعة النجمية astral rays. كما قام هرتكويك Hertwig عام 1876م بدراسة التكاثر في قنفذ البحر. وتوصل الى ان الاخصاب يتضمن اتحاد

الحيامن Sperms بنوى البيوض ova. لاحظ فول Fol عام 1879م ان حيمناً واحداً يخترق البيضة اثناء الاخصاب.

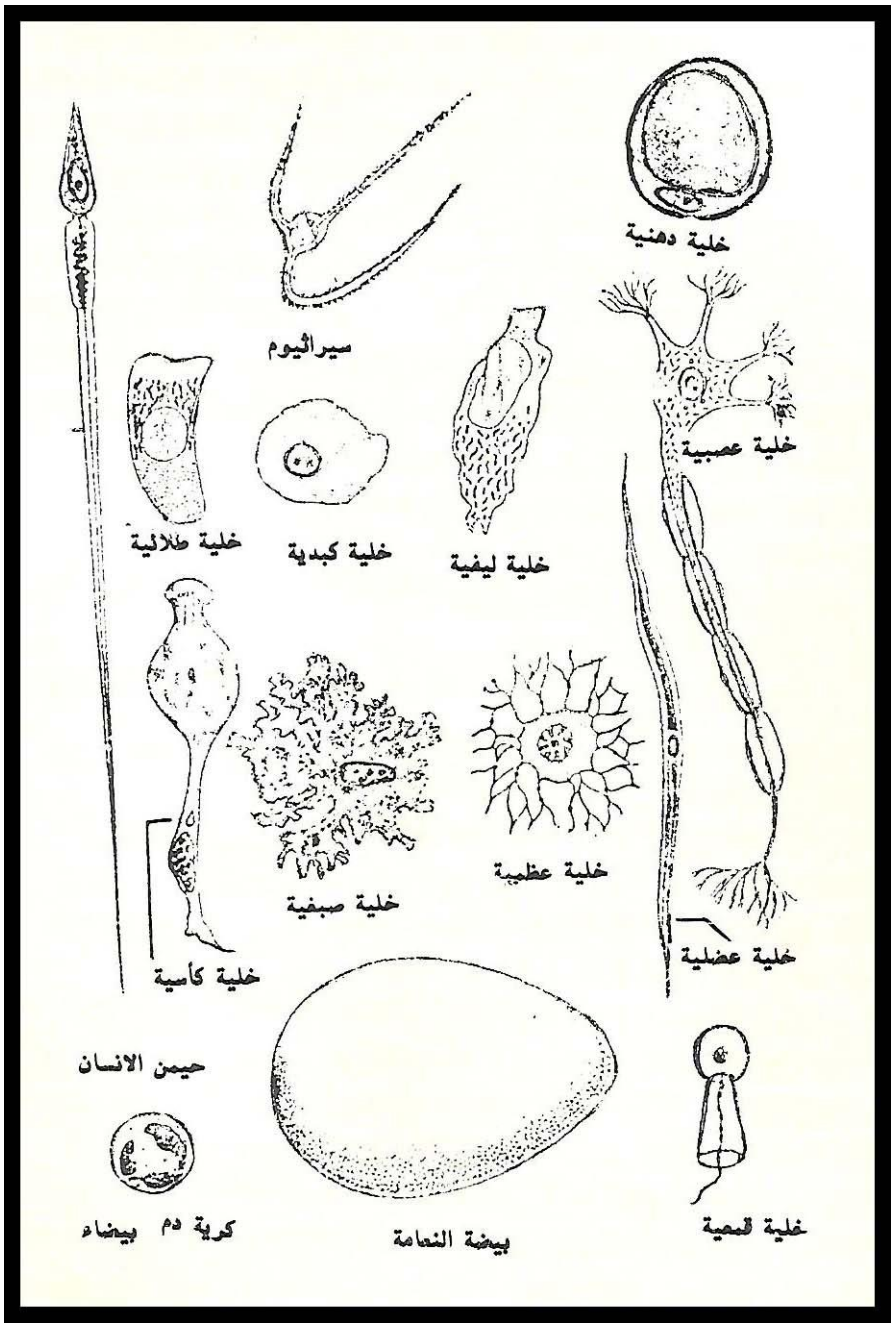
اما فلمنك Flemming (1882م) فادخل المصطلح مايتوز (انقسام خيطي) mitosis واستعمله لأول مرة بعد ان توصل الى وصف دقيق للانقسام الخلوي الخيطي في الخلايا الجسمية (البدنية) للسلمندر *Triturus maculosa*. في حين وصف سترابركز Straburger (1882م) الانقسام الخيطي (المايتوزي) في الخلايا النباتية. كما ادخل مصطلحين جديدين في علم الخلية. وهما السايتوبلازم Cytoplasm والسايتوبلازم النووي (العصير النووي) nucleoplasm. اما فان بندن Van Benden (1883م) فقد اوضح ان الامشاج (الكميتات) gemetes في دودة باراسكاس Parascaris تحوي نصف ما تظهره الخلايا الجسمية somatic cell من الكروموسومات Chromosomes. اما المريكزات Centrioles فقد اكتشفها فان بندن Van Benden (1887م). الا ان وصفها كان من مساهمة بوفيري Boveri (1888م). وفي السنة نفسها ادخل ولدبير Waldeyer المصطلح كروموسوم او صبغي Chromosome في علم الوراثة والخلية.

وقد اجريت عدة تعديلات على النظرية الخلوية واصبحت اخيراً كالآتي (كل كائن حي يتركب من خلايا ومنتجاتها. والخلية هي كتلة من البروتوبلازم تحوي على نواة او اكثر في احد ادوار حياتها. وهي الوحدة التركيبية والوظيفية لجسم الكائن الحي).

الخلية الحيوانية Animal cell

1- الشكل Shape

للخلايا الحيوانية هيئات واشكال كثيرة. شأنها شأن الخلايا النباتية (الشكل 1) فقد تكون الخلايا الحيوانية كروية، عمودية، بيضوية، انبوبية، مكعبة، اسطوانية، متعددة الاضلاع، كأسية، سهمية، مغزلية، نجمية، كفية، قمعية، بوقية، ناقوسية، اميبية غير منتظمة... الخ. ويختلف شكل الخلايا من حيوان الى اخر. ومن عضو الى اخر في نفس الحيوان. ومن نسيج الى اخر في نفس العضو. كما تختلف خلايا نفس النسيج، وعموما فان لشكل الخلية علاقة وثيقة بالوظائف التي تقوم بها. فمثلاً، للخلايا الملتهمة (البلعمية) Phagocytes شكل اميبي وتمتلك اقداماً وهمية تساعد في ابتلاع او التهام المواد الغريبة، في حين تكون الخلايا الطلائية التي تغطي سطح طبقية حرشفية، متقرنة وفاقدة لنواها. وهذا ما يمكنها من القيام بوظيفة الحماية. ومن جهة اخرى، نرى ان الخلايا الطلائية المبطنة للامعاء تكون عمودية، ويحمل سطحها القمي عدداً كبيراً من الزغيبات او الخملات الدقيقة microvilli. وهذا ما يساعدها على القيام بوظيفة الامتصاص وبكفاءة عالية نتيجة لزيادة سطحها الماص. كما ان الالياف العضلية تمتاز بشكلها المغزلي او الاسطواني الذي يؤهلها للقيام بوظيفة التقلص. وهكذا فان الشكل الرمحي (السهمي) للحيمن يساعده على الحركة او السباحة ضمن الاوساط السائلة. وهلم جراً.



الشكل (1) انواع مختلفة من خلايا حيوانية متباينة الاشكال.

2- الحجم Size

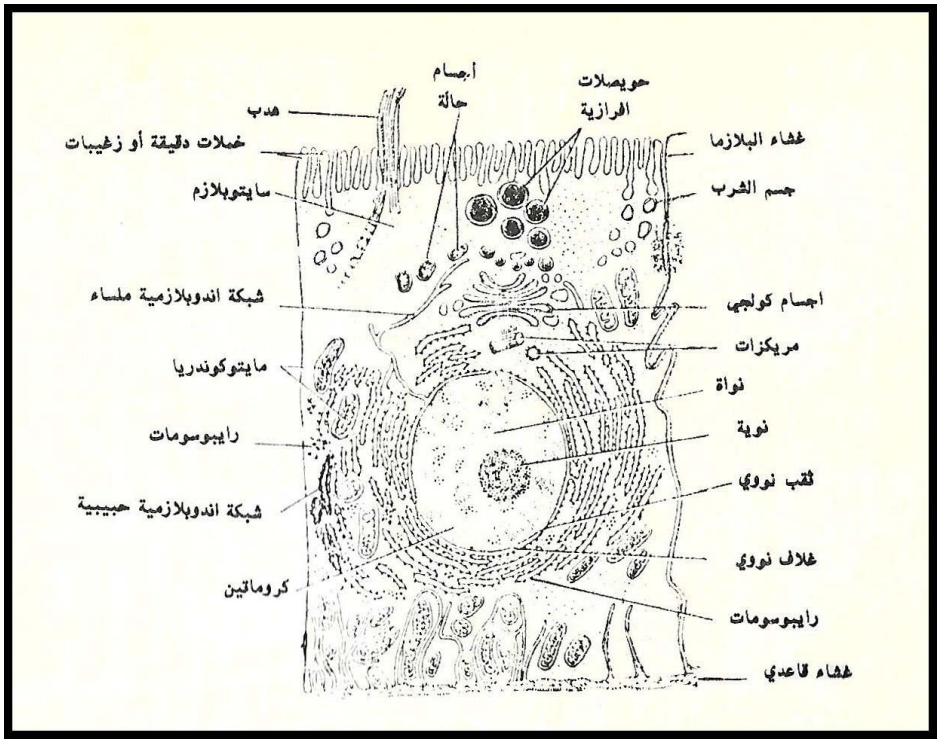
الخلايا الحيوانية بصورة عامة صغيرة عليه، فقد استخدمت وحدات قياس صغيرة لقياس حجومها، وتدعى هذه الوحدات بالمايكرونات. ويساوي المايكرون الواحد $\frac{1}{1000}$ من المليمتر، ويرمز له بالحرفين $\mu.m$. يتباين حجم الخلايا كثيرا، فقد تكون صغيرة للغاية يبلغ قطرها مايكروناً واحداً، او كبيرة جدا، ويبلغ قطرها مائة وخمسة وسبعون مليمتراً كما هو الحال في بيضة النعامة. وقد يصل طول بعض الخلايا الى ما يقرب 3 او 3.5 قدم، بل قد يصل طول بعضها الى ما يقرب من مترين كالخلايا العصبية الموجودة في الحيوانات ذات الاعناق الطويلة كالزرافة مثلاً.

3- العدد Number

ثمة حيوانات تتألف اجسامها من خلية واحدة فقط، كما هو الحال في الابتدائيات (الاوالي) Protozoa، اما الحيوانات الأخرى، عدا الابتدائيات، فهي حيوانات متعددة الخلايا multicellular. اي ان اجسامها مؤلفة من عدد من الخلايا يختلف عادة باختلاف حجم الحيوان نفسه. فالحيوانات الصغيرة تتركب اجسامها من عدد قليل من الخلايا على العكس من الحيوانات الكبيرة التي تتألف اجسامها من عدد كبير من الخلايا.

4- التركيب Structure

يتباين تركيب الخلايا الحيوانية تبايناً كبيراً تبعاً للوظائف التي تقوم بها. فقد توجد تراكيب خلوية معينة في خلية ما. في حين تنعدم في خلية أخرى. وعليه لا توجد خلية حيوانية نموذجية اي تحوي جميع العضيات الخلوية cell organelles. ومن اجل التعرف على العضيات الخلوية بصورة كاملة ودراستها بصورة جيدة، يجب توضيح ذلك من خلال شكل تخطيطي (الشكل 2) لخلية حيوانية افتراضية.



الشكل (2) خلية حيوانية نموذجية.

ثمة تراكيب خلوية يمكن ملاحظتها باستخدام المجهر الضوئي Light microscope الذي قد تصل قوة تكبيره الى ما يقرب من (2000) مرة. ولكن تم التعرف على معظم التراكيب والعضيات الخلوية، وكشف تركيبها الدقيق بفضل المجهر الالكتروني electronic microscope الذي تفوق قوة تكبيره قوة المجهر الضوئي بمئات المرات. كما ان التقنيات والآليات الحديثة المستخدمة في علم الخلية cytological techniques قد كشفت عن الكثير من العضيات الخلوية. تتألف الخلية الحيوانية بصورة عامة من غشاء البلازما plasma membrane الرقيق الذي يحيط بكتلة من السايتوبلازم cytoplasm الحاوي على تراكيب عديدة من أهمها النواة.

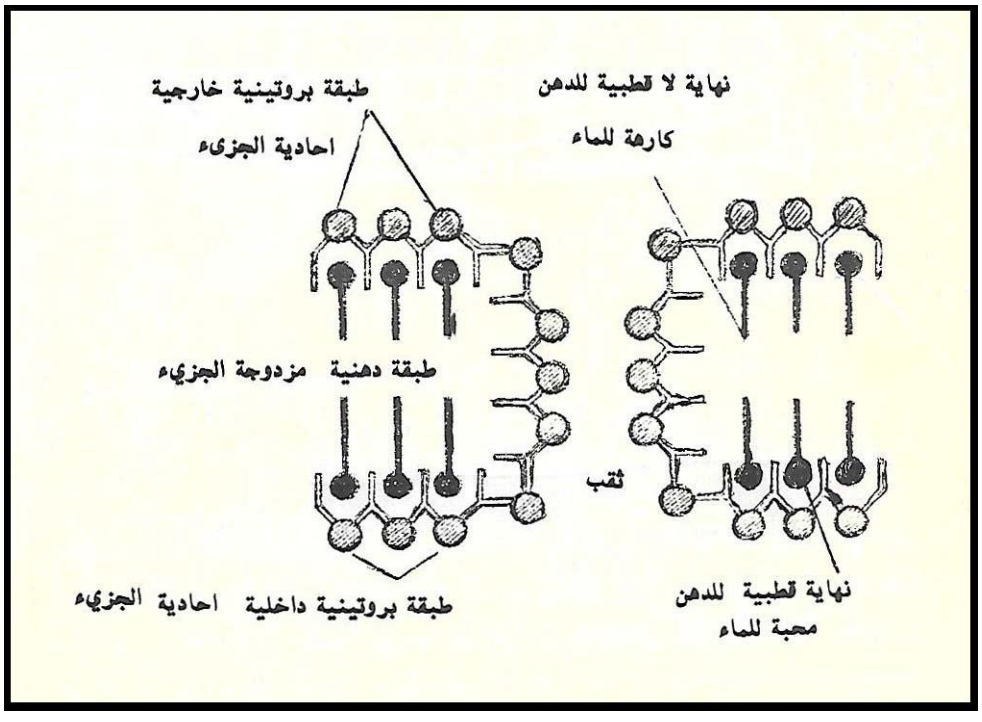
التركيب الدقيق للخلية الحيوانية النموذجية الافتراضية

Ultra Structure of a Presumptive Typical Animal Cell

لتسهيل دراسة تركيب الخلية وفهمه بصورة جيدة، يمكن تناول اجزاء الخلية كما يأتي:-

أ- غشاء البلازما Plasma Membrane

وهو غشاء مرن رقيق للغاية، ذو ثقوب عديدة، وطبيعة دهنية – بروتينية lipoprotein. ويتراوح سمكه بين 75°A و100°A(°A = انكستروم = $\mu m \frac{1}{1000}$) او أكثر. وقد افترض دانيللي Danielli ودافسن Davson (1935) ان غشاء البلازما ثلاثي الطبقات trilaminar. وفي عام 1938 قدم هارفي Harvey ودانيللي Danielli مجسماً او نموذجاً افتراضياً hypothetical model يظهر ان هذا الغشاء يتألف من طبقتين بروتينيتين احداهما خارجية والاخرى داخلية وبينهما طبقة ذهنية مزدوجة الجزيئات (الشكل 3). وقد اثبتت دراسات المجهر الالكتروني الترتيب المذكور لطبقات هذا الغشاء. وهي: بروتين – دهن – بروتين. ويبلغ سمك كل من الطبقتين البروتينيتين (25-20)°Aبينما يبلغ سمك الطبقة الدهنية (35-50)°A. وقد اختار روبرتسون Robertson (1959) المصطلح وحدة غشاء unit membrane للتعبير عن الغشاء ثلاثي الطبقات الذي تترتب طبقاته على النحو المبين في الشكل (3) اي، بروتين – دهن – بروتين protein-lipid-protein. للطبقة الدهنية طبيعة جزيئية مزدوجة bimolecular. اي يتألف سمكها من جزيئتين، حيث ترتبط النهايات الخارجية (القطبية Polar) المحبة للماء hydrophilic من الطبقة الدهنية في كل من جهتيها بالطبقة البروتينية المجاورة لها عن طريق تآصر هيدروجيني، او ترابط ايوني، او قوى كهربائية ثابتة. اما النهايات الداخلية (غير القطبية non-polar) لهذه الطبقة فهي كارهة للماء hydrophobic. وترتبط ببعضها بعضا عن طريق قوى فاندر وول Vander Waal's forces. كما يظهر غشاء البلازما ثقوبا صغيرة يبلغ قطرها (8-50)°A. وحيث توجد هذه الثقوب تتصل الطبقة البروتينية الداخلية بالخارجية.



الشكل (3) التركيب الجزيئي لغشاء البلازما.

وظائف الغشاء البلازمي Functions of Plasma Membrane

لهذا الغشاء وظائف عديدة، منها:

1. انه يحيط بالخلية ويكون حدودها الخارجية، وهكذا يعمل كحاجز بين السوائل خارج الخلية extracellular وداخلها intracellular.
2. ينظم دخول المواد الى الخلية وخروجها منها، حيث يعتبر الغشاء اختياري النفاذية selectively permeable. فهو يسمح لمواد معينة بالمرور من خلاله بحرية كبيرة كالاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون والماء. في حين يسمح لمواد اخرى ولكن بصعوبة كبيرة. بالمرور من خلاله كأيونات الصوديوم والبروتينات والسكريات المتعددة. وقد لا يسمح لمواد اخرى بالمرور عبره البتة. ثمة مواد تمر عبره عن طريق النقل الفعال active transport كالكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد والفوسفات والكلوكوز والاحماض الامينية واملاح الصفراء وغيرها، كما يسمح بمرور مواد معينة في اوقات معينة، ويمنعها في اوقات أخرى.
3. يحيط بالجزيئات الكبيرة macromolecules لبعض المواد التي لا يمكن ان تدخل الخلية او تمر عبر هذا الغشاء الا بهذه الطريقة. حيث يكون حولها تراكيب كيسية وانثناءات حويصلية. ومن ثم تدخل الى السايتوبلازم، تدعى هذه الحويصلات الحاوية على دقائق صلبة بالأجسام الملتهمة phagosomes. وتعرف هذه الظاهرة بالالتهام الخلوي phagocytosis. وقد يكون غشاء البلازما انثناءات قنوية تدعى بأقنية الشرب الخلوي pinocytotic channels من اجل ابتلاع جزيئات سائلة. وتنفصل من هذه القنيات المملوءة بالسائل حويصلات صغيرة تدعى بأجسام الشرب pinosomes. وتسمى هذه الظاهرة الشرب الخلوي pinocytosis.

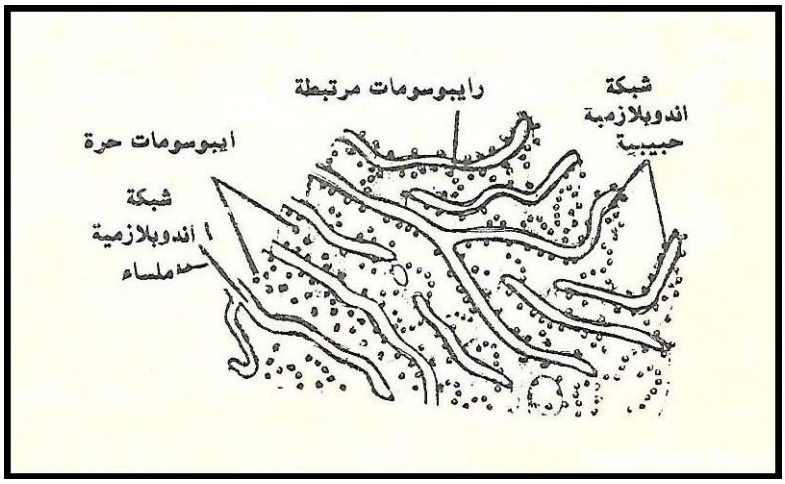
ب- البلازما الشفاف او الزجاجي Hyaloplasm

تدعى المادة البينية matrix او المادة الاساسي ground substance للسايتوبلازم بالمادة البينية السايتوبلازمية cytoplasmic matrix او البلازما الشفاف hyaloplasm. وتحوي المادة الاساس الماء والبروتينات ذات الاوزان الجزئية العالية، ويمكن تمييزه عادة الى اكتوبلازم (سايتوبلازم خارجي) ectoplasm محيطي رائق، غير حبيبي، ذي سيولة قليلة، والى اندوبلازم (سايتوبلازم داخلي) endoplasm مركزي حبيبي ذي سيولة كبيرة. ومن الجدير بالذكر، ان المظهر الحبيبي للاندوبلازم يعود لوجود عضيات الخلية cell organelles or organoids. اي المحتويات الحية للخلية، اضافة الى المحتويات غير الحية للخلية cell inclusions.

عضيات الخلية Cell Organelles

1- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum (E.R)

هي عبارة عن نظام شبكي مترابط من نبيبات وحويصلات، والتي ترتبط مع الغشاء البلازمي في مناطق معينة، ومع الغشاء (الغلاف) النووي في مناطق اخرى (الشكلان 2 و4). الغشاء المكون للشبكة الاندوبلازمية ثلاثي الطبقات. اي يمثل وحدة غشاء، كما يمتلئ تجويف الشبكة الاندوبلازمية بمواد تكونها الخلية.



الشكل (4) الشبكة الاندوبلازمية الحبيبية والملساء والرايبوسومات الحرة والمرتبطة.

ثمة نوعان من الشبكة الاندوبلازمية، وهما:

أ- الشبكة الاندوبلازمية الملساء Smooth Endoplasmic Reticulum

ويفتقر هذا الطراز من الشبكة الاندوبلازمية الى الرايبوسومات ribosomes. لذا يعرف بالشبكة الاندوبلازمية الملساء smooth، او غير الحبيبية agranular. تقوم الشبكة الاندوبلازمية هذه بصنع السكريات المتعددة والدهون.

ب- الشبكة الاندوبلازمية الخشنةRough Endoplasmic Reticulum

توجد على السطح الخارجي لنبيبات هذه الشبكة حبيبات او اجسام رايبوسومية والتي تتألف من بروتين وحامض نووي رايبوزي ribo-nucleoprotein، ولهذا الطراز من الشبكة الاندوبلازمية دور فاعل في بناء البروتينات.

كما ان الشبكة الاندوبلازمية تساهم وبشكل فعال في نقل المواد داخل الخلية، وبالأخص الى اجسام كولجي. كما تعمل كعضيات خازنة، ودعامة ميكانيكية وشبكة هيكلية دقيقة للمادة البينية السايتوبلازمية.

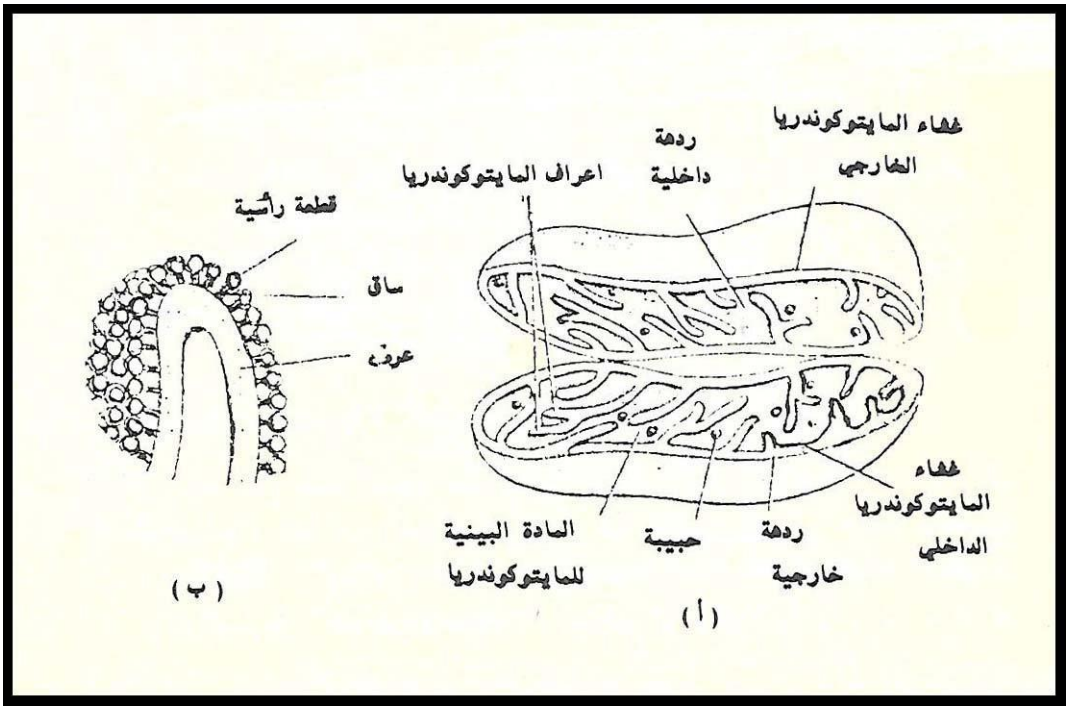
2- الرايبوسومات Ribosomes

وهي جسيمات كروية دقيقة يتراوح قطرها بين A°120 وA°150 (الشكل 4). تتألف هذه الحبيبات من البروتين (حوالي 40%). ومن الحامض النووي الرايبوزي RNA (حوالي 60%) الذي يصنع النواة. ثم يتركها ليساهم في تكوين الرايبوسومات. وتوجد الرايبوسومات على سطح الشبكة الاندوبلازمية كما ذكرنا سابقاً. كما تلاحظ بصورة حرة في البلازما الشفاف، وتعد الرايبوسومات كمعامل لإنتاج البروتينات في الخلية.

3- المايتوكوندريا (المتقدرات) Mitochondria

وقد صاغ هذه التسمية عالم الخلية الالماني بندا Bendah (1897) وذلك لوجود هذه العضيات الخلوية بهيئتين، هما: الهيئة الخيطية mitos والحبيبية chondrion. وعليه، سميت مايتوكوندريا mitochondria (مفردها مايتوكوندريون mitochondrion). وتعرف المايتوكوندريا بـ"بيوت الطاقة للخلية power houses of the cell". للمايتوكوندريا علاقة بإنتاج معظم جزيئات ثالث فوسفات الادينوسين ATF (adenosine triphosphate) ذات الطاقة العالية. ويتراوح عدد المايتوكوندريا في كل خلية بين بضع مئات الى عدة آلاف. ويتراوح قطر المايتوكوندريا بين 2-0.2 µm. وطولها بين 40.0-0.3 µm. لكل مايتوكوندريون (الشكل

5) تجويف مركزي او ردهة داخلية inner chamber مملؤة بمادة بينية لزجة والتي تحتوي على الانزيمات التنفسية respiratory enzymes. والحامض النووي الدي اوكسي رايبوزي DNA. والحامض النووي الرايبوزي RNA. وغالبا ما تحوي المايتوكوندريا على حبيبات كثيفة للغاية تعتبر مواقع لربط ايونات الكالسيوم Ca^{++} والمغنيسيوم Mg^{++}. للمايتوكوندريا غشاءان رقيقان يمثل كل منهما وحدة غشاء. ويبلغ سمك كل منهما (60) انكستروما. وتفصل الغشاءين مسافة بينية او ردهة خارجية outer chamber مملؤة بسائل بتراوح سمكها بين 80-100°A. الغشاء الخارجي املس خال من الانثناءات والتعرجات. في حين يعاني الغشاء الداخلي انغمادات تسمى اعراف المايتوكوندريا mitochondrial crests or cristae تمتد نحو التجويف المركزي للمايتوكوندريا. وعند فحص الاعراف بالمجهر الالكتروني تحت تكبير عال جداً. نجد ان سطحها الخارجي يحمل صفوفاً من تراكيب دقيقة شبيهة بمضرب التنس تسمى اوكزيسومات oxysomes او الدقائق الاولية elementary particles. وهي غنية بالانزيمات التنفسية، وتبقى ضمن سمك الغشاء العرفي عادة الا انها قد تبرز احياناً من السطح الداخلي للاعراف. ومن الجدير بالذكر ان الاعراف تزيد من المساحة السطحية للمنطقة الحاوية على الانزيمات التنفسية المؤكسدة. وعليه تجرى في المايتوكوندريا دورة كربس Krebs cycle، وسلاسل النقل الالكتروني electron transmitting chains من اجل تكوين جزيئات المركب ثالث فوسفات الادينوسين ATP.



الشكل (5) مايتوكوندريا (أ) التركيب التفصيلي لمايتوكوندريون نموذجي. (ب) التركيب الدقيق لعرف من اعراف المايتوكوندريا.

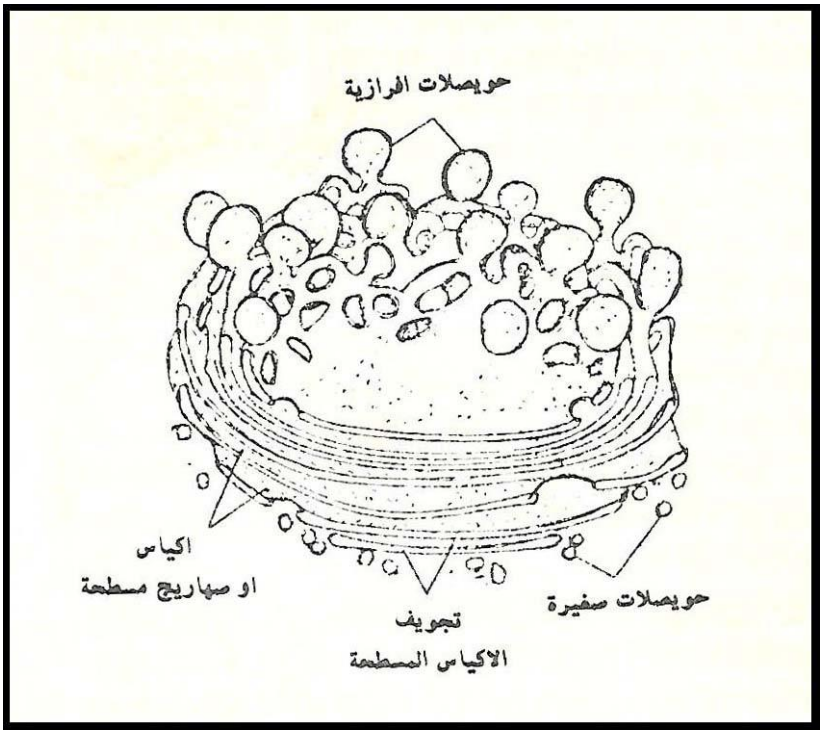
4- جهاز كولجي Golgi Apparatus

وتدعى هذه العضيات ايضاً بأجسام كولجي Golgi bodies او معقد كولجي Golgi complex نسبة الى مكتشفها عالم الخلية الايطالي كاميلو كولجي Camillo Golgi الذي اكتشفها عام 1898. وتظهر تحت المجهر الالكتروني على هيئة اكداس من اكياس او صهاريج

مسطحة. او حويصلات ذات احجام مختلفة. وتوجد عادة بصورة متوازية في مناطقة معينة في الخلية، او موزعة في جميع انحاء السايتوبلازم (الشكل 6). وتلاحظ هذه العضيات باعداد كثيرة في الخلايا الافرازية، والخازنة حيث تصل فيها الى اوج ضخامتها وتعقيدها. غشاء هذه العضيات يمثل وحدة غشاء، ويبلغ سمكه حوالي (70)A°. وتعد هذه التراكيب بمثابة معامل التعليب، حيث تمر المواد التي تصنع في الشبكة الاندوبلازمية الى اجسام كولجي لتنظم، او تضاف إليها مواد اخرى، ومن ثم تخزن مؤقتاً. وأخيراً، تنفصل من معقد كولجي بعد تغليفها او احاطتها بغشاء على هيئة حبيبات افرازية أولية elementary secretory granules. ومن وظائفه المهمة الأخرى بناء السكريات المتعددة المعقدة، كالسيليلوز والمادة المخاطية وتركيب الهورمونات في خلال الغدد الصماء endocrine giands.

5- الأجسام الحالة Lysosomes

الاجسام الحالة او الهاضمة عبارة عن تراكيب حويصلية يتألف جدارها من وحدة غشاء، تحوي هذه الحويصلات انزيمات محللة هاضمة تقوم بهضم الجزيئات الكبيرة داخل الخلايا. وبالحل الذاتي autolysis للعضيات الخلوية. يتراوح حجم الاجسام الحالة بين 0.2-0.8 µm عادة. وفي حالات استثنائية، قد تصل الى احجام كبيرة جداً، كما هو الحال في خلايا كلية اللبائن، فتبلغ 5 µm، او أكثر في الخلايا الملتهمة phagocytes، وكريات الدم البيض leucocytes. ومن الامثلة الواضحة لعمل الأجسام الحالة هو اختفاء الذنب في الدعاميص tadpoles.



الشكل (6) أجسام كولجي.

تمتاز الأجسام الحالة بتعدد أشكالها والتي يمكن ملاحظتها في مراحل مختلفة. او في الخلية نفسها، ولكن في أوقات متباينة (الشكل 7) هذه الانواع هي:-

أ- الأجسام الحالة القبلية Pre-lysosomes: وهي عبارة عن حويصلات تتكون نتيجة انغمادات غشاء البلازما، والتي تحوي اما دقائق صلبة تسمى أجسام ملتهمة phagosomes. او

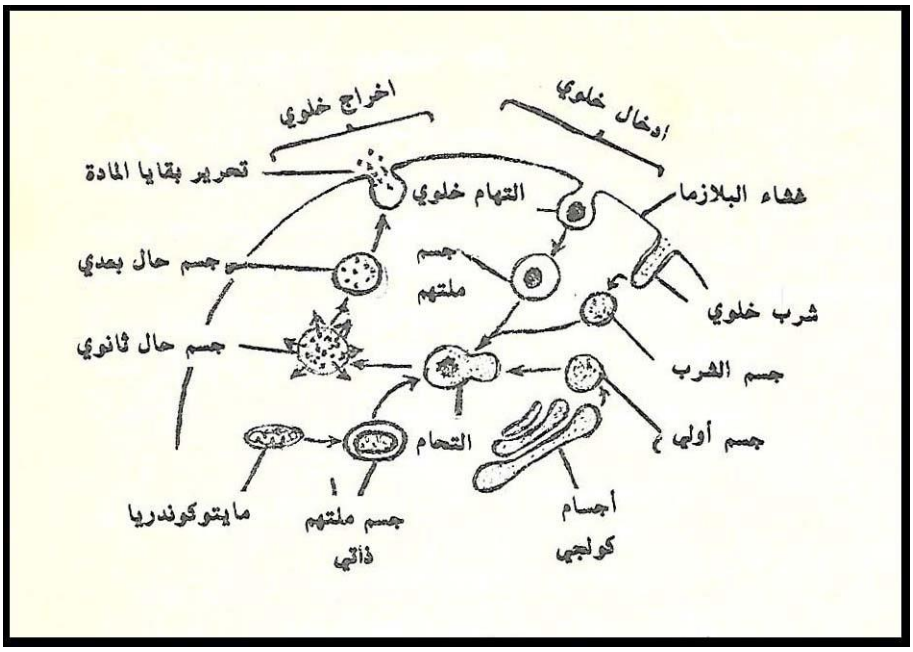
مواد سائلة تسمى أجسام الشرب pinosomes. والتي تدخل الخلية من سطحها (ادخال خلوي endocytosis).

ب- الأجسام الحالة الأولية Primary lysosomes: وهي عبارة عن حويصلات حاوية على انزيمات، ويقوم معقد كولجي بتكوينها.

ج- الأجسام الملتهمة الذاتية Auto phagosomes: وتحيط هذه الاجسام بعضيات الخلية المتحطمة. وتتكون نتيجة عزل عضية واحد، او منطقة من السايتوبلازم بواسطة الشبكة الاندوبلازمية.

د- الاجسام الحالة الثانوية Secondary lysosomes: وتتكون هذه الأجسام نتيجة التحام الأجسام الملتهبة، او اجسام الشرب، او الاجسام الملتهبة الذاتية بالأجسام الحالة الأولية، حيث تقوم الانزيمات الموجودة داخل الأجسام الحالة الأولية بتحليل وهضم محتويات الأجسام الملتحمة بها، ثم تنتشر المواد المحللة الى البلازما الشفاف.

هـ- الأجسام الحالة البعدية Post-lysosomes: وهي عبارة عن الأجسام الحالة الثانوية مع المحتويات المتبقية، بعد انتشار المواد المحللة منها الى الخارج، تلتحم أغشية هذه الأجسام بالغشاء البلازمي، وهكذا تطرح المواد المتبقية الى الفسح خارج خلوية extracellular، وتعرف هذه العملية بالاخراج الخلوي exocytosis.



الشكل (7) الأجسام الحالة.

6- حبيبات الزايموجين (مولدة الخمائر) Zymogen Granules

وهي عبارة عن حويصلات، او حبيبات صغيرة تنشأ بطريقة الانفصال من أجسام كولجي، وتحوي الانزيمات التي تقوم الخلية بصنعها، وتنقل بعد ذلك خارج الخلية، الى أهدافها المحددة.

7- الأجسام الدقيقة Microbodies

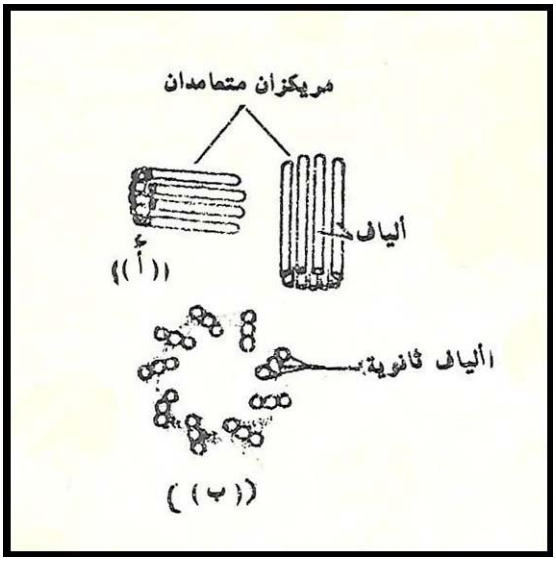
وهي عبارة عن حويصلات كروية، او بيضوية حاوية على انزيمات تقوم باختزال بيروكسيد الهيدروجين، وتشترك عادة في أيض حامض اليوريك. تتألف جدران هذه الحويصلات من طبقة واحدة من غشاء الذي يبلغ سمكه A°65. وتلاحظ عادة في خلايا الكبد والكلية. ويبدو انها تنشأ من الشبكة الاندوبلازمية او من جهاز كولجي. وتعد الاجسام البيروكسية peroxisomes احد انماط الاجسام الدقيقة. وتحوي انزيمات مؤكسدة oxidases. وعليه تفيد في اكسدة المواد.

8- النبيبات الدقيقة Microtubules

وهي تراكيب غشائية رقيقة اسطوانية وتدخل في تركيب الاسواط، والاهداب، والمريكزات، والاشعة النجمية والمغزل النووي، يتراوح قطر النبيبات الدقيقة النموذجية بين A°400-200. في حين يتراوح سمك غشائها بين A°100-50. ويحوي الغشاء حوالي (10-14) خويطاً. يبلغ سمك كل منها حوالي A°30. وتتألف هذه الخويطات من جزيئات بروتينية.

9- المريكزان Centrioles

عبارة عن تركيبين اسطوانيين متعامدين على بعضهما يقعان بجوار النواة، وتحيط بهما منطقة رائقة من السايتوبلازم تدعى بالجسم المركزي centrosome الذي بدوره يحاط بمنطقة سايتوبلازمية اخرى اكثر كثافة تسمى الكرة المركزية centrophere. يتألف كل مريكز من تسعة ألياف مرتبة بصورة دائرية، وتركب كل ليف من ثلاثة ألياف ثانوية او نبيبات دقيقة (الشكل 8). للمريكزين دور مهم جدا في انقسام الخلية، فهما اللذان يقومان بتنظيم قطبي المغزل النووي nuclear spindle poles الذي تساهم خيوطه بدرجة كبيرة في فصل الصبغيات (الكروموسومات) chromosomes او الكروماتيدات chromatids، وفي حركتها باتجاه القطبين، كما ان المريكزات تكون الاجسام القاعدية basal bodies للأسواط flagells والأهداب cilia.



الشكل (8) أ- المريكزان. ب- مقطع مستعرض في احدهما.

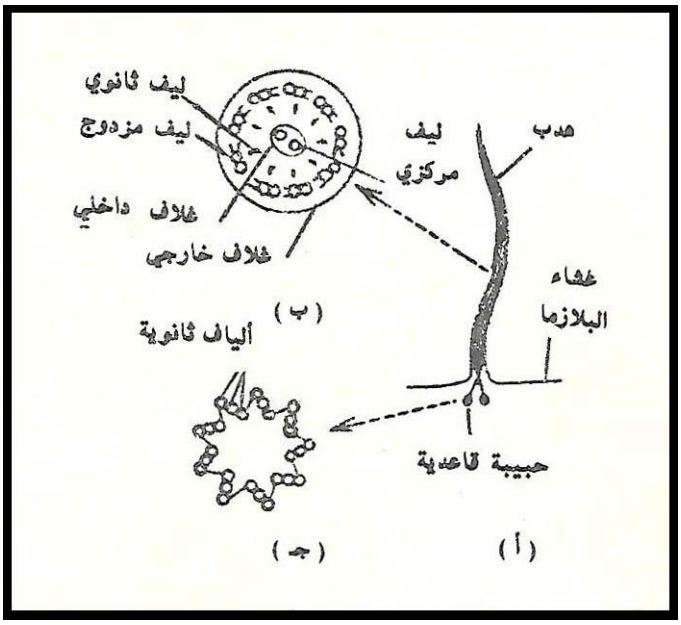
10- الأهداب والأسواط Cilia and Flagella

وهي عضيات خلوية خيطية نحيفة تبرز عادة من السطوح الحرة للخلايا كما هو الحال في معظم الخلايا الحاملة للأسواط والأهداب. ومنها الابتدائيات protozoa، او قد توجد في

التجويف الداخلي في خلايا اخرى، كما هو الحال في الخلايا اللهبية fiame cells، او الخلايا الانبوبية solenocytes. تتشابه الأسواط والاهداب من حيث التركيب (الشكل 9). الا ان السوط تكون عادة أطول من الاهداب وأقل عددا منها، يظهر المجهر الالكتروني من خلال دراسة مقطع مستعرض لكل من هاتين العضيتين، ان كلا منهما تتألف من تسعة ألياف مزدوجة محيطية peripheral fibers، وزوج من ألياف مركزية central fibers منفردة. يحاط الليفان المركزيان بغلاف او غمد داخلي inner sheath، في حين تحاط الالياف المحيطية المزدوجة بغلاف او غمد خارجي outer sheath، ويمثل الغمد وحدة غشاء.

11- الأجسام القاعدية او الأجسام الحركية Basal Bodies or Kinetosomes

هي عبارة عن جسيمات او حبيبات صغيرة تنشأ منها الاسواط والاهداب، وتتألف من تسع مجاميع ليفية ذات طبيعة ثلاثية triplet، وترتبط المجاميع المتجاورة ببعضها عن طريق روابط بين ليفية interfibrillar (الشكل 9). تعمل الاهداب والاسواط على حركة الحيوان، كما تساعد على طرد السوائل المحيطة بها، وتحريك الدقائق القريبة منها.

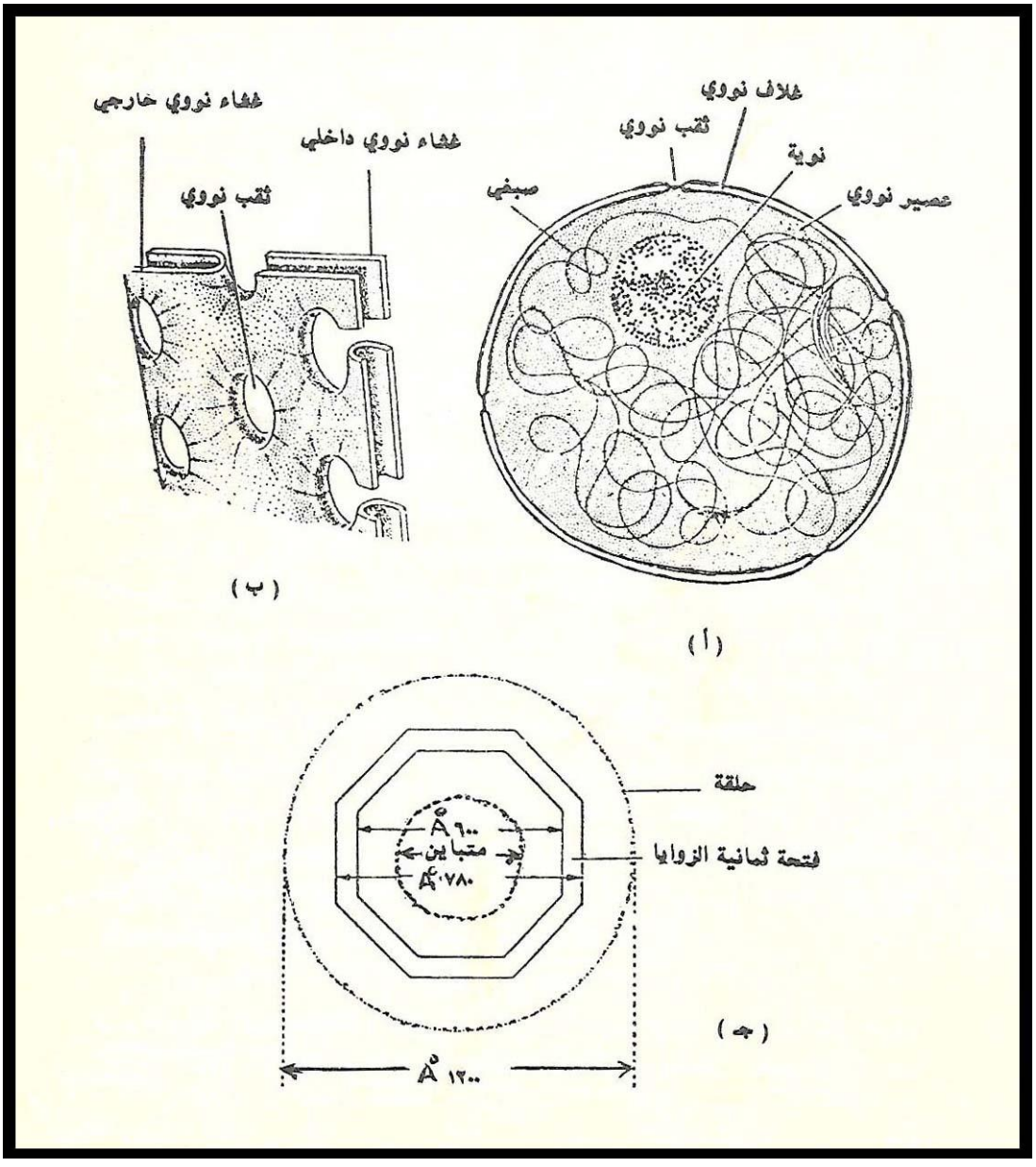


الشكل (9) أ- الهدب. ب- مقطع مستعرض في الجزء الحر من الهدب. ج- مقطع مستعرض في الجسم القاعدي او الحبيبة القاعدية.

12- النواة Nucleus

عبارة عن عضية كثيفة واضحة عادة، وذات شكل متباين جداً، فقد تكون كروية او بيضوية او مسطحة قرصية، او شبيهة بحبات السبحة، او مفصصة، او كلوية او هلالية... الخ. كما يختلف موقعها هو الاخر من خلية الى اخرى. فقد تكون النواة مركزية، او قاعدية، او محيطية... الخ. لكل خلية نواة واحدة عادة. الا ان بعضها يمتلك نواتين او ثلاث، وأحيانا يبلغ عددها مائة نواة او اكثر، كما هو الحال في بعض الابتدائيات مثل اوبلاينا Opalina. كما يختلف حجم النواة في الأنواع المختلفة من الخلايا.

تتألف النواة (الشكل10) من أربعة تراكيب، هي: الغشاء النووي او الغلاف النووي nuclear membrane or envelope، والعصير النووي او البلازما النووي nuclear sap or nucleoplasm، والصبغيات او الكروموسومات chromosomes والنوية nucleolus.



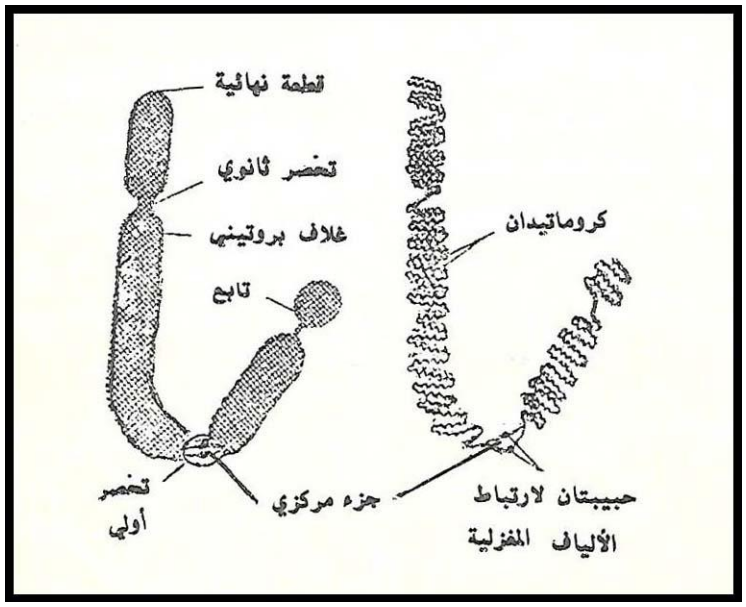
الشكل (10) أ- النواة ومكوناتها. ب- التركيب ثلاثي الأبعاد للغشاء النووي. ج- تركيب ثقب نووي.

أ- الغشاء النووي Nuclear Membrane: ويدعى ايضا بالغلاف النووي nuclear envelope، ويتألف من غشائين (داخلي وخارجي) كل منهما يمثل وحدة غشاء، ويتراوح سمك كل منهما بين 70-80A°، وتفصل بينهما فسحة يتراوح عرضها بين 100-700A°. يلتقي الغشاءان في عدة أماكن ليكونا فتحات ثمانية الزوايا تدعى بالثقوب او الثغور النووية nuclear pores التي تختلف قطراً (400-1000A°) وعدداً (تنعدم في النطف الناضجة) في نوى الخلايا المختلفة، وعبر هذه الثقوب تمر المواد من النواة الى السايتوبلازم وبالعكس، يحمل الغشاء الخارجي الرايبوسومات، كما انه يرتبط بالشبكة الاندوبلازمية.

ب- البلازما النوويNucleoplasm: وهو عبارة عن المادة الأساسية للنواة، ويدعى ايضا بالعصير النووي karyoiymph او اللمف النووي nuclear sap، ويتركب من الماء، والبروتينات، والمواد الفسفورية، والسكريات، والنيوكليوتيدات والأحماض النووية (DNA, r-RNA, s-RNA, m-RNA)، ومواد اخرى. تسيطر النواة على الأفعال الحيوية في الخلية، لذا فهي ضرورية جدا لديمومة حيوية الخلية.

ج- الكروموسومات (الصبغيات) Chromosomes: وهي تراكيب خيطية صبغينية (كروماتينية) (الشكل 11)، وتزداد وضوحاً أثناء مراحل انقسام الخلية، وبالأخص في الطورين الاستوائي والانفصالي. يتكون الكروموسوم من ألياف مرزومة رزماً قوياً تدعى بالخيوط الصبغينية chromonemata. ويحتوي كل كروموسوم على خيط صبغيني واحد chromonema، او اثنين او اربعة خيوط صبغينية. يتركب الكروموسوم كيميائيا من الحامض النووي الدي اوكسي رايبوز DNA (deoxyribonucleic acid) المقترن بالبروتينات. وبصورة خاصة السهتونات histines. للكروموسومات وظيفة مهمة جداً الا وهي حمل الجينات genes او العوامل الوراثية من جيل الى اخر. ان عدد الكروموسومات ثابت في النوع الواحد من الحيوانات، الا ان اشكالها وأطوالها تختلف في النوع نفسه. عندما ينشطر الكروموسوم طوليا الى جزئين اثناء الانقسام الخلوي يدعى كل منهما بالكروماتيد chromatids. يرتبط كروماتيدا كل كروموسوم (الكروماتيدات الشقيقة sister chromatids) بواسطة تركيب يسمى الجزء المركزي centromere، او المركز الحركي kinetochore.

د- النوية Nucleolus: تظهر النواة تركيبا كثيفا كرويا واحدا او اكثر يعرف بالنوية، وقد اكتشفها فونتانا Fontana (1781). ويختلف حجم النوية تبعاً لفعاليتها، وتتركب النوية بصورة رئيسة من البروتين، والحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي r-) ribosomal RNA (RNA. ومما يجدر ذكره، ان النوية تحتفظ بتماسها مع زوج من الكروموسومات المتماثلة homologus chromosomes ويعرف موقع التماس الكروموسومي هذا بالمنظم النويّي nucleolar organizer الحاوي على DNA والذي يقوم باستنساخ الـ r-RNA، وعليه تعد النوية مركزا لبناء الرايبوسومات السايتوبلازمية. يظهر التركيب الدقيق للنوية انها تتكون من أربعة أجزاء، هي: الجزء الليفي pars fibrosa، والجزء الحبيبي pars granulosa، والجزء عديم الشكل pars amorpha، والجزء الكروموسومي pars chromosoma.



الشكل (11) شكل تخطيطي لصبغي بعدي المركز metacentric (أ) منظر خارجي. (ب) تركيب داخلي.

الأحماض النوويةNucleic Acids

ثمة نوعان رئيسان من الأحماض النووية، وهما: الحامض النووي الرايبوزي RNA والحامض النووي الدي اوكسي رايبوز DNA، ويضم النوع الأول ثلاثة أنواع ثانوية، هي: الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي r-RNA، والحامض النووي الرايبوزي الذايب او الناقل s-RNA or t-RNA، والحامض النووي الرايبوزي الرسولي m-RNA، وقد سميت بالأحماض النووية لانه كان يعتقد انها توجد في النواة فقط.

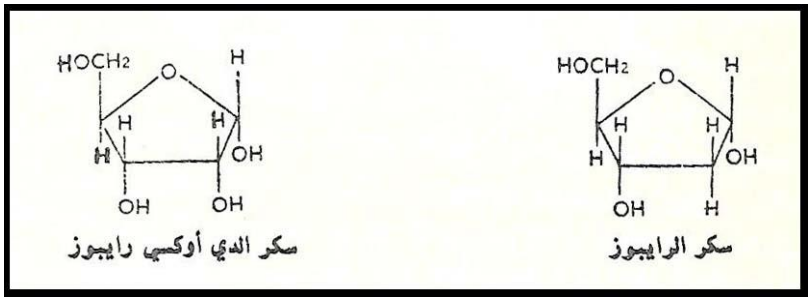
تركيب الحامض النووي Structure or Nucleic Acid

يتركب الحامض النووي من جزيئات molecules تشترك في تكوينها اعداد كبيرة من وحدات تعرف بالنيوكليوتيدات nucleotides، يتركب النيوكليوتيد من ثلاثة أجزاء، هي:-

1- السكر Sugar

وهو عبارة عن سكر احادي monosaccharide خماسي ذرات الكاربون pentose، ويقع في نوعين وهما: سكر الرايبوز ribose $C_5H_{10}O_5$، وسكر الدي اوكسي رايبوز deoxyribose $C_5H_{10}O_4$، وفيه اربع ذرات فقط من الاوكسجين بدلاً من خمس ذرات موجودة في النوع الأول، وفيما يلي (الشكل 12) الصيغة الكيميائية لكل منهما.

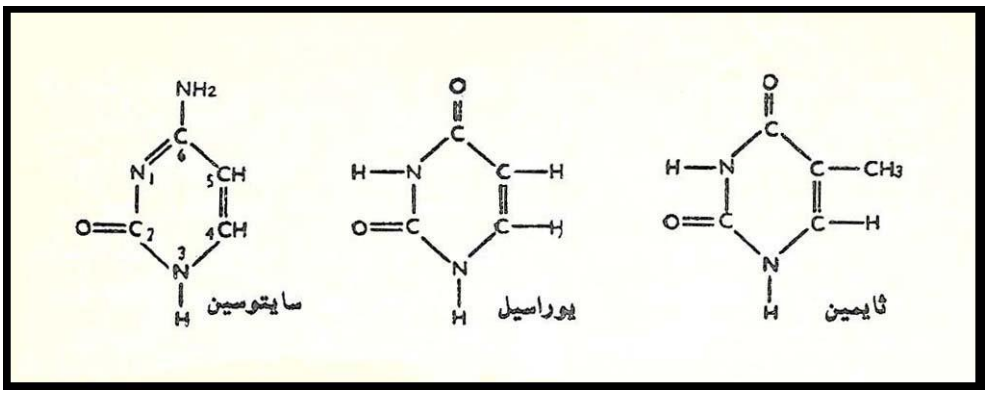
ويدخل النوع الأول في تركيب الـRNA، في حين يشترك الثاني في تركيب الـDNA.



الشكل (12) الصيغتان الكيميائيتان للسكرين الرايبوز والدي اوكسي رايبوز.

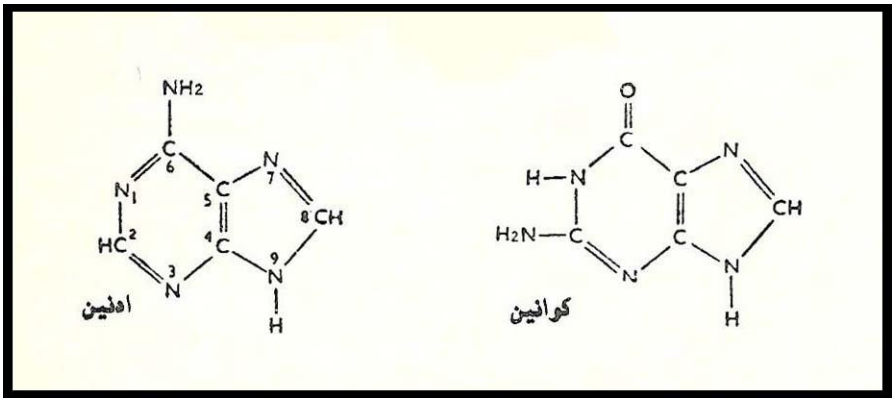
2- القاعدة النيتروجينية Nitrogenous Base

مركبات حلقية، تحتوي على الكاربون والهيدروجين والاوكسجين والنيتروجين، ثمة ضربان رئيسان من هذه القواعد. يتألف الضرب الأول من حلقة واحدة، وتدعى بقواعد البريميدين pyrimidine bases، ومنها ثلاث قواعد، هي: السايتوسين cytosine، ويرمز لها بالحرف C والثايمين thyamine، ويرمز لها بالحرف T، واليوراسيل uracil، ويرمز لها بالحرف U، أما صيغها الكيميائية (الشكل 13) فهي كالآتي:



الشكل (13) الصيغ الكيميائية لثايمين ويوراسيل وسايتوسين.

أما الضرب الثاني، فيشمل قواعد نيتروجينية مؤلفة من حلقتين، وتسمى قواعد البيورين purine bases، ومنها قاعدتان، احداهما تسمى ادنين adenine ويرمز لها بالحرف A، والاخرى كوانين guanine، ويرمز لها بالحرف G، وفيما يلي الصيغتان الكيميائيتان (الشكل 14) لهما:



الشكل (14) الصيغتان الكيميائيتان لكوانين وادنين.

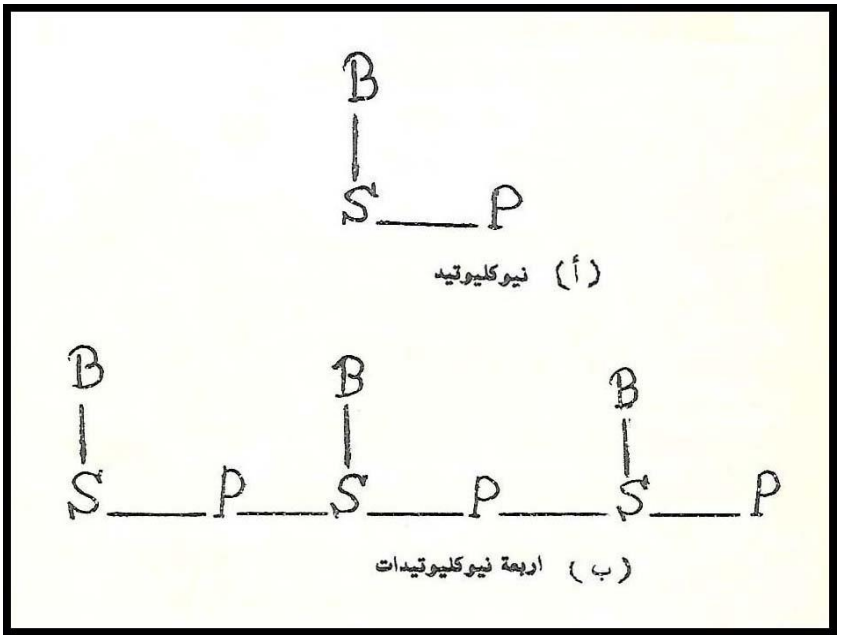
ومن الجدير بالذكر، ان القواعد الثلاث، وهي: الادنين، والكوانين، والسايتوسين توجد في كل من الحامضين النوويين RNA وDNA، في حين القاعدة يوارسيل توجد في الـRNA فقط، والقاعدة ثايمين في الـDNA فقط.

3- حامض الفوسفوريك او مجموعة الفوسفات

Phosphoric Acid or Phosphate Group

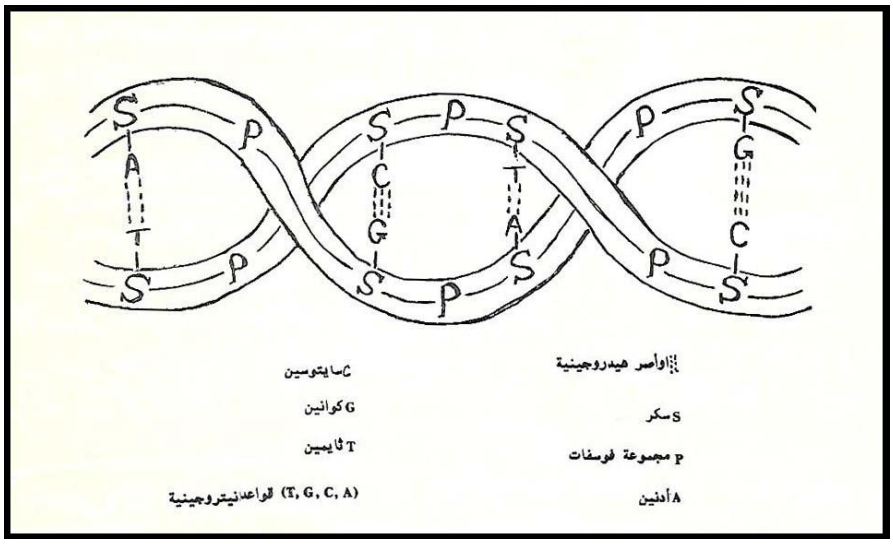
وترتبط مجموعة الفوسفات بالسكر سواء كان ذلك في النوع الرايبوزي في (RNA) او الدي اوكسي رايبوزي في (DNA).

تتكون جزيئة الحامض النووي، كما ذكرنا سابقاً، من عدد كبير من النيوكليوتيدات، ويتألف كل نيوكليوتيد نتيجة ارتباط السكر بالقاعدة النيتروجينية من جهة، وبمجموعة الفوسفات (حامض الفسفوريك) من جهة أخرى. وينتج من اتحاد السكر بالقاعدة النيتروجينية ما يدعى بالنيوكليوسايد nucleoside، والذي عند اتحاده بمجموعة الفوسفات يكون النيوكليوتيد nucleotide. ومن الجدير بالملاحظة، ان السكر (S)، ومجموعة الفسفات (P) تكونان العمود الفقري لجزيئة الحامض النووي، في حين تكون القواعد النيتروجينية (B) المجاميع الجانبية للجزيئة، وفي ادناه توضيح، لكيفية ارتباط مكونات النيوكليوتيد الواحد، وتركيب جزء من جزيئة الحامض النووي مكونة من أربعة نيوكليوتيدات (الشكل 15).



الشكل (15) أ- نيوكليوتيد واحد. ب- اربعة نيوكليوتيدات P مجموعة فوسفات، S سكر، B قاعدة نيتروجينية.

ثمة فرق اخر بين الـRNA والـDNA، حيث تكون جزيئة الـRNA بهيئة سلسلة مفردة، في حين تمتاز جزيئة الـDNA بتركيبها اللولبي المزدوج double helical structure، اي تتكون من سلسلتين ملتفتين بشكل لولبي، وترتبط القواعد النيتروجينية للسلسلتين المتحلزنتين عن طريق اواصر هيدروجينية hydrogen bonds. ومن الجدير بالذكر، ان القاعدة ادنين ترتبط دائما مع الثايمين، حيث ترتبط القاعدة كوانين مع السايتوسين، في ادناه، شكل تخطيطي (الشكل 16) يبين جزء صغيراً من جزيئة الـDNA اللولبية المزدوجة الطويلة.



الشكل (16) شكل تخطيطي لجزء صغير من جزيئة DNA.

اما من حيث الموقع، فان الـDNA يوجد بصورة رئيسة في النواة، في الصبغيات، والجينات، كما يوجد خارج النواة، ولكن في أماكن محددة من السايتوبلازم كالمايتوكوندريا، في حين يتكون الـRNA في النواة ثم يتركها الى السايتوبلازم، هناك ثلاثة أنواع من الـRNA، وهي:-

أ- الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي r-RNA: ويشترك هذا الحامض النووي في تركيب الرايبوسومات، وعليه يدعى بالحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي r-RNA، ويدعى ايضاً بالحامض النووي الرايبوزي غير الذائب insoluble RNA، يستنسخ r-RNA من قبل المنظم النويي، ثمة ثلاثة أنواع من الـr-RNA، لهذا النوع من الحامض النووي دور مهم في عملية بناء البروتينات.

ب- الحامض النووي الرايبوزي الرسولي messenger RNA (m-RNA): وقد كان جاكوب ومونود Jacob and Monod (1961) هما اللذان اقترحا هذا الاسم، اي الرسولي messenger، إذ يحمل معلومات وراثية من الـDNAالكروموسومي او الصبغي (chromosomal DNA)، بطريقة الاستنساخ، الرايبوسومات في السايتوبلازم لبناء البروتينات، ومن المعروف عن الـm-RNA، انه حامض غير ثابت عادة (باستثناء حالات قليلة كما هو في كريات الدم الحمر) حيث تهاجمه الانزيمات المحللة للحوامض النوية ribonuclease enzymes في السايتوبلازم.

ج- الحامض النووي الرايبوزي الناقل Transfer RNA (t-RNA): ويدعى أيضاً بالحامض النووي الرايبوزي الذائب soluble RNA (s-RNA) حيث يوجد بصورة ذائبة في السايتوبلازم. يقوم هذا الحامض بنقل الأحماض الامينية amino acids الى سطح الرايبوسومات لبناء البروتينات. ويتكون هذا الحامض بطريقة الاستنساخ من الـDNA الكروموسومي، شأنه في ذلك شأن الـRNA الرسولي.

المحتويات غير الحية للخلية Cell Inclusions

يتكون البرابلازم paraplasm، او المحتويات غير الحية للخلية، من مواد عديدة، أهمها:-

1- البروتينات Proteins: وتتجمع البروتينات عادة كمواد مدخرة في الدم والخلايا العضلية، في حين يندر وجودها في الخلايا الأخرى، وعلى أية حال. توجد البروتينات في الحبيبات الافرازية ومولدات الخمير zymogen والحبيبات الافرازية العصبية neurosecretory granules. اما البيوض والاجنة فتحوي بروتينات مدخرة كغذاء بشكل حبيبات محية yolk granules. كما ان الخلايا المخاطية او الكأسية mucous or goblet cells تحوي حبيبات من بروتينات مخاطية mucoproteins. كما ان البلورانيات crystalloids التي تشاهد في عصي شبكية عين الضفدع وفي خلايا لايدك leydig cell في الخصية من المحتمل ان تكون ذات طبيعة بروتينية او بروتينية – دهنية lipoproteins.

2- الكاربوهيدرات Carbohydrates: وبعد الكلايكوجين glycogen من المواد الكاربوهيدراتية التي تدخر، بشكل حبيبات، وعلى نطاق واسع في الخلايا الحيوانية، وتعد الخلايا الكبدية والعضلية من الخلايا المتخصصة في هذا المجال.

3- الدهون والدهون المفسفرة Lipids and Phospholipids: وهي توجد عادة بهيئة فطيرات دهنية او شحمية في كثير من الخلايا. وقد تتجمع لتكون فجوة كبيرة في الخلية، كما هو الحال في النسيج الرابط الدهني adipose tissue.

4- المحتويات غير الحية اللاعضوية Inorganic Inclusions: ومنها، حبيبات الهيموسيدرين haemosiderin granules (مركب حديدي يحوي بروتينا) الموجودة في الضفيرة المشيمية لخنزير غينيا، وحبيبات ميلانين melanin granules الموجودة في خلايا جلد الاسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والإنسان.

انقسام الخلية
Cell Division

ان انقسام الخلايا ضروري لنمو growth الكائنات الحية جميعها، كما لا يمكن الاستغناء عنه في التكاثر الجنسي sexual reproduction، واللاجنسي asexual كليهما، كما انه ضروري جداً لانتقال الصفات الوراثية hereditary characters من جيل الى اخر من الخلايا.

يتضمن انقسام الخلية انقسام النواة karyokinesis، وانقسام السايتوبلازم cytokinesis، تنقسم بالنواة nucleus أولاً، ثم السايتوبلازم cytoplasm، ولكن قد يحدث العكس احياناً.

ومن الجدير بالذكر، ان انقسام الخلية قد لوحظ لأول مرة في السلمندر *Trituris maculosa* (برمائي ذيلي urodele amphibian) من قبل فلمنك Flemming عام 1882. ثم تبعه في ذلك علماء كثيرون اوضحوا كيفية انقسام الخلايا في حيوانات مختلفة، واظهروا سلوك الصبغيات اثناء الانقسام.

العوامل المحفزة لانقسام الخلية Factors Inducing Cell Division

ثمة عوامل وأسباب عديدة تحفز الخلية على الانقسام، ومنها:-

1- النسبة بين حجم النواة وحجم السايتوبلازم: من المعروف، ان هناك نسبة ثابتة الى حد ما بين حجم النواة وحجم السايتوبلازم المحيط بها الذي تتحكم النواة في السيطرة على الافعال الايضية التي تجري فيه، فاذ اختلت هذه النسبة تسببت في انقسام الخلية لكي تعيد هذه النسبة الى وضعها الطبيعي. ومن الجدير بالذكر، ان السايتوبلازم ينمو اسرع من النواة، ويزيد حجمه عن الحد الطبيعي مؤديا الى اختلال النسبة النووية – البلازمية karyo-plasmic ratio.

2- تضاعف مادة الـDNA: يعتقد ان تضاعف مادة الـDNA في الطور البيني interphase قد يكون له دور في عملية الانقسام.

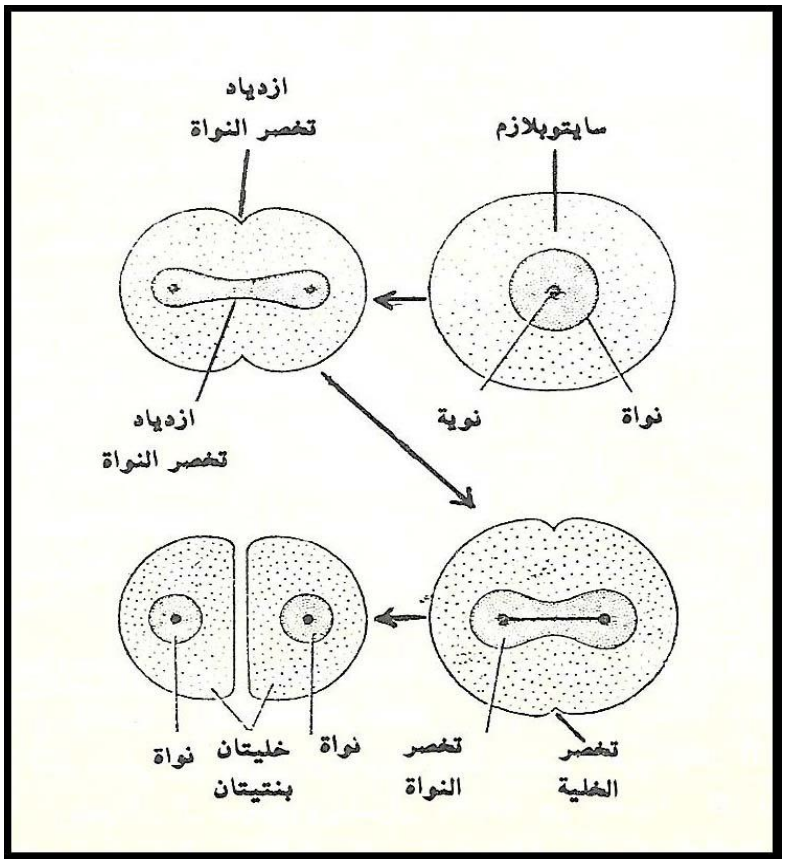
3- دور النوية: اثبتت بعض التجارب ان للنوية nucleolus دوراً مهماً في انقسام الخلية.

4- يعتقد البعض ان الكروموسومات (الصبغات) او عضيات اخرى تفرز مواداً تحفز انقسام الخلية.

وهكذا يبدو واضحاً ان هناك اكثر من سبب يشترك في تحفيز عملية انقسم الخلية. ثمة ثلاثة أنواع من الانقسام في الخلايا الحيوانية، وهي: الانقسام اللاخيطي او المباشر amitosis or direct cell division، والانقسام الخيطي او غير المباشر amitosis or indirect cell division، والانقسام الاختزالي metosis or reduction division.

1- الانقسام اللاخيطي او المباشر A mitosis or Direct Cell Division

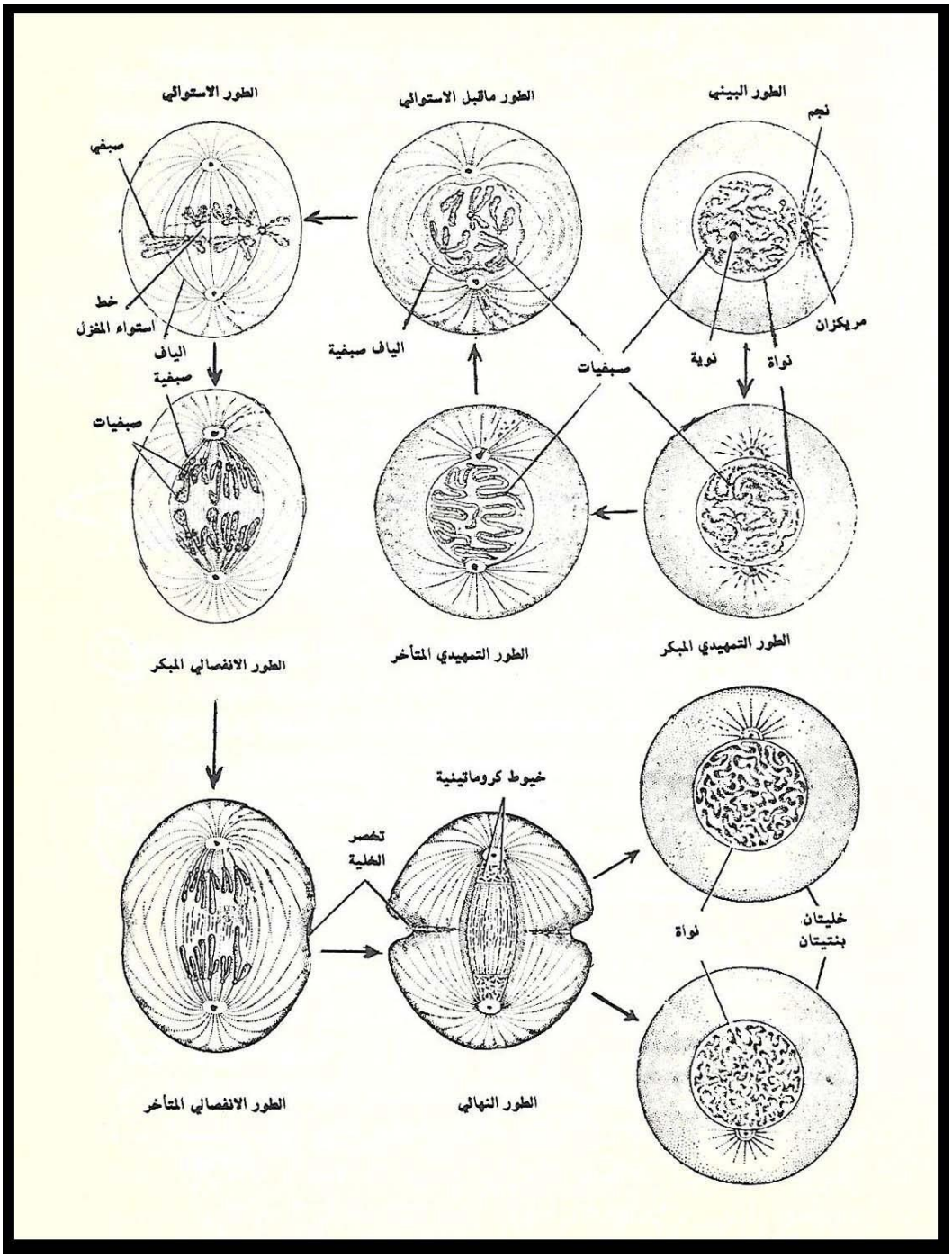
وتعد هذه الطريقة احدى طرق التكاثر اللاجنسي للابتدائيات protozoa. كما تنقسم الخلايا بهذه الطريقة عند تكوين الاغشية الجنينية للفقريات. ومما تجب الاشارة إليه. ان هذا الانقسام يعد مرضيا pathological. وقد يحدث في الانسجة المسنة senescent tissues. وعلى اية حال، تنقسم النواة أولاً ثم تستطيل، وتتخصر من دون ان تتكون الخيوط المغزلية. وتنقسم الى نواتين، كما يتخصر السايتوبلازم، وينقسم ايضا الى جزئين يضم كل منهما احدى النواتين الجديدتين، وهكذا تتكون خليتان بنيتان two daughter cells (الشكل 17).



الشكل (17) انقسام خلوي مباشر اي لا خيطي، تشير الاسهم الى سير خطوات الانقسام.

2- الانقسام الخيطي (الميتوز) او غير المباشر Mitosis or Indirect Cell Division

رغم ان الانقسام الخيطي عملية مستمرة، الا انها تقسم الى أربع مراحل او اطوار phases لسهولة دراسة هذا الحدث، وفهم ما يجري فيه من تغيرات، هذه الاطوار هي، الطور التمهيدي prophase، والطور الاستوائي meraphase، والطور الانفصالي anaphase، والطور النهائي telophase (الشكل 18).



الشكل (18) اطوار الانقسام الخيطي تشير الاسهم الى تسلسل هذه الاطوار.

قبل بدء الطور التمهيدي، تكون الخلية في طور يدعى بالطور البيني (بين انقسامين) interphase، ويدعى احياناً خطأ بطور الراحة resting stage حيث يكون النشاط الايضي في كل من النواة والسايتوبلازم على أشده استعداداً لدخول الخلية في عملية الانقسام، ومما يجدر ذكره ان علامات الانقسام لا أثر لها في هذا الطور.

وفي الطور البيني تبدو الصبغيات بهيئة خيوط طويلة ملتفة غير واضحة المعالم، وتتضاعف مادة الـDNA الوراثية، وتصل النوية اكبر حجم لها، واخيراً يبدأ المريكز Centriole بتكوين مريكزين مباشرة قبل بداية الطور التمهيدي.

أ- الطور التمهيدي Prophase: يبدأ الغلاف النووي بالاضمحلال، والنوية بالاختفاء، والمريكزان بالابتعاد عن بعضهما باتجاه قطبي الخلية المنقسمة. كما تقصر الصبغيات وتزداد سمكا نتيجة التحلزن spiralization الذي تعانيه. ويبقى كروماتيدا chromatids كل صبغي مرتبطين ببعضهما بواسطة حبيبة لا تقبل الاصطباغ تدعى الجزء المركزي centromere. ثمة الياف بروتوبلازمية تشع من كل من المريكزين مكونة ما يدعى بالنجم aster. وتظهر ايضا الياف نحيفة تمتد بين النجمين مكونة بذلك الياف المغزل spindle fibers.

ب- الطور الاستوائي Metaphase: تبدأ الصبغيات المؤلفة من كروماتيدات شقيقة sister chromatids بالتحرك نحو الصفيحة الاستوائية equatorial plane للخلية المنقسمة. اي المستوى الوسطي بين قطبي الخلية cell poles. يختفي الغشاء النووي تماما وهذا ما يسهل حركة الصبغيات واصطفافها في وضع محيطي عند الصفيحة الاستوائية، ترتبط بعض الياف المغزل spindle fibers (نبيبات دقيقة microtubules) بالاجزاء المركزية للصبغيات، لذا تسمى بالالياف الكروموسومية او الصبغية chromosomal fibers. في حين يمر بعضها الاخر من القطب (النجم aster) الى القطب مباشرة دون الارتباط بالصبغيات وتسمى الالياف المستمرة continuous fibers. اضافة الى هذه الالياف، فان هناك اليافا تتكون بين الكروماتيدات الاختية او الشقيقة المنفصلة عن بعضها اي بين الصبغيات الجديدة. وعليه تدعى بالالياف بين الكروموسومية او بين الصبغية inter chromosomal fibers. ومن الجدير بالذكر ان الالياف الصبغية هي الفعالة فقط في عملية سحب الكروماتيدات الشقيقة وابعادها عن بعضها بعضاً.

ج- الطور الانفصالي Anaphase: يتم في هذا الطور انفصال الكروماتيدات الاختية او الشقيقة sister chromatids عن بعضها بعضا، فينقسم الجزء المركزي لكل صبغي الى جزئين مركزيين. وبذا ينفصل الكروماتيدان الاختيان عن بعضهما. ويتحولان الى صبغيين ويستمران بالتباعد عن بعضهما. كل باتجاه احد قطبي الخلية نتيجة لقصر الالياف الصبغية المرتبطة بالأجزاء المركزية. او تمدد الالياف بين الصبغية التي تظهر في هذا الطور. وأخيراً، تصل كل مجموعة من المجموعتين الصبغيتين الى احد القطبين.

د- الطور النهائي Telophase: عند وصول الصبغيات القصيرة السميكة الى القطبين تتحول الى تراكيب خيطية نحيفة غير واضحة المعالم. كما تتكون النوية من جديد، ويحيط غلاف نووي جديد بالصبغيات والنوية، وبذا تتكون نواتان بنتيتان daughter nuclei. وهكذا ينتهي انقسام النواة karyokinesis. ويليه انقسام السايتوبلازم cytokinesis حيث تعاني الخلية تخصراً قرب خط استواء المغزل ويزداد هذا التخصر عمقاً الى ان تنقسم الخلية الى خليتين بنتيتين daughter cells متساويتين في الحجم عادة.

أهمية الانقسام الخيطي Significance of Mitosis

تبدو أهمية الانقسام الخيطي جلية من خلال استعراض النقاط الآتية:-

1. الانقسام الخيطي مسؤول عن تضاعف عدد الصبغيات في الخلية المنقسمة. ومن ثم توزيعها بالتساوي على كل من الخليتين البنتيتين، اذ يعمل هذا التوزيع على انتقال الصبغيات التي تحمل الصفات الوراثية من خلية الى اخرى، نتيجة الانقسام وبدون تغيير.

2. يعمل الانقسام الخيطي على ابقاء حجم الخلية ضمن حدوده المعقولة والطبيعية.
3. تتشابه الخلايا الناتجة من الانقسام الخيطي مع الخلايا المنقسمة من حيث الشكل والوظيفة، وهذا ما يساعد في عملية التجدد (الاخلاف) regeneration او الترميم repair.
4. يساعد الانقسام الخيطي في عملية نمو growth الاعضاء وتكوينها.
5. تتكاثر كائنات عديدة تكاثراً لا جنسياً asexual reproduction بواسطة الانقسام الخيطي.
6. يساعد هذا الانقسام على زيادة عدد الخلايا الجنسية التي تعاني في البداية انقساماً خيطياً لزيادة عددها. ثم تمر بعد ذلك بمراحل الانقسام الاختزالي meiosis.

الانقسام الاختزالي او الميوز Reduction Division or Meiosis

يحدث الانقسام الاختزالي في الخلايا الجنسية sex cells الموجودة في الغدد التناسلية (خصى testes ومبايض ovaries) عادة، وينتج عن هذا الانقسام خلايا حاوية على نصف العدد الأصلي من الصبغيات. وهكذا، فعندما تلتقي خليتان (ذكرية وانثوية) منها، وتتحدان يعود العدد الأصلي للصبغيات في الخلية المتكونة، تتكون الامشاج gametes والحيامن sperms والبيوض ova (eggs) عن طريق هذا الطراز من الانقسام الخلوي. لذا يعرف ايضا بالانقسام مكون الامشاج gametogenic division.

كان بندن Van Benden (1883) أول من لاحظ ان الامشاج في دودة الاسكارس Ascaris تحوي نصف العدد الاصلي من الصبغيات الموجودة في الخلايا الجسمية الاخرى. وقد صاغ بعد ذلك كل من فارمر ومور J.B Farmer & J.E. Morre (1905) المصطلح meiosis الذي يعني الانقسام الاختزالي (المصطلح اغريقي الاصل ومشتق من meloum ويعني يختزل).

رغم عدم معرفة الاسباب الحقيقية المؤدية الى انقسام الخلية ثنائية المجموعة الكروموسومية diploid cell (اي ذات العدد الكامل من الصبغيات) انقساماً اختزاليا meiosis لتكوين خليتين احاديتي المجموعة الصبغية Two haploid cell (اي تحوي كل منهما نصف العدد الاصلي من الصبغيات الموجودة في الخلية المنقسمة) الا انه قد وجد ان هورمون الانسلاخ ecdysome الموجود في الحشرات يحفز هذا الانقسام في بعض الابتدائيات. كما ان زيادة نسبة مادة الـDNA الى الـRNA هي الاخرى احدى العوامل المحفزة للانقسام الاختزالي.

تتضمن عملية الانقسام الاختزالي – خلاف ما يحدث في الانقسام الخيطي – انقسامين خلويين متعاقبين، الاول منها اختزالي، ويؤدي الى تكوين خليتين احاديتي المجموعة الصبغية، حيث يختزل عدد الصبغيات الاصلي الى النصف في الخلايا الناتجة من الانقسام، في حين يشبه الانقسام الثاني الانقسام الخيطي mitosis، فتنقسم كل خلية احادية المجموعة الصبغية الى خليتين من هذا النوع. وهكذا، فان خلية واحدة ثنائية المجموعة الصبغية تكون اربع خلايا احادية المجموعة الصبغية عندما تمر بالانقسام الاختزالي، وبما ان الانقسام الاختزالي يتضمن انقسامين رئيسيين (الشكل 19) لذا يرمز للأول بالرقم I والثاني بالرقم II لسهولة التمييز بين مراحلهما.

الانقسام الاختزالي الأول First Meiotic Division

ويتضمن هذا الانقسام المراحل او الاطوار الآتية:-

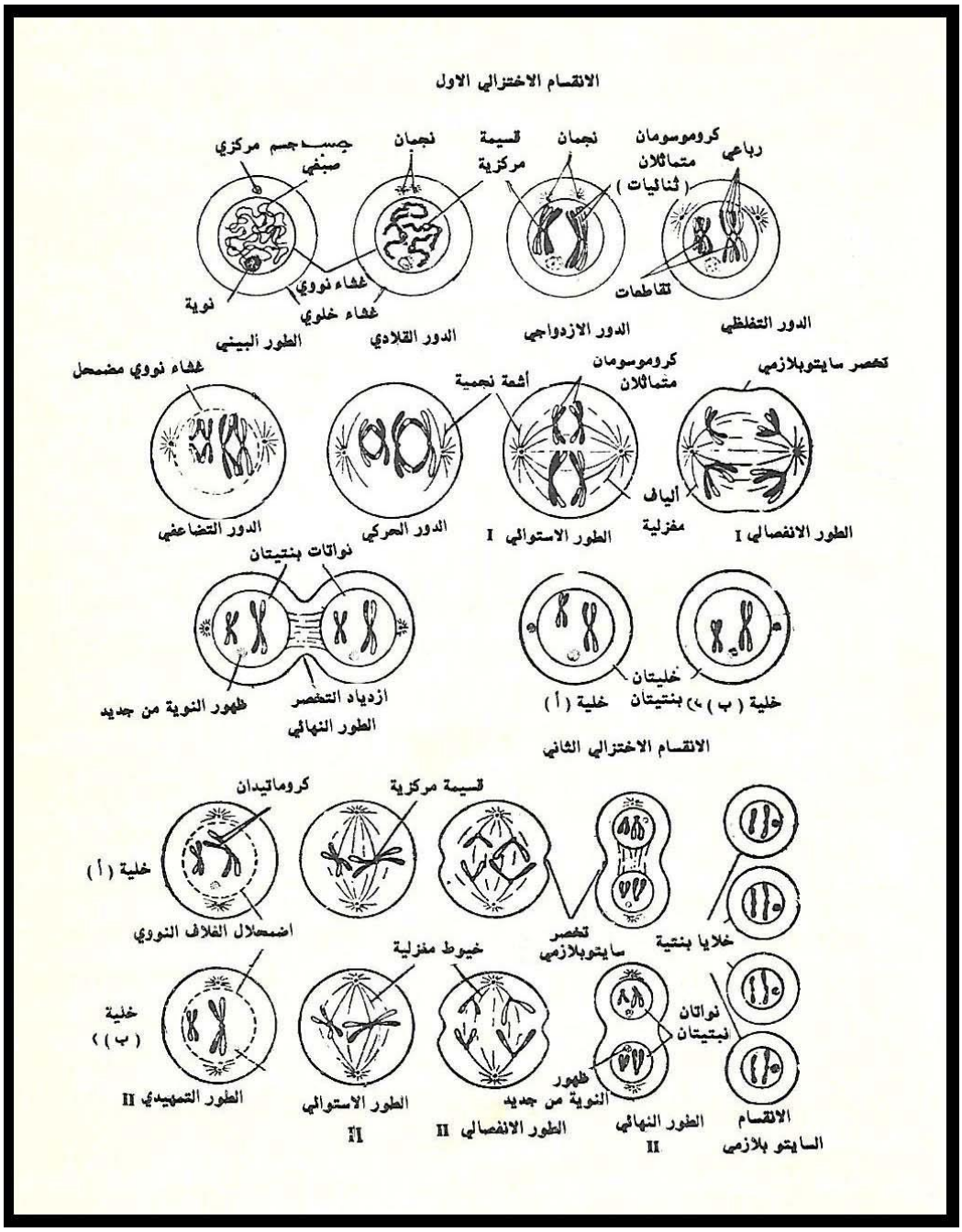
1- الطور التمهيدي I (Prophase I): ويعد اطول طور في الانقسام الاختزالي، وتتضاعف فيه كمية الـDNA، ويتألف من عدة أدوار او اطول ثانوية Substages مستمرة، وهي:-

أ- الدور القلادي (الخيطي) Leptotene: يزداد انفكاك اللفات المحكمة للصبغيات، وعليه تبدو خيطية نحيفة (نحيف: leptos). كما يتكون مريكزان centrioles نتيجة انقسام المريكز، ويتحرك كل منهما باتجاه احد قطبي الخلية. يتألف كل كروموسوم من كروماتيدين شقيقين، الا اننا لا نستطيع رؤيتهما تحت المجهر الضوئي في هذا الدور. تعاني الصبغيات نمطاً معيناً من الاتجاه والتقاطب نحو المريكزين، ويدعى هذا الترتيب الخاص بالباقة bouquet. وتمتاز الكروموسومات بانها تظهر مناطق تتخذ شكلاً خرزيا على امتدادها، وهكذا تشبه القلادة، لذا يدعى هذا الدور بالدور القلادي، وتدعى هذه المناطق بالأجزاء (القسيمات) الصبغية Chromomeres، وهي تمثل في الحقيقة المناطق الملتفة من الكروموسومات باحكام شديد.

ب- الدور الازدواجي Zygotene: وتستمر الصبغيات بالقصر والتثخن، كما ان الصبغيات المتماثلة homologous chromosomes تنجذب نحو بعضها وتزودج. يتألف كل زوج من الصبغيات المتماثلة من صبغيين، احدهما آت من الاب، والآخر من الام، يتشابه الصبغيان المتماثلان من حيث الطول، ومواقع الاجزاء (القسيمات) المركزية، والجينات او المورثات genes. تدعى عملية ازدواج الصبغيات المتماثلة بالاقتران الصبغي chromosomal synapsis، وتتم بطرق ثلاث، وهي:-

1- الاقتران قبل النهائي Proterminal synapsis: وتبدأ عملية ازدواج الصبغيين المتماثلين من نهايتيهما، وتستمر باتجاه اجزائهما (قسيماتهما) المركزية.

2- الاقتران قبل المركزي Procentric synspsis: ويبدأ الازدواج من الاجزاء المركزية للصبغيين المتماثلين، ويتجه نحو النهايتين، اي عكس الحالة الأولى.



الشكل (19) الانقسام الاختزالي.

3- الاقتران العشوائي Random synapsis: ويحدث الاقتران او الازدواج بين الصبغيين المتماثلين في عدة نقاط مختلفة.

يدعى الصبغيان المتماثلان المزدوجان بالثنائي bivalent، اما الكروماتيدات الأربعة المكونة لهما فتسمى الرباعي tetrad.

ج- الدور التغلظي Pachytene: تقصر الصبغيات، وتزداد سمكاً، ويكتمل الاقتران، وتبدو الرباعيات Tetrads واضحة (تحت المجهر الضوئي) في منتصف هذا الدور. وفي هذا الدور يرتبط احد الكروماتيدين من كل صبغي متماثل مع كروماتيد اخر من الصبغي المتماثل المزدوج معه في نقطة واحدة او اكثر، وتدعى هذه النقاط بالتصالبات chiasmata. يتم تبادل القطع

الكروماتيدية غير الشقيقة المتصالبة (اي عند كل تصالب chiasma بين الكروماتيدين غير الشقيقين لكل رباعي، وتسمى هذه العملية التعابر او العبور Crossing over، وللتعابر أهمية وراثية كبيرة حيث يتم من خلالها تبادل مواقع المورثات او الجينات genes بين الصبغيين المتماثلين المزدوجين.

د- الدور التضاعفي (التنافري) Diplotene: وفيما تزداد الصبغيات سمكا وقصراً، ويبدأ كل صبغيين متماثلين مزدوجين بالتنافر والابتعاد عن بعضهما. وهكذا ينفصل الصبيان المتماثلان عن بعضهما، ولكن لا يكون الانفصال كاملاً نتيجة لوجود نقاط التعابر.

هـ- الدور الحركي Diakinesis: تزداد الصبغيات سمكاً وقصراً، ويضمحل الغشاء النووي والنوية، ويصل كل مريكز الى احد قطبي الخلية المنقسمة. ويحاط باشعة نجمية، يزداد كل صبغيين متماثلين مزدوجين ابتعاداً وتنافراً، وهذا ما يؤدي الى حركة نقاط التصالب نحو نهايات الصبغيات، كما يؤدي ايضاً الى اختزال عدد التصالبات بالتدريج نتيجة لعملية الانهاء terminalization التي تستمر في هذا الدور الذي يعتبر آخر دور من الطور التمهيدي الأول.

2- الطور الاستوائي I (Metaphase I): تتحرك ازواج الصبغيات (الثنائيات، او الرباعيات) نحو مستوى الصفيحة الاستوائية للمغزل بحيث يقع المركز الحركي kinetochore (الجزء المركزي) لكل ثنائي على احد جانبيه، وعلى مسافة متساوية من خط الاستواء، ويرتبط كل جزء مركزي بليف مغزلي صبغي مرتبط باحد القطبين.

3- الطور الانفصالي I (Anaphase I): تنفصل الثنائيات (الرباعيات) الى مجموعتين ثنائيتين، وتتألف كل منها من صبغي متماثل واحد مكون من كروماتيدين مرتبطين ببعضهما بعضا من منطقة الجزء المركزي، وتتجه كل مجموعة ثنائية نحو احد قطبي الخلية حيث تقوم خيوط (الياف) المغزل بسحبها، فتنزلق التصالبات من نهايات الكروماتيدات، وهكذا ينفصل كل صبغيين متماثلين.

4- الطور النهائي I (Telophase I): عند وصول الصبغيات الى قطبي الخلية تحاط كل مجموعة والتي تتألف من نصف العدد الأصلي من الصبغيات الموجودة في الخلية المنقسمة (مجموعة احادية haploid set). بغلاف نووي، ثم تظهر النوية من جديد، كما ان الصبغيات تتخذ تدريجياً خصائص الطور البيني (تفقد سمكها وقصرها). ويكون الطور البيني قصير الأمد.

ويعقب الانقسام النووي الانقسام السايتوبلازمي، فتتكون بذلك خليتين بنتيتين تحوي كل منهما نصف العدد الاصلي من الصبغيات الموجودة في الخلية المنقسمة.

ثم لا يلبث ان تمر كل من هاتين الخليتين في الانقسام الثاني الذي هو عبارة عن انقسام خيطي mitosis ذي مراحل مشابهة لتلك الموجودة في الانقسام الخيطي الاعتيادي، وهذه المراحل هي:-

1- الطور التمهيدي II (Prophase II): وهنا ينقسم المريكز مكوناً مريكزين، ويهاجر كل منهما نحو احد قطبي الخلية، يبدأ تكوين الخيوط المغزلية، ومن الجدير بالذكر انها (الخيوط المغزلية) تكون عمودية على اتجاه الخيوط المغزلية في الانقسام الأول. كما يبدأ الغلاف النووي بالاضمحلال، وتفعل النوية الشيء ذاته، ويتألف كل صبغي في هذا الطور من كروماتيدين مرتبطين ببعضهما بواسطة الجزء المركزي (القسيمة المركزية).

2- الطور الاستوائي II (Metaphase II): تتحرك مجموعة الصبغيات الاحادية لتأخذ موقعها الجديد في الصفيحة الاستوائية، ترتبط خيوط المغزل بالاجزاء المركزية لهذه الصبغيات

التي يتألف كل منها من كروماتيدين. وعليه، يمكن تمييز الطور الاستوائي I عن II بسهولة حيث تكون الصبغيات الطور الاستوائي مرتبة بشكل حزم من أربعة كروماتيدات (بسبب وجود صبغيين متماثلين في كل حزمة). في حين تترتب الكروماتيدات في حزم من كروماتيدين (بسبب وجود صبغيات احادية) في الطور الاستوائي II.

3- الطور الانفصالي II (Anaphase II): ينقسم الجزء المركزي في كل صبغي، ثم يبدأ كل من الكروماتيدين في الصبغي الواحد بالابتعاد عن الآخر متجهاً نحو احد القطبين بمساعدة خيوط المغزل التي تسحبه.

4- الطور النهائي II (Telophase II): تمثل الكروماتيدات المنفصلة عن بعضها صبغيات مستقلة، وتتجمع عن قطبي الخلية المنقسمة، يتكون الغلاف النووي حول كل مجموعة من الصبغيات التي تتحول تدريجياً الى خيوط نحيفة، كما تظهر النوية ايضا ضمن الغلاف النووي. ثم يعقب ذلك انقسام السايتوبلازم فتتكون خليتان من كل من الخليتين البنتيتين الناتجتين من الانقسام الاختزالي الأول. وعليه يكون المجموع النهائي اربع خلايا ذات مجموعات صبغية احادية (في الانسان تتكون من 23 صبغياً)، ففي الانسان، تتحول جميع الخلايا الناتجة في الخصية testis (الذكور) الى حيامن. بينما في المبيض ovary (الاناث)، ستتحول خلية واحدة فقط من الخلايا الاربع الى بيضة ovum فعالة، اما الخلايا الثلاث الباقية فتتحول الى اجسام قطبية Polar bodies تضمحل فيما بعد.

اهمية الانقسام الاختزالي Significance of Meiosis

1. يؤدي الانقسام الاختزالي الى تكوين خلايا جنسية احادية المجموعة الصبغية (تحوي نصف العدد الأصلي من الصبغيات)، اذ يعود بعد عملية الاخصاب العدد الأصلي من الصبغيات، وهكذا يبقى العدد ثابتا في النوع species الواحد.
2. تؤدي عملية التعابر الى تكوين صبغيات جديدة مختلفة عن الأولى، وعليه تظهر صفات جديدة في الافراد الناتجة من اتحاد خلايا جنسية حاوية على مثل هذه الصبغيات.

جامعة الموصل كلية الزراعة والغابات قسم وقاية النبات
المرحلة الاولى المادة حيوان عام نظري د. عبدالجبار خليل ابراهيم
المحاضرة الخامسة

الأنسجة الحيوانية
Animal Tissues

ان اجسام الحيوانات العديدة الخلايا تتركب من عدة انواع من الخلايا، فالخلايا المتشابهة في التركيب والوظيفة تترتب في مجاميع او طبقات وتعرف بالأنسجة tissues، ولهذا فان الحيوانات العديدة الخلايا (التوالي Metazoa) هي عبارة عن حيوانات نسيجية اي انها تتكون من انسجة. ففي كل نسيج تكون الخلايا متشابهة لحد ما ولها حجوم واشكال مميزة وتوزيع معين وتتخصص او تتمايز تركيبياً ووظيفياً لتقوم بوظيفة معينة كالحماية protection او الهضم digestion او التقلص contraction ... الخ.

علم الأنسجة Histology او التشريح المجهري هو دراسة تركيب وترتيب الأنسجة في الاعضاء organs بينما يختص التشريح الشامل gross anatomy dissection. وعلى العموم فان الخلايا في حيوانات عديدة الخلايا يمكن ان تتميز الى مجموعتين رئيسيتين:-

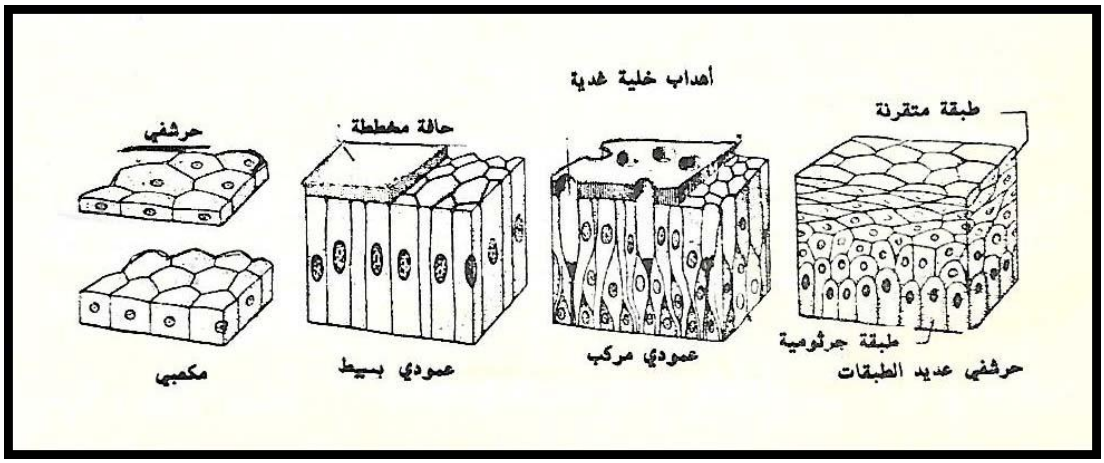
أولاً: خلايا جسمية (Somatic cells (or body cells التي تكون مع افرازاتها الفرد الحيواني.

ثانياً: الخلايا الجرثومية germ cells التي تختص فقط في التكاثر واستمرارية النوع continuance of species. والانسجة الجسمية يمكن ان تقسم بدورها الى المجاميع الأربعة التالية:-

1. الأنسجة الطلائية او الغطائية Epithelial or Covering Tissues
2. الأنسجة الرابطة او الساندة Connective or Supporting Tissues
3. الأنسجة العضلية او المتقلصة Muscular or Contractile Tissues
4. الأنسجة العصبية Nervous Tissues

الأنسجة الطلائية Epithelial Tissues (الشكل 20)

ان هذه الأنسجة تغطي الجسم خارجياً كما في الجلد او تبطن التجاويف الداخلية كما في بطانة القناة الهضمية يمكن ان تشقق هذه الأنسجة جنينياً، من الطبقات الجرثومية الثلاث، كما انها غالبا ما ترتكز على غشاء رقيق يدعى بالغشاء القاعدي basement membrane الذي يكون سمكه حوالي 500 انكستروم وهو يتكون اساسا من مادة بينية مركزة شبه جيلاتينية تدعى بالسكريات المتعددة المخاطية mucopoly saccharides والتي تستطيع المواد الغذائية النفاذ خلالها. ان النسيج الطلائي غالبا ما يفتقر او يخلو من الأوعية الدوية ويحصل على الغذاء والاوكسجين من السائل اللمفي الموجود في الانسجة التي تقع تحته كما تخلو الانسجة الطلائية من الاعصاب وقد تأتي بعضها من الأنسجة الأخرى مخترقة الغشاء القاعدي. هذا وان الخلايا الطلائية يمكن ان تكون على الأشكال التالية:-



الشكل (20) أنواع الأنسجة الطلائية.

1. خلايا حرشفية Squamous Cells
2. خلايا مكعبة Cuboidal Cells
3. خلايا عمودية Columnar Cells
4. خلايا مهدبة Ciliated Cells
5. خلايا مسوطة Flagellated Cells

اما من ناحية ترتيب الخلايا فان الأنسجة الطلائية قد تكون بسيطة simple اي تتكون من طبقة واحدة او قد تكون مركبة compound اي مكونة من عدة طبقات stratified. عند الاعتماد على شكل وترتيب الخلايا يمكن ان تقسم الأنسجة الطلائية الى ما يأتي:-

أولاً: الأنسجة الطلائية البسيطة وتشمل:

النسيج الطلائي الحرشفي البسيط Simple Squamous Epithelium

تكون الخلايا مسطحة وحرشفية متعددة الأضلاع منتفخة عند مركزها حيث توجد النواة وتمتاز هذه الخلايا بكونها متراصة مع بعضها البعض وتبدو عند النظر اليها بهيئة البلاط المرتب على الأرض ويوجد هذا النوع من النسيج في غشاء البريتون peritoneum الذي يبطن تجويف الجسم وكذلك يوجد في بطانة الأوعية الدموية في الفقريات حيث يسمى بالنسيج الطلائي الداخلي endothelium.

النسيج الطلائي المكعب Cuboidal Epithelium

تكون خلايا هذا النسيج مكعبة الشكل وتحتل النواة الكبيرة موقعاً مركزياً في الخلية (يوجد هذا النوع من الخلايا في الغدد اللعابية والنبيبات الكلوية والغدد الدرقية). ان هذه الخلايا المكعبة قد تحتوي على زوائد بروتوبلازمية بشكل شعيرات دقيقة تدعى بالاهداب cilia التي تضرب في اتجاه واحد مكونة تياراً من الحركة. يدعى هذا النسيج بالنسيج الطلائي المكعب

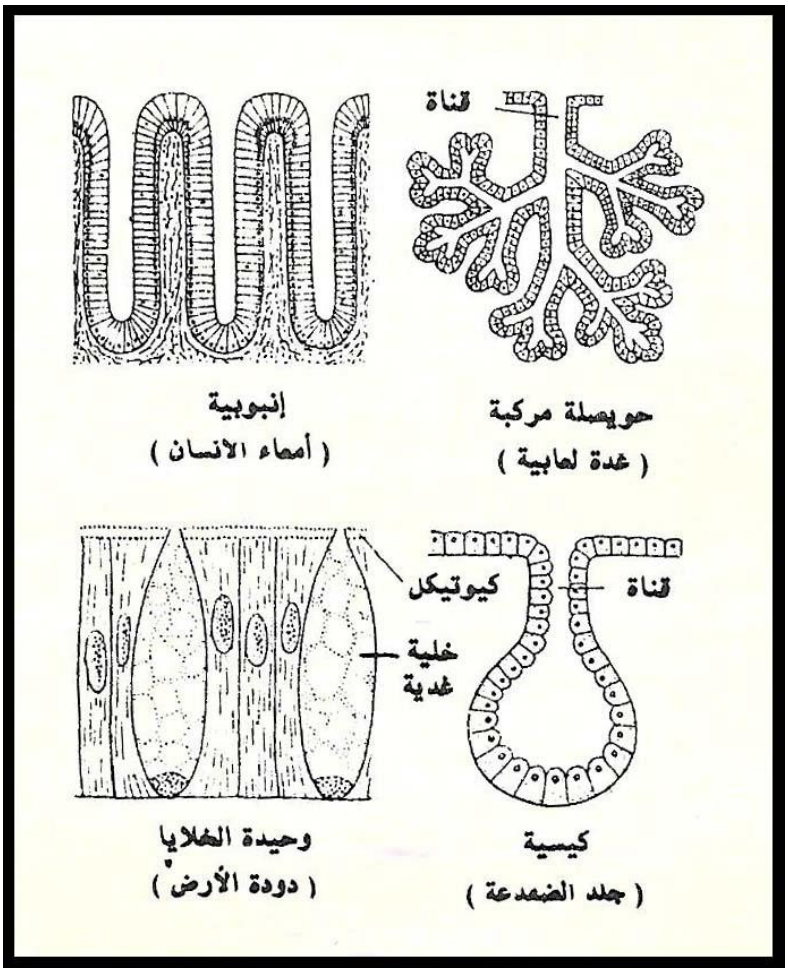
المهدب cuboidal ciliated epithelium ويوجد في بطانة القنوات المنوية في ديدان الأرض وباقي الحيوانات.

النسيج الطلائي العمودي Columnar Epithelium

تكون الخلايا طويلة اي ان طولها اكثر من عرضها وذات نوى بيضوية الشكل وتقع قرب قواعد الخلايا كما تكون هذه الخلايا متراصة بجوانبها الطويلة. يوجد هذا النوع من الخلايا في بطانة المعدة والأمعاء في الفقريات. كما يمكن ان تكون الخلايا العمودية مهدبة فيدعى النسيج عندئذ بالنسيج الطلائي العمودي المهدب Columnar ciliated epithelium كما في بطانة امعاء ديدان الأرض وفي القصبات الهوائية في الفقريات الأرضية وقناة البيض وفي القناة المركزية للحبل العصبي.

النسيج الطلائي الغدي Glandulay Epithelium (الشكل 21)

ان هذا النوع من النسيج يتخصص لافراز مواد تكون ضرورية للحيوان مثل الخلايا الكأسية goblet cells التي تفرز مادة المخاط mucus كما هو الحال في جلد دودة الأرض او في بطانة أمعاء الفقريات.



الشكل (21) أنواع الأنسجة الغدية.

النسيج الطلائي الطبقي الكاذب Pseudostratified Epithelium

يمتاز هذا النسيج بوجود ثلاثة أنواع رئيسية من الخلايا وهي الخلايا الطلائية والعمودية columnar cells المهدبة وغير المهدبة المغزلية fusifosm cells والخلايا القاعدية Basal cells. ترتكز جميع هذه الخلايا على الغشاء القاعدي، الا ان الخلايا القاعدية والمغزلية تكون قصيرة لا تصل الى السطح الحر من النسيج. هذا ما يعطي النسيج مظهراً طبقياً كاذباً، كما يوجد احياناً نوعا رابع من الخلايا هي الخلايا الكاسية منتشرة بين الخلايا الأخرى. تكون هذه الخلايا المادة المخاطية mucus. يوجد النوع المهدب من هذا النسيج في بطانة الرغامي trachea وغير المهدب في بطانة القنوات المنوية الرئيسية والقنوات الكبيرة للغدد اللعابية.

ثانياً: النسيج الطلائي الطبقي Stratified Epithelium

يشمل الأنواع التالية:-

النسيج الطلائي الحرشفي الطبقي Stratified Squamous Epithelium

يتكون هذا النسيج من طبقة من خلايا عمودية او مكعبة تقع على الغشاء القاعدي وتدعى هذه الطبقة بطبقة مالبيجي او الطبقة المولدة germinative layer، ثم تلبيها نحو الخارج عدة طبقات من خلايا مضلعة تتسطح كلما اقتربت من السطح الخارجي للنسيج. اما السطح الخارجي للنسيج فيتألف من خلايا حرشفية رقيقة ومسطحة قد تبقى محتفظة بنواها وعندئذ يعرف هذا النسيج بالنسيج الطلائي الطبقي غير المتقرن كما في بطانة الفم او المريء. اما اذا فقدت الخلايا السطحية نواها واصبحت ميتة ومتقرنة فعندئذ يعرف هذا النسيج بالنسيج الطلائي الطبقي المتقرن كما في جلد اللبائن (الشكل 20).

النسيج المكعبي الطبقي Stratified Cuboidal Epithelium

يتكون هذا النسيج من صفين او اكثر من الخلايا المكعبة كما هو الحال في قنوات الغدد العرقية sweet glands كما في الإنسان البالغ.

النسيج الطلائي العمودي الطبقي Stratified Columnar Epithelium

يتكون هذا النسيج من عدة طبقات من الخلايا، الخارجية منها تكون خلاياها عمودية كما ان خلايا الطبقة القاعدية (المولدة) تكون ايضا عمودية، اما طبقات الخلايا الواقعة بين هاتين الطبقتين فانها تكون عديدة الاضلاع، يوجد هذا النسيج في بطانة احليل الذكر.

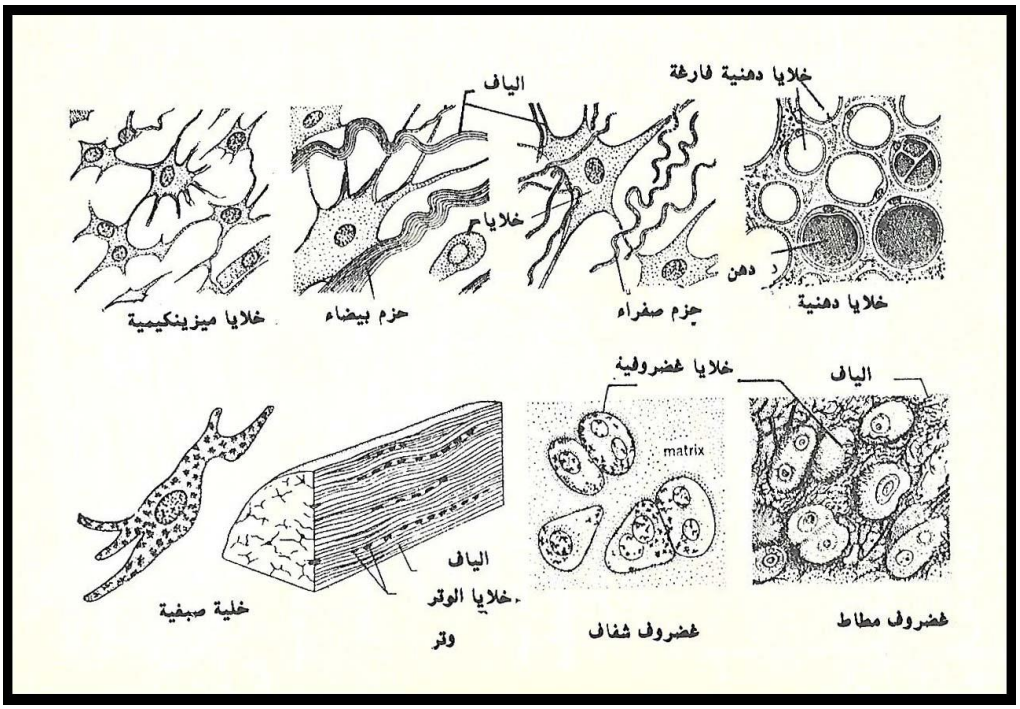
النسيج الطلائي الانتقالي Transitional Epithelium

ان خلايا الطبقة السطحية لهذا النسيج تكون محدبة وكبيرة الحجم، اما خلايا الطبقات الوسطية فتكون كمثرية الشكل واصغر من الطبقة السطحية. يوجد هذا النوع من النسيج في المثانة البولية والحالبين اذ انه عندما تتمدد هذه الاعضاء نتيجة لوجود كمية كبيرة من البول تتمدد خلايا هذا النسيج مكونة شكلاً مسطحاً اي ما يشبه النسيج الطلائي الطبقي الحرشفي، كما ويقل عدد طبقات الخلايا المكونة لهذا النسيج نتيجة لتداخل الخلايا مع بعضها.

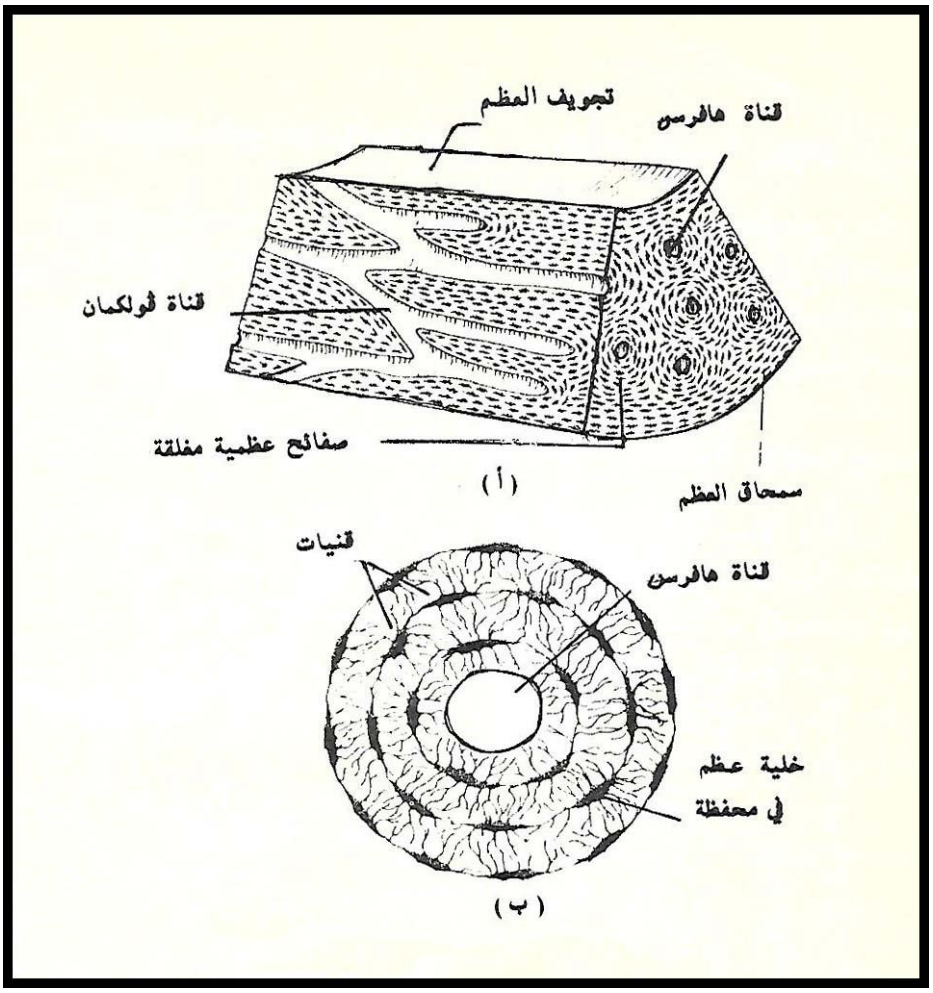
الأنسجة الرابطة او الساندة Connective or Supportive Tissues

(الاشكال 22 و23)

يربط هذا النسيج الأنسجة الأخرى فيما بينها وذلك لدعم الجسم ويمتاز بغزارة مادته البينية ground substance واحتوائه على الاوعية الدموية والاعصاب. تشتق هذه الأنسجة من الخلايا الميزنكية الجنينية embryonic mesenchymal cells التي تكون لها زوائد بروتوبلازمية وتصبح هذه الأنسجة بعد فترة من النمو مختلفة في الشكل حيث ان بعضا منها تنتج أليافا والبعض الآخر تنتج مواد ما بين الخلايا intercellular substances. ان هذه الالياف قد تكون بيضاء white fibers او صفراء Yellow fibers او شبكية Reticular fibers. فالألياف البيضاء تكون رفيعة ومتوازية مع بعضها في حزم متموجة في مظهرها العام وهذه الحزم تتعابر او تتقاطع مع بعضها ولكنها لا تتفرع. وهي تتحلل في الغليان لتكون مادة الجيلاتين. اما الألياف الصفراء او المطاطية elastic fiber فتكون مستقيمة وواضحة المعالم وقد تلتوي او تتفرع وهي تربط ما بين الجلد والعضلات، وهي لا تحلل عند الغليان. الألياف الشبكية عبارة عن ألياف رقيقة متفرعة وغالباً ما تكون شبكة عند التقائها مع بعضها البعض اي لا تكون حزم كالألياف البيضاء. وهي ألياف لا يمكن رؤيتها بسهولة لعدم قابليتها على الاصطباغ بالصبغات المختبرية العادية.



الشكل (22) أنواع الأنسجة الرابطة.



الشكل (23) تركيب العظم. أ- جزء من عظم يبين مقطعاً طولياً واخر مستعرضا. ب- نظام هافرسي.

تشمل الأنسجة الرابطة (الجدول 1):

أولاً: الأنسجة الرابطة الأصيلة Connective Tissue Proper

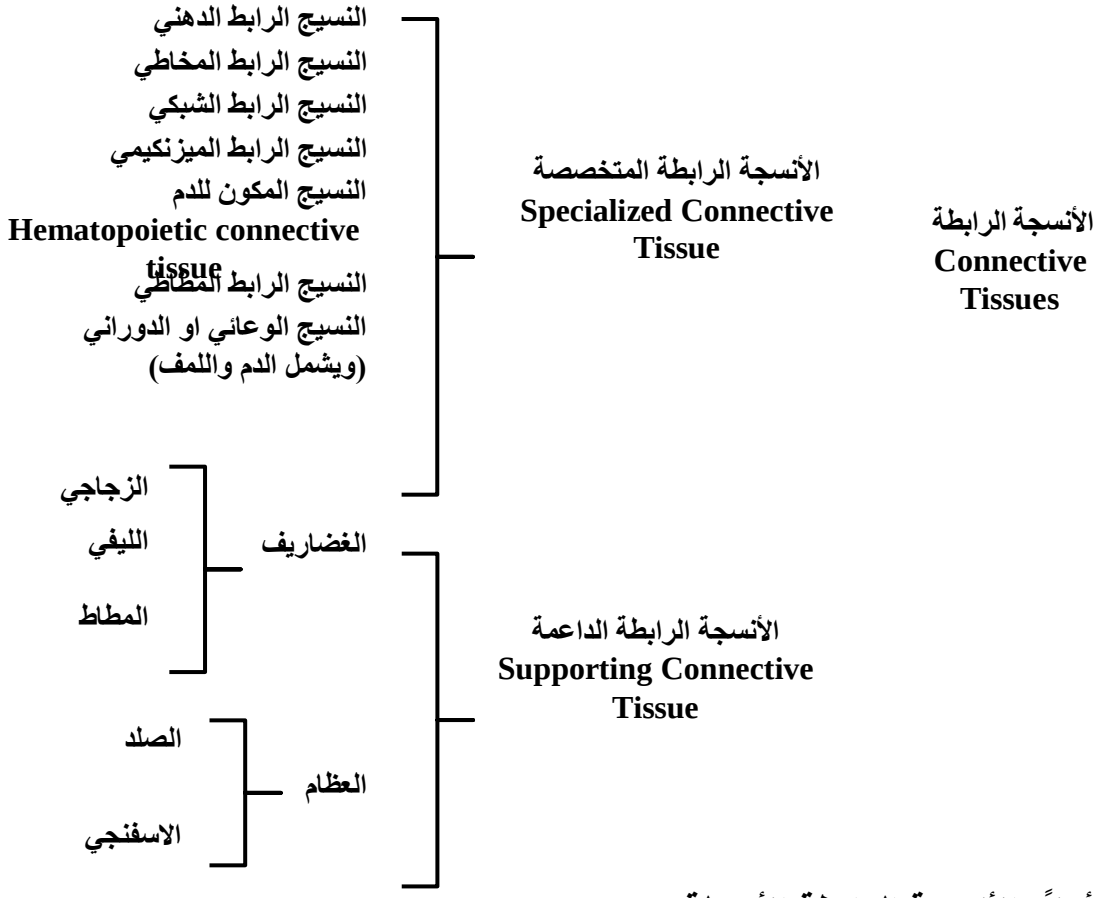
ثانياً: الأنسجة الرابطة المتخصصة Specialized Connective Tissues

ثالثاً: الأنسجة الرابطة الداعمة Supporting Connective Tissues

جدول (1) يبين أهم أنواع الأنسجة الرابطة.

- **الأنسجة الرابطة الأصيلة Connective Tissue Proper**
  - **النسيج الرابط الخلالي (المفكك) Areolar Connective Tissue**
  - **النسيج الرابط الكثيف Dense Connective Tissue**
    - **المنتظم**

غير المنتظم



أولاً: الأنسجة الرابطة الأصيلة Connective Tissue Proper

وتشمل بدورها الأنواع التالية:-

النسيج الرابط الخلالي .Areolar (loose) C.T

يوجد هذا النسيج في مناطق تحت الجلد ويحتوي على نوعين من الالياف البيضاء والصفراء وعلى عدة أنواع من الخلايا ومنها:-

1- الارومات الليفية Fibroblasts: عبارة عن خلايا ذات بروزات بروتوبلازمية وهي مسؤولة عن تكوين الالياف.

2- الخلايا الملتهمة الكبيرة Macrophage: وهي خلايا ذات شكل أميبي وتقوم بالتهام الأجسام الغريبة.

3- الخلايا البدينة Mast cells: وهي خلايا بيضوية الشكل يمتاز سايتوبلازمها باحتوائه على حبيبات خاصة محبة للاصباغ القاعدية تقوم هذه الخلايا بتكوين مادة الهيبارين التي تمنع تخثر الدم. وكذلك تقوم بتكوين مادة الستامين histamine التي تقوم بتوسيع الاوعية الدموية، والسيروتيئين serotonin التي تقلصها.

4- الخلايا الدهنية Fat cells: خلايا كروية الشكل يتخذ منها السايتوبلازم شكلاً حلقيا في حين تحتل القطيرات الدهنية التجويف المركزي للخلية رائحة نواتها في طرف من السايتوبلازم.

5- الخلايا البلازمية Plasma cells: خلايا صغيرة الحجم كروية الشكل تتميز بنواتها التي تترتب فيها المادة الكروماتينية بشكل شعاعي على هيئة عجلة العربة وتقوم هذه الخلايا بتكوين الأجسام المضادة.

6- الخلايا الميزنكيمية Messnchymal cells: تشابه هذه الخلايا الاورمات الليفية الا انها اصغر حجماً منها، وتوجد بكثرة في الادوار الجنينية.

النسيج الرابط الكثيف.Dense C.T

يتكون هذا النسيج من عدد كبير من الالياف البيضاء او الصفراء (المتضمنة التوزيع او غير المتضمنة) حسب نوع النسيج ومن الاورمات الليفية المكونة لها. يمكن ملاحظة النوع المنتظم في الوتر tendon الذي يحتوي على عدد كبير من الالياف البيضاء والاورمات الليفية. يقوم الوتر بربط العضلات مع العظام. وكذلك يوجد هذا النسيج في الحبال الصوتية vocal cords. اما النوع غير المنتظم فيحتوي كثيراً على الالياف الصفراء مرتبة بشكل اشرطة ويوجد في الفراغات التي بينها قلة من الالياف البيضاء كما في ادمة dermis جلد اللبائن.

ثانياً: الانسجة الرابطة المتخصصة Specialized Connective Tissue

ويمكن ان تقسم الى الأنواع التالية:

النسيج الرابط الدهني.Adipose C.T

يتكون النسيج من كتل من الخلايا الدهنية كما سبق ان وصفت وهناك قليلاً من الالياف الشبكية التي تحيطها. هذا ويوجد مع النسيج الدهني بعض الاورمات الليفية والخلايا البدينة واوعية دموية شعرية. يوجد هذا النسيج في منطقة تحت الجلد في اللبائن او في مناطق تجمع الدهن في الاغنام او في الاجسام الدهنية للضفادع.

النسيج الرابط المخاطي .Mucoid C.T

يتكون هذا النسيج من مادة هلامية تنطمر فيها الاورمات الليفية وقليلا من الالياف البيضاء – يوجد هذا النسيج في الحيوانات غير البالغة كما في الحبل السري الذي يربط الجنين بالأم.

النسيج الرابط الشبكي .Reticular C.T

يتكون من خلايا شبكية نجمية الشكل ومن الياف شبكية مطمورة في مادة بينية سائلة. يوجد هذا النوع في الانسجة اللمفاوية كالعقدة اللمفية Lymph node والطحال.

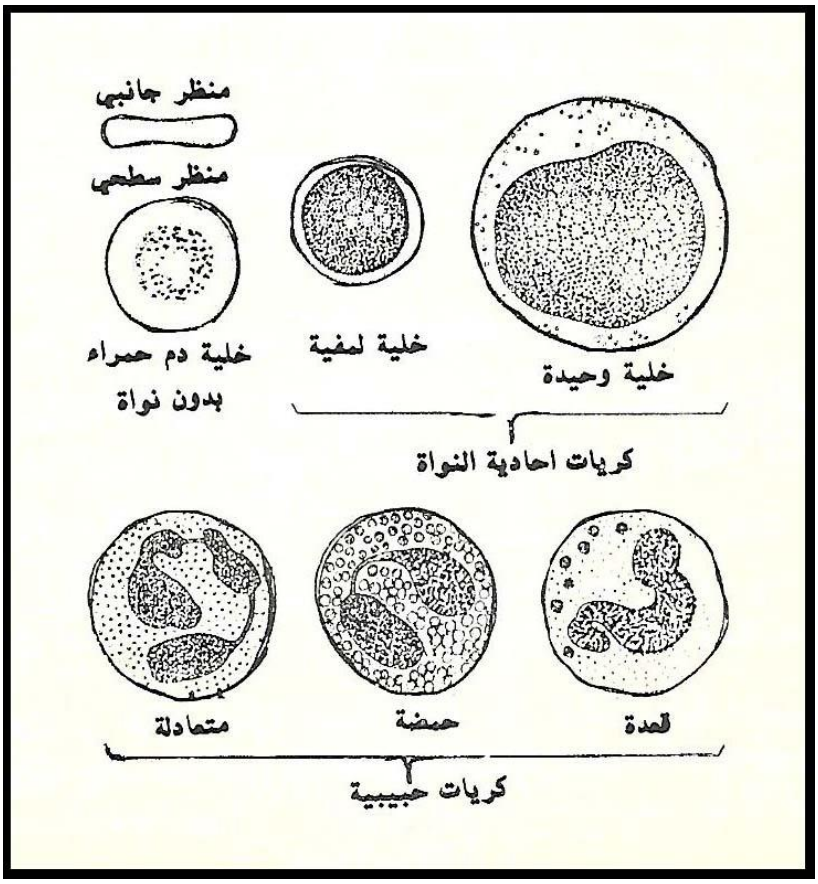
النسيج الرابط الميزنكيمي .Mesenchymal C.T

يتكون بصورة رئيسة من مادة بينية سائلة تنغمر فيها الخلايا الميزنكيمية. يوجد هذا النوع من النسيج في اجنة الحيوانات حيث تتحول فيها بعد الى انسجة رابطة متخصصة.

الأنسجة الوعائية والدورانية Vascular or Circulatory Tissues

يقوم الدم blood واللمف lymph بنقل وتوزيع مختلف المواد في الجسم ويتكون الدم من سائل البلازما plasma الذي يحتوي على خلايا سائبة او كريات corpuscles (الشكل 24) وقد تكون كريات دم بيضاء white blood corpuscles (leucpcytes) وهي توجد في جميع الحيوانات مع سوائل الجسم. تقوم بعض الكريات البيضاء بالدفاع عن الجسم عن طريق ابتلاعها

البكتريا والمواد الغريبة ولهذا تدعى بالخلايا البلعمية phacocytes. وكذلك ان بعض خلايا الدم البيضاء يمكن ان تتحرك وتغير شكلها ولهذا تسمى بالخلايا الاميبية amoebocytes. وان بعض كريات الدم في الفقريات يمكن ان تمر خلال جدران الاوعية الدموية وتغزو الانسجة الأخرى. الخلايا الأخرى في الدم هي كريات الدم الحمراء Red blood corpuscles (erythrocytes) حيث تكون حمراء اللون بسبب وجود صبغة الهيموكلوبين فيها والتي تفيد في نقل الاوكسجين. تكون خلايا الدم الحمراء في اللبائن بدون نوى non-nucleated ومقعرة الوجهين وتكون دائما قرصية الشكل اما في الفقريات الأخرى فتكون محدبة الوجهين وغالباً ما تكون بيضوية الشكل وتمتلك نوى.



الشكل (24) خلايا الدم في الإنسان.

ثالثاً: الأنسجة الرابطة الداعمة Supporting Connective Tissue

ويتضمن كل من الغضروف Cartilage والعظم Bone.

الغضروف Cartilage (الشكل 22)

يتكون من مادة بينية matrix قوية الا انها مرنة تقوم بتكوينها مجاميع صغيرة من الارومات الغضروفية chondroblasts الدائرية الشكل والتي تستقر في علب او محافظ lacunae في المادة الغضروفية بصورة منفردة او بشكل مجاميع. يوجد في هذه المادة البينية التي تدعى بالمخاطين الغضروفي chondrin انواع مختلفة من الالياف يحيط الغضروف غشاء

ليفي رقيقي يدعى بالسمحاق الغضروفي perichondrium المتكون من نسيج ضام كثيف غير منتظم حاو على الاوعية الدموية التي تقوم بتغذية الغضروف عن طريق الانتشار، ومن انواع الغضروف:

الغضروف الزجاجي او الشفاف Hyaline Cartilage

يكون هذا الغضروف ذو لون مزرق وشفاف ومتجانس التركيب وعليه يوجد في داخله عدد قليل من الالياف البيضاء التي لا يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي. لذا يدعى بالغضروف الشفاف او الزجاجي. يوجد هذا النوع من الغضروف في السطوح المفصلية للاضلاع وفي نهاياتها وكذلك في الانف والحلقات الرغامية tracheal rings. كما يمثل هذا الغضروف الهيكل الساند في جميع اجنة الفقريات وكذلك يوجد كهيكل ساند في الاسماك الغضروفية البالغة كالقروش sharks والشعاع rays.

الغضروف الليفي Fibrous Cartilage

يحتوي هذا الغضروف في مادته على الالياف التي تكون بيضاء فيدعى بالغضروف الليفي الابيض white fibrocartilage ولا يغطي بسمحاق غضروفي. يوجد هذا النوع في الاقراص ما بين الفقرات inter-vertebral discs ومناطق الارتقاء العاني public symphysis.

الغضروف المطاط Elastic Cartilage

تحتوي المادة البينية على الياف صفراء فيدعى بالغضروف المطاط او المرن ويكون مغطى بسمحاق غضروفي كما في صيوان الاذن الخارجية ear pinna وفي انابيب اوستاكي Eustachian tubes.

النسيج المطاطي

العظم او النسيج العظمي Bone or Osseous Tissue

يكون هذا النسيج الهياكل العظمية للأسماك العظمية وجميع الفقريات الأرضية (الشكل 23). ان العظم هو عبارة عن مادة بينية كثيفة متكونة من الكولاجين غالباً مع ترسبات معدنية مثل الفوسفات الثلاثية الكالسيوم tricalcium phosphate $Ca_3(PO_4)_2$ وكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$. الجزء المعدني يمثل 65% من الوزن الكلي للعظم. يتكون العظم اما نتيجة تحور غضروف سابق (كما في العظام الغضروفية) او يتكون جنينياً من الخلايا الميزنكيمية الجنينية (كما في العظام الغشائية membrane bones). هذا مع العلم ان النوعين من العظام يتكونان من الارومات العظمية Osteoblasts. والتي تنفصل عن بعضها في المراحل المتأخرة ولكن تبقى كثيراً من الاتصالات البروتوبلازمية الدقيقة مع بعضها البعض ومع الاوعية الدموية المرافقة. العظم اذن هو نسيج حي قد يعاد امتصاصه حينا او يتغير في تركيبه. ففي خلال حياة الفرد تزداد نسبة وجود المعادن بالتدريج وتقل المواد العضوية بحيث ان العظام تضحى مطاطة او مرنة في مرحلة الشباب وتكون هشة سهلة الكسر في الكبر.

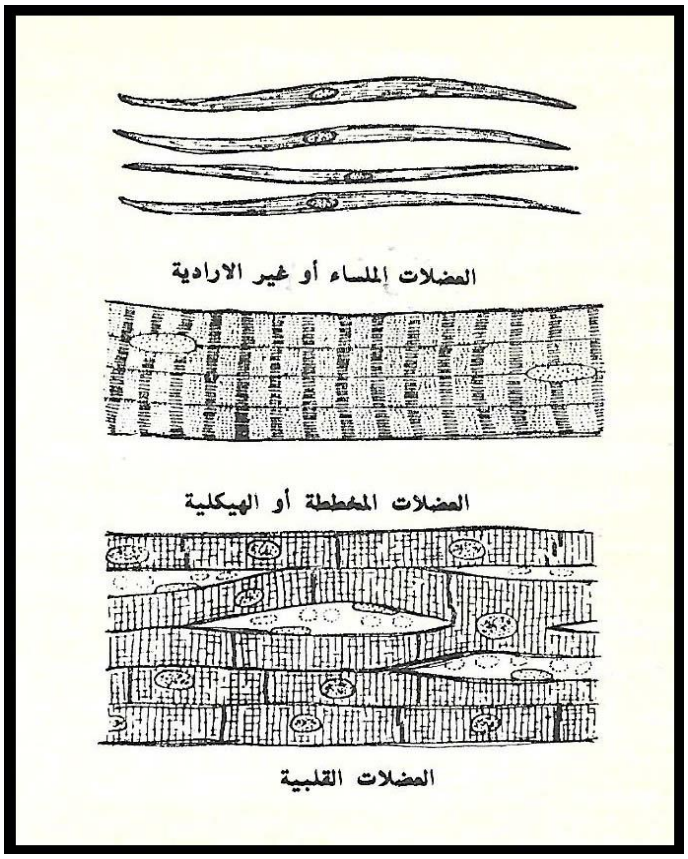
تكون العظام مغطاة (23 أ) بواسطة غشاء ليفي يدعى بسمحاق العظم periosteum والذي تتصل به مجاميع العضلات والاوتار. وفي هذا الغشاء توجد الارومات العظمية Osteoblasts التي تكون مسؤولة عن نمو وترميم العظم. تترسب المواد المعدنية في العظم على

هيئة طبقات رقيقة او صفائح lamellae. ان الطبقات الرقيقة هذه تقع تحت سمحاق العظم وتكون متوازية مع السطح العام للعظم. لكن هناك عدة طبقات انبوبية صغيرة مغلقة concentric lamellae في الداخل وخاصة في العظام الطويلة وعلى شكل اجهزة اسطوانية تدعى بانظمة هافرس Haversion systems. تتكون جدرانها من عدة صفائح تتوسطها قنوات مركزية تدعى بقناة هافرس Haversian canal. وتمتد قنوات هافرست بصورة طولية في العظم ولكن هناك قنوات مستعرضة او مائلة تربط الاقنية الهافرستية وتجويف النقي مع سمحاق العظم. تدعى هذه القنوات المستعرضة بقنوات فولكمان Volkmanns canals والتي هي لمرور الاوعية الدموية والاعصاب من سمحاق العظم الى التجويف النخاعي داخل العظم. اما خلايا العظم الفردية فهي تشمل فسح صغيرة تدعى بالعلب lacunae والتي تقع بين الطبقات وتتصل هذه العلب مع بعضها بواسطة قنيات شعاعية canaliculi تمتد في داخلها الزوائد البروتوبلازمية للخلايا العظمية. في العظام المسطحة كعظام الجمجمة وفي نهايات العظام الطولية، والتي لا تترسب فيها الخلايا العظمية بهيئة انظمة هافرسية. تكون العظام اسفنجية وتحوي تجاويفها على نقي او نخاع احمر red marrow حيث تتكون فيه خلايا الدم. اما التجاويف المركزية في العظام الطويلة فتكون مملوءة بنخاع اسفنجي اصفر اللون يدعى بالنقي الاصفر Yellow marrow.

النسيج العضلي او المتقلص Muscular or Contractile Tissues

ان الحركة في معظم الحيوانات تكون نتيجة فعالية خلايا طويلة ونحيفة تدعى بالخلايا العضلية muscle cells (الشكل 25). تحتوي هذه العضلات على تراكيب خيطية تدعى باللييفات العضلية myofibrils. فعندما تحفز هذه العضلات تقصر في الطول بحيث تسحب الجزء او الاجزاء التي تكون العضلات متصلة بها.

تشتق العضلات على الاغلب من طبقة الاديم المتوسط mesoderm وقليلاً ما تشتق من الاديم الظاهر ectoderm ويمكن ان تقسم العضلات الى ثلاثة أصناف:



الشكل (25) أنواع الخلايا والانسجة العضلية.

العضلات المخططة Striated Muscles (الشكل 25)

ان كتل الياف هذه العضلات تشكل ما يدعى بلحم الحيوان meat وهو ما يكون بلون وردي لغزارة اوعية الدموية. هذا وهناك نوعان من العضلات المخططة هي الحمراء والبيضاء. ترتبط هذه العضلات بالهيكل العظمي ولهذا تدعى العضلات الهيكلية ايضا skeletal muscles وتكون ارادية وهي سريعة التقلص. اليافها تكون اسطوانية قد يصل طولها الى 40 ملم وقطرها 20-90 مايكرون، وتتكون من حزم طولية جدا من خلايا اسطوانية متعددة النوى قد تصل الى حوالي 30 سم تحاط كل عضلة بغشاء رقيق يدعى بالغشاء العضلي sarcolemma وبروتوبلازم كل ليفة يدعى بالساركوبلازم الذي تنطمر فيه الليفات العضلية والتي تكون طولية ومتوازية مع بعضها البعض. ان الياف هذا النوع من العضلات تحتوي على اشرطة عرضية داكنة اللون dark bands متبادلة مع اخرى فاتحة light bands بحيث تنتج في مظهرها تخطيطياً عرضياً. تقصر هذه الاشرطة وتزداد عرضا عند التقلص.

ان الاشرطة الفاتحة تسمى I Bands (Isotropic Bands) والداكنة تدعى بـ A Bands (Anisotropic Bands) وتمر خلال كل منطقة فاتحة منطقة كثيفة تدعى (Z line) وتسمى قطعة الليف العضلي بين كل خطين بالقسيمة العضلية sarcomere. بينما يتوسط المنطقة المعتمة A band منطقة فاتحة تدعى بمنطقة H (H zone). اما فيما يخص تركيب الليفات العضلية نفسها، فكل منها يتكون من اربع مواد بروتينية رئيسة على الاقل هي الاكتين actin والمايوسين myosin والتروبونين troponin والتروبومايسين tropomyosin. الاول

يكون مادة الخيوط التي تمر في المنطقة الفاتحة بينما الثاني يكون مادة الخيوط التي تمر في المنطقة الداكنة. ولهذا فان التقلص يمكن ان يعرف بانه تداخل المنطقة الفاتحة في المنطقة الداكنة.

العضلات الملساء او غير المخططة Smooth or nonstriated Muscles

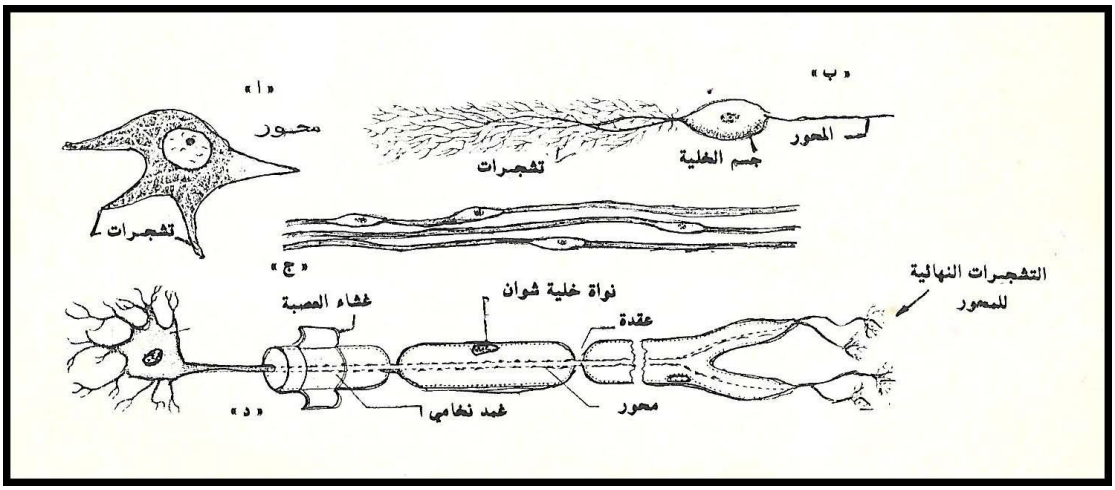
تتكون هذه العضلات من خلايا مغزلية الشكل كل منها يحتوي على نواة مركزية بيضوية الشكل تحتوي على ليفات متجانسة ويكون لها غشاء عضلي رقيق جداً. تترتب هذه الخلايا على شكل طبقات او صفائح مرتبطة بواسطة نسيج ليفي ضام. توجد هذه العضلات في الاعضاء الداخلية واحشاء اجسام الفقريات كجدران القناة الهضمية والاوعية الدموية والمجاري التنفسية وفي الاعضاء البولية والتناسلية. ولهذا تدعى بالعضلات الاحشائية visceral muscles، وهي لا تكون تحت سيطرة الارادة اي انها غير ارادية involuntary.

العضلات القلبية Cardiac Muscles

ان للخلية العضلية القلبية نواة واحدة او نواتين مركزيتين. للعضلات القلبية خطوط مستعرضة دقيقة واليافها تكون متفرعة مكونة شبكة رابطةinterconnecting network ويتكون كل ليف عضلي من وحدات خلوية تتصل بواسطة الاقراص البينية intercalated discs والتي تمثل خطوط Z في العضلات الهيكلية. ان العضلات القلبية تكون مخططة وغير ارادية طوال فترة الحياة. ومن الجدير بالذكر ان فترة الراحة لخلايا هذه العضلات قصيرة جدا وتقع بين التقلصات المتعاقبة لضربات القلب.

النسيج العصبي Nervous Tissue (الشكل 26)

تتكون الأجهزة العصبية في مختلف الحيوانات من خلايا عصبية او العصبات neurons فالخلايا العصبية لها اشكال متباينة (شكل 26) في مختلفة الحيوانات في مختلف اجزاء الجسم الواحد. فللخلية العصبية جسم كبير ونواة واضحة وزائدة بروتوبلازمية واحدة او اكثر. ان الزائدة البروتوبلازمية التي تنقل المحفزات stimuli الى اجسام الخلايا العصبية تسمى بالتشجرات dendrites، اما الزوائد التي تنقل السيالات العصبية impulses بعيداً عن الخلية تسمى بالمحاور axons. في حيوان كبير، قد تكون الخلية العصبية طويلة اذ يصل طولها الى عدة اقدام. فالخلايا ذات القطبين bipolar cells تحتوي على التشجرات من طرف والمحاور من طرف اخر. اما خلايا عديدة الاقطاب multipolar cells فلها تشجرات عديدة الا انها تمتلك محور واحد. فالتشجرات غالبا ما تكون قصيرة ومتفرعة وتقع قرب جسم الخلية، بينما المحاور قد تكون قصيرة او طويلة قليلة التفرع. تكون الخلايا العصبية عندما تتجمع فيما بينها خارج الجهاز العصبي المركزي ما يدعى بالعقد العصبية nerve ganglia في حين تكون الالياف او البروزات العصبية المتجمعة فيما بينها ما يسمى بالاعصاب nerves.



الشكل (26) أنواع العصبات (الخلايا العصبية).
أ- جسم خلية حركية. ب- خلية برنكنجي من المخيخ. ج- ليفة عصبية غير نخاعية
د- عصبة مغمدة

يتكون الجهاز العصبي في كل حيوان من كتل من خلايا عصبية والياف، ومن هذه الخلايا هي الخلايا الدبقية neuroglia التي تتكون من عدة اشكال والتي تفيد في احاطة الخلايا العصبية وجعلها منفصلة الواحدة عن الاخرى. بالإضافة الى ذلك فانها تعمل كمادة ساندة. ان الالياف العصبية عندما تكون بدون غمد محيط بها تدعى بالالياف اللانخاعية un myelinated وتكون رمادية اللون gray، بينما تكون الالياف النخاعية myelinated ذات محاور محاطة بواسطة اغماد متكونة من النخاع myelin الذي يتركب اساساً من مواد دهنية ويبدو ابيض اللون. ان النوعين السابقين من الالياف يكونان محاطين بغشاء رقيق يدعى بالغشاء العصبي neurolemma او غمد شوان Schwanns sheath. ان هذا الغمد يلعب دوراً مهماً في عملية الاخلاف regeneration ليستعيد تكوين الالياف العصبية المحطمة، لا توجد مادة النخاع بصورة مستمرة حول الالياف العصبية فهناك مناطق صغيرة تخلو من النخاع تدعى بعقد رانفير Ranvier nodes ومن الجدير بالذكر ان الالياف اللانخاعية توجد في معظم الحيوانات اللافقرية وبعض اعصاب الفقريات مثل الاعصاب السمبثاوية Sympathetic nerves وفي بعض الياف الحبل العصبي.

البروتوبلازم وطبيعته الفيزيائية والكيميائية
The Protoplasm And Its Physical And Chemical Nature

البروتوبلازم (الهيولي) Protoplasm، يتألف هذا المصطلح من جذرين اغريقيين، وهما: protos ويعني اولي او بدائي، وplasma ويعني تنظيم او ترتيب. والبروتوبلازم عبارة عن مادة حية منظمة والتي تعتبر مركزاً لجميع التحولات الفيزيائية والكيميائية التي تتميز بها الحياة.

وقد اطلق العالم الفرنسي فليكس دوجاردين Felix Dujardin (1835) المتخصص في علم الابتدائيات protozoology المصطلح sarcode الذي يعني اللحم، على المادة الهلامية في الابتدائيات، وكان بركنجي Purkinje (1840) اول من استخدم المصطلح protoplasm، وذلك للتعبير عن المادة الحية في اجنة الحيوانات. في حين استخدم عالم النبات الالماني هيكو فون موهل Hugo Von Mohl (1846) هذه الكلمة لوصف محتويات الخلايا الجينية للنبات، ثم جاءت مساهمة العالم الالماني ماكس شولتز Max Schltze (1861). في تثبيت التشابه الجوهري بين Sarcode (اللحم) والبروتوبلازم ثم اكد من خلال ابحاثه عام (1863) بان "البروتوبلازم هو الاساس الفيزيائي للحياة protoplasm is the physical base of life" وقد اتخذ هكسلي Huxley (1868) هذه العبارة عنوانا لكتابه. وأخيرا، فقد توصل هرتويك Hertwig (1892) الى وضع النظرية البروتوبلازمية protoplasmic theory، والتي فحواها ان المادة الحية التي تتكون منها الحيوانات والنبات هي البروتوبلازم.

الطبيعة الفيزيائية للبروتوبلازم Physical Nature of Protoplasm

البروتوبلازم مادة لزجة، هلامية، نصف شفافة، رمادية باهتة، عديمة الرائحة، أثقل من الماء، وموصلة للكهرباء وذو قابلية على التقلص، كما انها تظهر الحركة البروانية Brownian movements ، والامبية والانسيابية تحت ظروف معينة.

وقد اقترح العلماء نظريات عديدة للتعبير عن المظهر الفيزيائي للبروتوبلازم، ويمكن تقسيمها الى نوعين، هما:-

أ- النظريات القديمة Old Theories: وهي عدة نظريات (الشكل 27) ومنها:

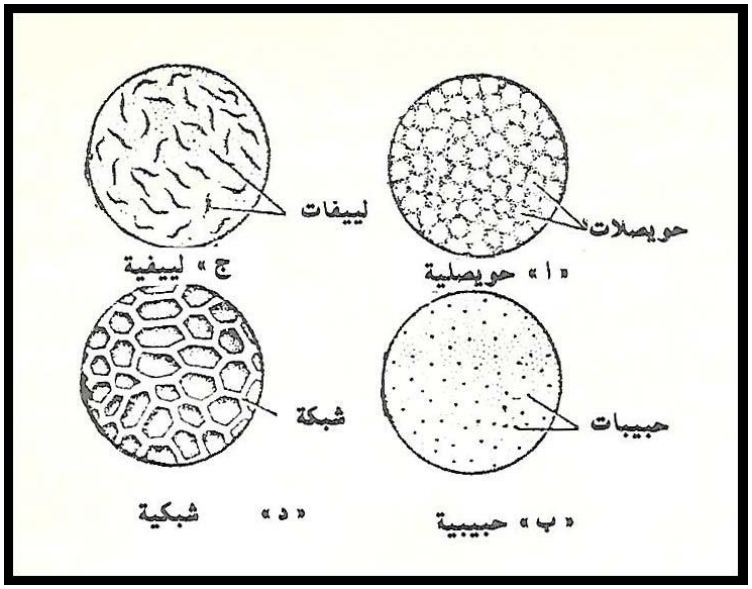
1- النظرية الحويصلية Alveolar Theory: وقد وضعها بوشلي Butschli (1892)، وتنص هذه النظرية على ان البروتوبلازم يتكون من فقاقيع حويصلات من سائل قليل الكثافة وتنتشر داخل سائل كثر كثافة منها، وعليه فالبروتوبلازم يشبه الى حد كبير الرغوة او المحلول المستحلب.

2- النظرية الحبيبية Granular Theory: اقترحها التمن Altmaan (1893)، وحسب هذه النظرية يتركب البروتوبلازم من حبيبات دقيقة عديدة موزعة بصورة منتظمة في وسط سائل متجانس.

3- النظرية الليفية Fibrillar Theory: وقد اقترحت هذه النظرية من قبل فيشر Fisher (1894)، وفلمنك Flemming (1897) اللذين اكدا بان البروتوبلازم يتألف من لييفات دقيقة عديدة او تراكيب خيطية مبعثرة في وسط سائل.

4- النظريـة الشـبكيةReticular Theory: وقـد اقترحهـا هاسـتن Hastein وكلـين Klein وكارنوي Carnoy، وتقول النظرية بان البروتوبلازم يتكون من ليبفات دقيقة عديدة تتشابك مع بعضها لتكون شبكة في وسط سائل.

ومن الجدير بالذكر، ان هذه النظريات جميعها تؤكد ان للبروتوبلازم مظهراً ثابتاً، وهذا خلاف ما يؤكده العلم حالياً، حيث ان البروتوبلازم يستطيع ان يتغير من حالة الى أخرى.

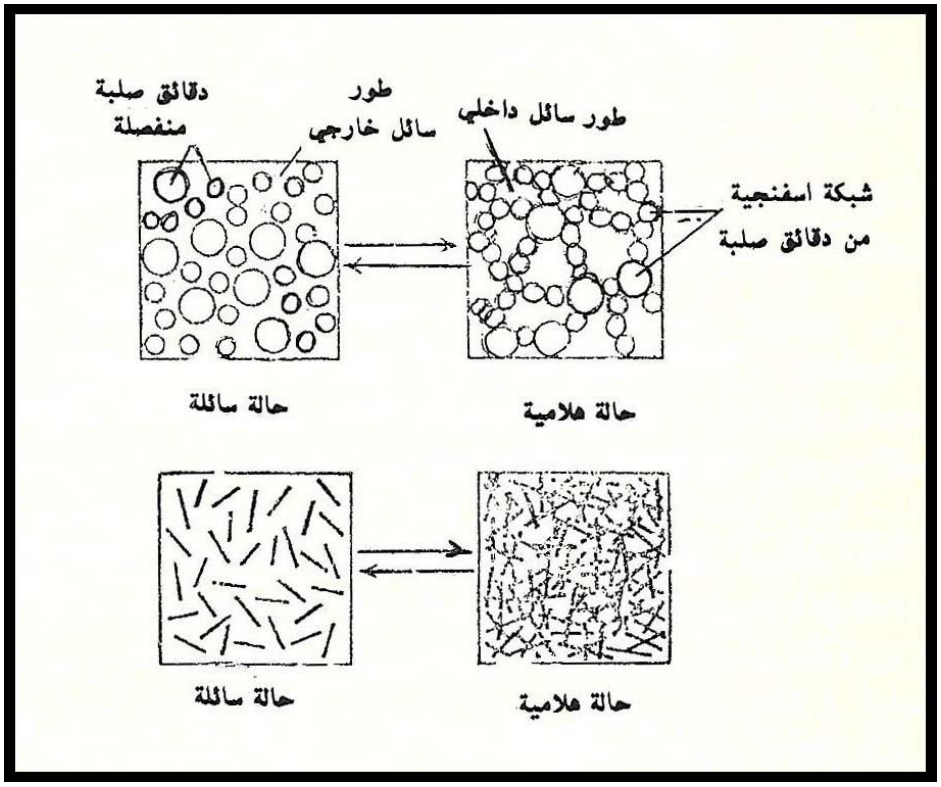


الشكل (27) الطبيعة الفيزيائية للبروتوبلازم حسب النظريات القديمة.

ب- النظرية الغروية الحديثةModern Colloidal Theory:تؤكد هذه النظرية وجهة النظر العلميـة الحديثـة وهـي ان البروتـوبلازم عبـارة عـن نظـام غـروي ذي طبيعـة فيزيائيـة متعـددة polyphysical colloidal system، يتكون البروتوبلازم من مادة أساسية سائلة تحوي دقائق حبيبة كروية صلبة او شبه صلبة بصورة عالقة suspended، ويتراوح قطر هذه الدقائق بين 0.1-0.001 µm (مايكرون). لذا فهي من جهة كبيرة بحيث انها تبقى غير ذائبة في المادة الأساسية، ولا تستطيع تكوين محلول حقيقي true solution، ومن جهة أخرى، فهي صغيرة بدرجة انها لا تستطيع ان تترسب. وعليه، تبقى عالقة في المادة الأساسية مكونة بذلك نظاماً غروانياً colloid system. وتساعد في ذلك بشكل رئيسي الشحنات الكهربائية، كما ان للحركة البراونية Brownian movement (اصطدام جزئيات الحالة السائلة او الماء بالدقائق الغروية الكبيرة فتتذبذب الاخيرة في محلها) دوراً ثانوياً في هذه العملية. وبما ان الدقائق المكونة لمحلول غروي معين تحمل عادة شحنات متشابهة فهي اما موجبة او سالبة، وهذا ما يسبب تنافرها وتباعدها وبقائها عالقة.

ثمة حالتان او طوران two states or phases للغرواني البروتوبلازمي وذلك حسب توزيع الجزيئات الصلبة (حالة منتشرة dispersed phase) في المادة الاساسية (حالة سائلة liquid phase). فاذا ما كانت الجزيئات او الدقائق الصلبة المنتشرة بصورة متجانسة. فان البروتوبلازم سيكون له قوام شبه سائل، وعندئذ تدعى هذه الحالة بالحالة السائلة sol state، وبخلاف ذلك، فاذا ما تجمعت الدقائق الصلبة لتكون تركيباً شبكياً اسفنجياً بحيث تحصر الحالة

السائلة بين تفرعات الشبكة سيظهر البروتوبلازم قواماً شبه صلب semi-solid او شبه هلامي jelly-like، وتعرف هذه الحالة عندئذ بالحالة الهلامية او الجلاتينية gel state (الشكل 28).



الشكل (28) الطوران السائل والهلامي لمحلول غرواني.

ومن الجدير بالملاحظة ان هناك عوامل عديدة منها درجة الحرارة، والضغط والاس الهيدروجيني (تركيز ايون الهيدروجين pH) تستطيع ان تحول الحالة السائلة الى الحالة الهلامية والعكس بالعكس. ويدعى التغير من الحالة الهلامية الى السائلة بالتسيل solation، في حين يدعى التغير من الحالة السائلة الى الهلامية بالتهلم gelation، تدعى الفروانيات colloids التي يمكن تغيرها من حالة الى أخرى، ثم اعادتها الى الحالة الأولى، بالغروانيات العكسية reversal colloids، في حين تدعى الغروانيات التي لا يمكن اعادتها الى حالتها الأولى بعد تحولها الى حالة ثانية بالغروانيات غير العكسية irreversible colloids. مثال ذلك هو زلال البيض الذي اذا ما تحول من الحالة السائلة الى الحالة الهلامية بالتسخين لا يمكن اعادته الى حالته السائلة الأولى مرة أخرى.

الطبيعة الكيميائية للبروتوبلازم Chemical Nature of Protoplasm

ثمة حقيقة يجب ذكرها وهي، ان هناك تشابه في التركيب الكيميائي للبروتوبلازم في مختلف الكائنات الحيوانية، وهذا ما اثبتته التحليلات الكيميائية التي اجريت على البروتوبلازم. ابتداء من الكائنات البسيطة جداً كالاميبا (الابتدائيات) وحتى الانسان (الحبليات) ومن مكوناته:-

أ- العناصر Elements: يحوي البروتوبلازم ما يقرب من 25 عنصراً، ومن أهمها اربعة عناصر هي: الكاربون والهيدروجين والنايتروجين والاوكسجين، ونسبتها عالية تصل الى 96% من المادة الحية الكلية، وهناك عناصر أخرى أساسية، هي:-

الكالسيوم والفسفور والصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكلورين والكبريت والحديد التي تشكل مع العناصر الأربعة الأولى ما يقرب من 99.9% من البروتوبلازم. يتألف الجزء الباقي الذي يمثل 0.1% من عناصر أخرى عديدة، وربما انها توجد بكميات ونسب ضئيلة للغاية، لذا تدعى بعناصر اثرية trace elements، ومنها: البورون والمغنيز واليود والكوبلت والخارصين والرصاص والموليدينم والحديد والسليكون والفاناديوم والكروميوم والقصدير والسولينيوم.

ب- المركبات اللاعضوية Inorganic Compounds

1- الماء Water: يعد الماء من المركبات الضرورية، فهو يعمل كمذيب لمعظم المواد الموجودة داخل البروتوبلازم، كما انه الوسط المناسب لحدوث التفاعلات الكيميائية داخل الخلية، اضافة الى انه يساعد في تكوين الهيئة السائلة الغروية للبروتوبلازم. وبناء على ما سبق ذكره، فان الماء مركب لا يمكن للبروتوبلازم الاستغناء عنه، ويشكل حوالي 80% من وزنه، وقد تزداد هذه النسبة في بعض الكائنات الحية، كما هو الحال في قناديل البحر jelly-fishes (امعائية الجوف). فتصل الى 95%، او تقل كثيراً بحيث تصل الى 2-5% في ميناء السن في اللبائن، اما نسبته في جسم الانسان البالغ فهي 60%، كما تختلف نسبة الماء في الانسجة المختلفة للحيوان الواحد، وفي الانسجة المتشابهة للحيوانات المختلفة.

2- أملاح لا عضوية Inorganic Salts: أهم الاملاح اللاعضوية الشائعة هي: الكاربونات والفوسفات والكبريتات والكلوريدات العائدة للكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم. وتوجد عادة بشكل ايونات ذائبة في محاليل مائية. تعد هذه الأملاح ضرورية جدا من اجل استمرار الافعال الايضية في الخلية بصورة طبيعية، كما انها تنظم الضغط التنافذي (الاوزموزي) osmotic pressure للبروتوبلازم اضافة الى انها تساهم مساهمة فعالة في تكوين العظام والأجزاء الصلبة في الجسم. توجد الاملاح عادة بنسب ضئيلة في البروتوبلازم تتراوح بين 1-4% من وزنه.

3- الغازات Gases: يعتبر غاز الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون من اهم الغازات التي توجد في البروتوبلازم. يقوم الاول باكسدة الجزيئات المعقدة لتحرير الطاقة في حين يتكون الغاز الثاني كناتج عرضي من عمليات الاكسدة.

ج- المركبات العضوية Organic Compounds

1- السكريات او الكاربوهيدرات Carbohydrates: وتتكون هذه المركبات من العناصر الثلاثة الآتية: الكاربون C والهيدروجين H والاوكسجين O ومن الجدير بالذكر ان نسبة الهيدروجين الى الاوكسجين هي كنسبتهما في الماء أي 1:2 تقسم الكاربوهيدرات عادة الى ثلاث مجاميع رئيسة، هي:-

سكريات احادية Monosaccharides: وهي سكريات بسيطة تحوي من 3 الى 7 ذرات من الكاربون، والصيغة والتجريبية او الوضعية empirical formula لهذا الطراز من السكريات هي $Cn(H_2O)n$. وتصنف هذه السكريات حسب عدد ذرات الكاربون التي تشترك في تركيبها. فقد تحوي ثلاث ذرات من الكاربون triose، او اربع ذرات tetrose، او خمس ذرات pentose، او ست ذرات hexose، او سبع ذرات heptose. ومن اهم السكريات البسيطة المعروفة الرايبوز ribose $C_4H_{10}O_5$ الذي يدخل في تركيب الحامض النووي RNA، والدي اوكسي رايبوز deoxyibose $C_5H_{10}O_4$ الذي يدخل ففي تركيب الحامض النووي DNA، والكلوكوز (سكر العنب) والفركتوز (سكر الفواكه)، والكالكتوز ذات الرمز الكيميائي $C_6H_{12}O_6$.

سكريات ثنائية Disaccharides: وتتكون هذه السكريات نتيجة اتحاد جزيئتين من السكريات البسيطة مع فقدان جزيئة ماء واحدة، أهم السكريات الثنائية الشائعة الموجودة في البروتوبلازم هي: السكروز الذي ينتج من اتحاد جزيئة كلوكوز مع جزيئة فركتوز، ومالتوز الذي ينتج من اتحاد جزيئتين من الكلوكوز، ولاكتوز الناتج من اتحاد جزيئة كلوكوز وجزيئة كالكتوز، كما مبين في أدناه:

(أ) $C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$

كلوكوز فركتوز سكروز ماء

(ب) $2C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$

كلوكوز مالتوز ماء

(ج) $C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$

فلوكوز كالكتوز لاكتوز ماء

سكريات متعددة Polysaccharides: وتتكون هذه السكريات نتيجة اتحاد او ارتباط عدة جزيئات من سكريات بسيطة ويعتبر النشاء starch والسليلوز cellulose من السكريات المتعددة المعروفة في النباتات. في حين يحوي بروتوبلازم الخلايا الحيوانية على الكلايكوجين glycogen المعروف بالنشاء الحيواني. والصيغة الوضعية او التجريبية للسكريات المتعددة هي $(C_6H_{10}O_5)n$ حيث يمثل n عدد جزيئات السكر البسيط الداخلة في جزيئة واحدة من اي من السكريات المتعددة.

تشكل الكاربوهيدرات نسبة ضئيلة من البروتوبلازم حيث تبلغ 1% فقط، ويستفاد منها في الخلايا لتحرير الطاقة، كما انها تدخل في بناء الجسم وتركيبه في بعض الحيوانات.

2- الدهون Lipids: وهي تشكل حوالي 3% من وزن البروتوبلازم وتذوب في الكلوروفورم، والايثر، والبنزين، تتركب الدهون بصورة رئيسة شأنها في ذلك شأن السكريات، من الكاربون والهيدروجين والاوكسجين، الا انها قد تحوي عناصر اخرى كالنيتروجين والفسفور. كما ان نسبة الاوكسجين فيها اقل مما في السكريات، ويمكن تقسيم الدهون الى ثلاث مجاميع، هي:-

الدهون الحقيقية او الدهون البسيطة True Fats or Simple Lipids

وتتألف من العناصر الثلاثة الكاربون والهيدروجين والاوكسجين، كما في السكريات، الا ان نسبة الاوكسجين فيها اقل بكثير مما في السكريات، وتتكون الجزيئة الواحدة من هذه الدهون من اتحاد جزيئة واحدة من الكليسيرول glycerol وثلاث جزيئات من الاحماض الدهنية fatty acids.

$$3C_{17}H_{35}COOH + C_3H_5O(OH)_3 \rightarrow C_{57}H_{110}O_5 + 3H_2O$$

ماء ستيرين كليسرول حامض الستيريك

ان الدهون الحقيقية صلبة عادة، الا انها قد تكون سائلة، ويعتمد ذلك على الحامض الدهني الذي يدخل في تركيب الدهن.

الدهون المركبة Compound Lipids: وهي مواد شبيهة بالدهن، وتحتوي على مواد اخرى مثل حامض الفسفوريك، وسكر بسيط او قاعدة نيتروجينية (كولين Choline) اضافة الى احماض دهنية وكليسيرول، ومن امثلتها الدهون المفسفرة (ليسيثين Lecithin)، والدهون السكرية glycolipids (سفينكوسين Sphengosine)، والدهون البروتينية lipoproteins.

الستيرويدات Steroids: لهذه المركبات خواص شبيهة بالدهون، علماً بانها من الناحية الكيميائية ليست لها علاقة بالدهون، ومن امثلتها فيتامين D والهرمونات الجنسية الذكرية والانثوية، وهورمونات القشرة الكظرية والحوامض الموجودة في مادة الصفراء، والكولسترول.

الشموع Waxes: وهذا الطراز من الدهون يتركب من الاحماض الدهنية والكحول بدلاً من الكليسرول، ومن الأمثلة على ذلك شمع النحل.

ومن الجدير بالملاحظة ان الدهون الموجودة في البروتوبلازم لها عدة وظائف، منها:-

1. تعتبر كمصدر لتكوين الطاقة energy.
2. تعتبر كمدخرات غذائية كما في الانسجة الدهنية.
3. تدخل في تركيب الاغشية الخلوية على هيئة دهون مفسفرة.
4. للستيرويدات اهمية كبيرة في بعض مظاهر الايض.
5. الدهون والسكريات قابلة للتحول فيما بينها.

3- البروتينات Proteins: وتبلغ نسبتها 15% من وزن البروتوبلازم، وهكذا فهي تأتي في الترتيب الثاني من المواد التي تدخل في تركيب البروتوبلازم من حيث كميتها.

تتركب البروتينات عادة من اربعة عناصر رئيسة وهي: الكاربون والهيدروجين والاوكسجين والنيتروجين، الا انها تحوي عناصر اثرية trace elements، والتي توجد بكميات ضئيلة جدا. ومنها الكبريت واليود والحديد وغيرها. وتتركب البروتينات من وحدات اساسية هي الاحماض الامينية amino acids، يوجد اثنان وعشرون حامضاً امينياً او اكثر بصورة طبيعية. ومن أهم الاحماض الامينية، الانين alanine، فالين valine، سستين cysteine، سستاين cystine، حامض الكلوتاميك glutamic acid، حامض الاسبارتيك aspartic acid، هستدين histidine، ليوسين leucine، ايسوليوسين isoleucine، كلايسين glycine، لايسين lysine، مثيونين methionine، برولين proline، ثريونين theronine، تايروسين tyrosine، فينايل الانين phenylalanine، سيرين serine، تربتوفان tryptohan.

ثمة ضربان من الاحماض الامينية، فمنها ما هي ضرورية لنمو الكائن الحي، ولا يمكن الاستغناء عنها، وتدعى بالاحماض الامينية الأساسية essential amino acids اما الاحماض الامينية التي يستطيع الجسم ان يصنعها فتسمى الاحماض الامينية غير الاساسية non-

essential amino acidsواذا كانت الاغذية التي يتناولها الكائن الحي غير حاوية على هذه الاحماض فلا تعيق نموه او تؤثر فيه تأثيراً سيئاً.

تتكون البروتينات من ارتباط الاحماض الامينية مع بعضها. فاذا ارتبط حامضان امينيان ببعضها بروابط بيتيدية peptide bond or linkage، ويتم التفاعل بين مجموعة امينية (-NH_2) في احد الحامضين وبين مجموعة كاربوكسيلية COOH في الحامض الآخر، ويدعى هذا المركب بثنائي الببتيد dipeptide. اما اذا ارتبط بالمركب السابق حامض اميني اخر عن طريق رابطة او اصرة بيتيدية فينتج من ذلك مركب يسمى ثلاثي الببتيد tripeptide. ومن الجدير بالذكر، ان هذا التفاعل يستمر عادة فيرتبط عدد كبير من الاحماض الامينية ببعضها مكونة مركبات تسمى متعددة الببتيدات polypeptide. وتتكون من متعددة الببتيدات مركب اكثر تعقيداً يطلق عليه الببتون peptone. في حين يشترك الاخير في تكوين جزيئة البروتين protein molecule المعقدة للغاية، والتي تحوي مئات الجزيئات من الاحماض الامينية. فمثلا جزيئة البروتين البسيط (سالمين Salmine) الموجودة في حيامن الاسماك تحوي العناصر الاساسية الاربعة، وصيغتها الكيميائية هي $C_{81}H_{115}N_{45}O_{15}$، اما جزيئة بروتين هرمون الانسولين insulin فتحوي على الكبريت كعنصر اثري، اضافة الى العناصر الاساسية السابقة الذكر، اما صيغتها الكيميائية فهي $C_{254}H_{377}O_{75}N_{65}S_6$. كما ان الصيغة الكيميائية لجزيئة الهيموكلوبين haemoglobin الحاوية على الحديد كعنصر اثري هي$C_{3032}H_{4816}O_{872}S_8Fe_4$ وتقسم البروتينات الى:-

1- بروتينات بسيطة Simple Proteins: وهي تلك البروتينات التي عند تحللها تعطي الاحماض الامينية فقط. ومن امثلتها الاح او الزلال (بياض البيض) egg albumin والكلوبيولين globulin، ومولد الالياف fibrinogen في الدم، والمايوسين myosin في الخلايا العضلية والهستونات histones ... الخ.

2- بروتينات مقترنة او مركبة Conjugated or Compound Proteins: وهي عبارة عن بروتينات بسيطة مقترنة بمركبات كيميائية غير بروتينية، ومن امثلتها الهيموكلوبين haemoglobin في الدم، والكاسين casein في الحليب، والميوسين (المخاط) في اللعاب، والنيوكلين في نوى الخلايا.

وتمتاز البروتينات بكونها حساسة جداً للتغيرات الطبيعية والكيميائية وتؤلف البروتينات المكونات الرئيسة للبروتوبلازم. وتسيطر على عدة فعاليات حيوية للخلية. اضافة الى انها تعتبر مصدراً لمركبات غنية بالطاقة، من الجدير بالذكر ان الانزيمات enzymes والعوامل المساعدة العضوية هي بروتينات. وان بعض الهرمونات والاجسام المضادة، والصبغات التنفسية هي الاخرى بروتينات. وتشترك البروتينات مع الاحماض النووية ايضاً، وتكون بروتينات نووية تدخل في تركيب الصبغيات (كروموسومات)، والنويات، والرايبوسومات.

فيما يلي مخطط يبين متوسط النسب المئوية للمركبات المختلفة في البروتوبلازم.

البروتوبلازم Protoplasm

المركبات اللاعضوية
Inorganic Compounds

المركبات العضوية
Organic Compounds

الماء Water	الاملاح اللاعضوية (معدنية)	الكاربوهيدرات	الدهون	البروتينات
80% من وزن البروتوبلازم	1-4% من وزن البروتوبلازم	1% من وزن البروتوبلازم	3% من وزن البروتوبلازم	15% من وزن البروتوبلازم

جامعة الموصل كلية الزراعة والغابات قسم وقاية النبات
المرحلة الاولى المادة حيوان عام نظري د. عبدالجبار خليل ابراهيم

المحاضرة السابعة

نظريات أصل الحياة
Theories on the Origin of Life

لقد شغل موضوع منشأ الحياة عقول الكثيرين من العلماء والفلاسفة ورجال الدين ومن اهم النظريات التي وضعت لتفسير هذا النشوء هي:

1- النشوء الذاتي Spontaneous Generation

كان الاعتقاد سابقاً ان الحياة تنشأ بتكرار من مواد غير حية non-living materials وبواسطة النشوء او التكوين الذاتي. فمثلاً تنشأ دعاميص الضفادع والديدان من الطين، والذباب من جثث الحيوانات الميتة بواسطة النشوء الذاتي. لقد دحضت هذه النظرية في القرن السابع عشر والقرن التاسع عشر من قبل فرانسيسكو ريدي (1626-1697) Framcesco Redi الذي اثبت في 1668 بان يرقات الذباب maggots تشاهد فقط في اللحم المتعفن الذي وقف عليه الذباب وطرح بيوضه عليه. هذا وقبل القرن الماضي كان الاعتقاد سائداً بان البكتريا والحيوانات الدقيقة الاخرى ايضا تنشأ نشؤاً ذاتياً. ففي سنة 1861 قام العالم لويس باستور (1822-1895) Louis Pasteur بتجربته المعروفة. اذ زرع بكتريا في دوارق ذات اعناق طويلة وملتوية جانبياً على شكل حرف (S) والتي تكون غير مغطاة وتمنع هذه الاعناق دخول الاحياء او تعيقها فبعد تسخين محتويات الدورق وغليها تقتل البكتريا بواسطة الحرارة ولهذا لا تنمو فيها الكائنات الحية. ان هذه التجربة كانت الأساس في عملية التعقيم sterilization اي قتل الاحياء الصغيرة بواسطة الحرارة او حديثاً باستعمال مواد كيمياوية. اخيراً ان كل الدلائل تشير على ان الحياة الجديدة تأتي من حياة سابقة لها كما عرفت باللاتينية Omne vivum ex vivo وليس من مواد غير حية.

2- نظرية الخلق الخاص Special Creation

حسب هذه النظرية فالحيوانات نشأت بواسطة قوة خارقة Supernatural power اما دفعة واحدة او على شكل دفعات وان كل الانواع قد تكونت بصورة منفصلة عن بعضها البعض. ترتكز هذه النظرية على النهج الروحي للأديان السماوية وهي غير خاضعة للاختبار العلمي.

3- النظرية الكونية Cosmozoic Theory

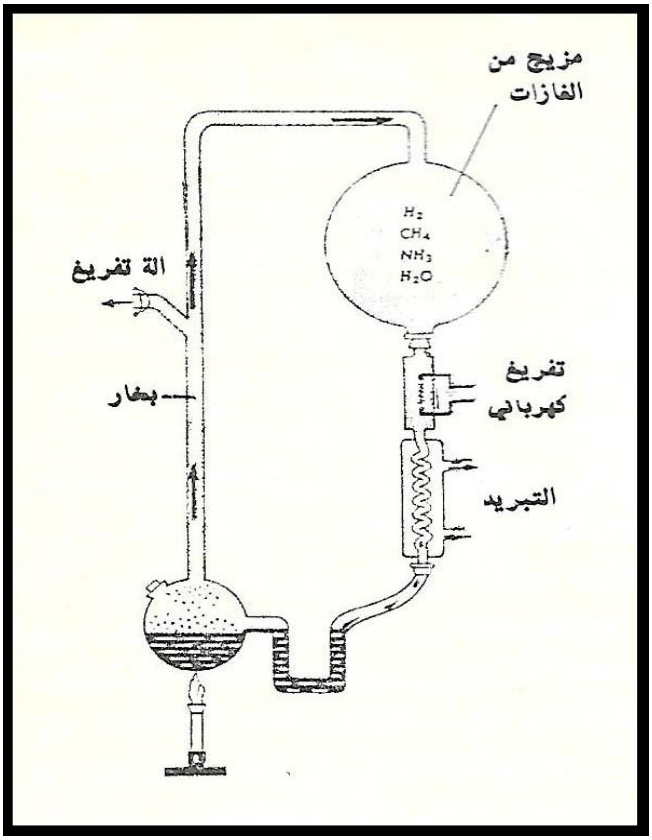
مفادها ان كتلة حية مشابهة لسبورات مقاومة resistant spores يمكن ان تكون قد وصلت الأرض عن طريق الصدفة من مصدر آخر في الكون. ولكن هذه النظرية لا يمكن ان تعطي تفسيراً مقبولاً لأصل الحياة وذلك للأسباب التالية:-

1. البرودة او الجفاف الذي يكون قد تعرضت له الكتل السبورية الحية والكافي لابادتها اثناء انتقالها من مكانها الأصلي.
2. لوجود الاشعة الكونية القاتلة في الفضاء ما بين النجوم inter-stellar space فحسب المعلومات المتوفرة حاليا عن الكتلة الحية، لا توجد هكذا كتلة مقاومة للبرودة والجفاف والاشعة القاتلة. والاهم من ذلك كله فان لغز نشوء الحياة على الكوكب الاخر يبقى معلقاً بدون جواب.

4- النظرية الطبيعية او الفيزياوية الكيمياوية

Natural or Physico-chemical Theory

أتت هذه النظرية الى الوجود نتيجة لتجربة قام بها كل من يوري H.C. Urey وتلميذه ملر S.L. Miller (1953)، حيث سخنا الغازات التي يعتقد انها كانت موجودة في زمن نشوء الحياة وهي الامونيا والميثان والهيدروجين بوجود الماء مع تمريرها على تفريغ كهربائي منتجاً بريقاً ذا أشعة فوق بنفسجية. مشابه للظروف الأولى للأرض. في جهاز خاص (الشكل 29) فبعد عدة اسابيع من أجراء هذه التجربة استطاعا ان يكشفا عن وجود بعض الاحماض الامينية وبعض المركبات العضوية التي تكونت في السائل المنتج.



الشكل (29) يبين الجهاز الذي استعمله يوري وملر لتهيئة ظروف مشابهة لظروف الارض عندما تكونت الحياة عليها.

وبعد هذه التجربة استطاع علماء آخرون تحضير مواد عضوية هامة على نفس الأساس مثل السكريات المركبة Polysaccharides. والبوليبتيد Polypoptides والاحماض النووية nucieic scids. فاذا كانت هذه التفاعلات حدثت في المختبر وتحت ظروف محدودة فان حدوثها في الطبيعة يكون ممكناً وخاصة اذا توفرت عوامل اخرى. قد تكون غير معروفة.

تتخلص النظرية الفيزياوية الكيمياوية. بانه قبل حوالي بليونين من السنين كانت الظروف الطبيعية مناسبة لنشوء الحياة. حيث ان هذه الظروف لا تتوفر في الوقت الحاضر لنشوء حياة اخرى. كان الجو في تلك الفترة يحتوي على كميات كبيرة من الماء (H_2O). وغاز الامونيا (NH_3)، وغاز الميثان (CH_4). كانت المحيطات الناشئة تحوي على الغازات السالفة الذكر بالإضافة الى المعادن الذائبة. وقد تكونت الحياة الأولى من تفاعل هذه المواد. ويعتقد بان ذرة الكاربون في غاز الميثان كانت العنصر الذي بدأت حوله الحياة. حيث ان ذرة الكاربون في غاز الميثان مثلاً ترتبط بأربع اواصر والتي يمكن ان تعوض بمركبات اخرى. ومن المحتمل ان