

مقدمة في علم الخلية CYTOLOGY INTRODUCTION

يعرف علم الخلية Cytology أو بيولوجية الخلية Cell Biology بأنه العلم الذي يختص بدراسة النظام التركيبي والوظيفي للخلية، وما يدور بداخلها من عمليات حيوية مختلفة. كما يمكن تعريف الخلية بأنها الوحدة التركيبية والوظيفية لجميع الكائنات الحية. لم تعرف الخلية إلا في أواخر القرن التاسع عشر، ويعزى هذا التأخير إلى عدة أسباب، لعل من أهمها صغر حجم الخلية؛ فهي لا ترى بالعين المجردة، كما أن المجهر الضوئي القديم كان بدائيًا، وقد كان هذا أيضًا أحد تلك الأسباب. تأسس علم الخلية على يد العالم الإنجليزي المشهور روبرت هوك Robert Hooke، حيث ينسب إليه اكتشاف الخلية وتسميتها لأول مرة، وذلك في عام ١٦٦٥م، حيث اكتشفها أثناء فحصه قطاعًا رقيقًا من الفلين Cork تحت المجهر البسيط الذي لا تزيد قوة تكبيره آنذاك على ثلاثين مرة، فلاحظ أن نسيج الفلين يتركب من حجرات صغيرة جوفاء أطلق عليها اسم خلايا Cells، والتي كانت تشبه في شكلها الخارجي خلايا النحل. كما لاحظ روبرت هوك أن هذه الخلايا محاطة بجدار خلوي واضح ومميز، دون أن يلاحظ وجود مادة حية بداخلها. وقد أدرك هوك أن خلايا الفلين عبارة عن خلايا ميتة لأنه لم يشاهد لها عصير خلوي Cellular Juice أو مادة حية، وبهذا يعد هوك أول من اكتشف الخلية النباتية وسماها، أو بالأصح أول من اكتشف جدار الخلية. وصف روبرت هوك طريقة تحضيره

واكتشافه للخلية في كتاب الرسومات الدقيقة Micrographia عام ١٦٦٥م، وبذلك فتح الباب على مصراعيه، ليس لكشف أسرار الخلية فحسب، بل لوضع الأسس الابتدائية لتحضير العينات وكيفية استخدام المجهر الضوئي. وقد توالى الكشف عن أسرار الخلية، حيث أوضح عالم النبات الألماني شليدن Schleiden عام ١٨٣٨م أن الخلايا هي الوحدات التركيبية لنسيج النبات. وأكد ذلك أيضًا عالم الحيوان الألماني شوان Schwann عام ١٨٣٩م في أنسجة الحيوان. ثم اكتشفت النواة The Nucleus في عام ١٨٣١م على يد العالم الإنجليزي روبرت براون Robert Brown.

تعد النواة أول عضوية خلوية تم اكتشافها؛ وذلك بسبب حجمها الكبير مقارنة بالعضيات الخلوية الأخرى؛ فهي العضوية الوحيدة التي ترى بوضوح تحت المجهر الضوئي. ومع تطور صناعة المجاهر الضوئية Light Microscopes ثم بعد ذلك المجاهر الإلكترونية Electron Microscopes قفز علم الخلية قفزات واسعة إلى الأمام، مما ساعد على معرفة التفاصيل الدقيقة للخلية وعضياتها المختلفة، حيث توالى اكتشاف عضيات الخلية الأخرى على يد الكثير من العلماء. وسوف يتم ذكر تلك الجهود عند مناقشة تلك العضيات بالتفصيل في الفصول اللاحقة. كما أن اكتشاف الانقسام الخلوي بنوعيه غير المباشر (Mitosis) والاختزالي (Meiosis) ساعد على الفهم العميق لآلية تكاثر الخلايا. نشأ نتيجة للتراكم المعرفي الهائل حول علم الخلية في ذلك الوقت ما يسمى بالنظرية الخلوية Cell Theory التي صاغها العالمان شليدن وشوان والتي تنص على أن:

١- الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية لجميع الكائنات الحية.

٢- الخلايا نشأت عن انقسام خلايا سابقة لها.

إن دراسة علم الخلية لم يقتصر على الرؤية المجهرية فقط، بل تطورت طرائق فصل عضيات الخلية ودراستها من خلال استعمال طرائق كيميائية وفيزيائية وفسولوجية مختلفة. وما زال هناك طريق طويل ليستطيع الإنسان فهم طريقة عمل الخلية بصورة دقيقة وكاملة.

الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة PROKARYOTIC CELLS AND EUKARYOTIC CELLS

الخلايا بدائية النواة

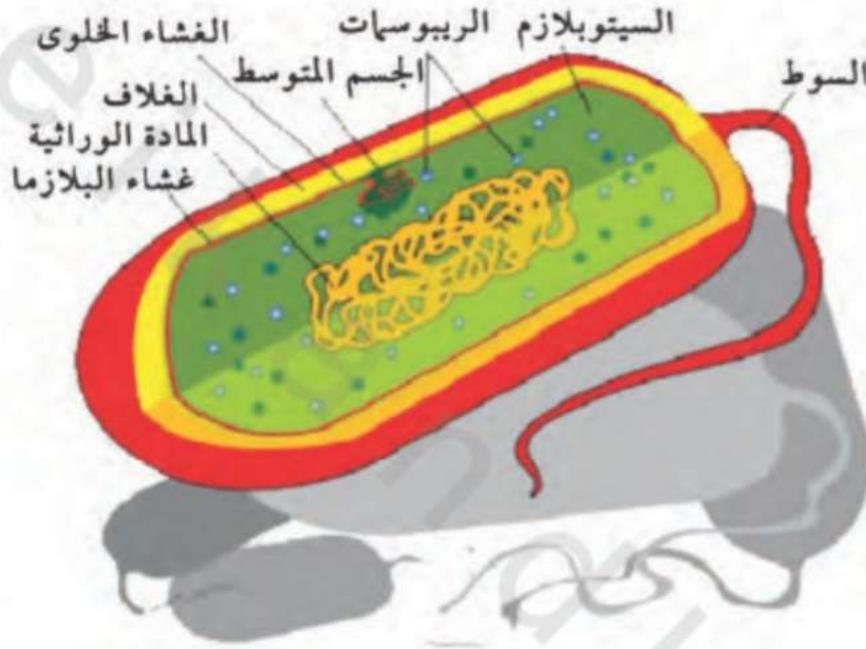
Prokaryotic Cells

تعتبر الخلايا بدائية النواة من أبسط أنواع الخلايا؛ فليست معقدة التركيب وليس لها تعقيد غشائي ولا عضيات خلوية Cellular Organelles مميزة. وقد سميت بهذا الاسم بسبب عدم وجود نواة مميزة وواضحة المعالم، أي أن مادتها الوراثية تسبح في بروتوبلازم Protoplasm الخلية وتسمى نيوكلويد Nucleoid. وقد يطلق عليها البعض مجازاً كروموسوم Chromosome. وهذه المادة الوراثية غير منفصلة عن السيتوبلازم بغلاف نووي Nuclear Membrane. تشترك جميع الخلايا بدائية النواة في ثلاثة مكونات رئيسة هي: الغشاء البلازمي Cell Membrane، والرايبوسومات Ribosomes، والمادة الوراثية Genetic Material. وهناك مكونات خلوية أخرى يختلف وجودها باختلاف المجاميع والأنواع، منها: جدار الخلية Cell Wall، والأغشية السيتوبلازمية الرقيقة Lamellate Cytomembranes، والأسواط البكتيرية Bacterial Flagella (الشكل رقم ١).

أنواع الكائنات بدائية النواة: يدخل ضمن مصطلح بدائية النواة طيف واسع من الكائنات الحية المجهرية والتي وضعت تحت مملكة البدائيات Kingdom Monera، وتضم هذه المملكة حوالي ٢٠ عائلة مختلفة، أهمها:

أولاً: البكتيريا Bacteria

تعد البكتيريا أكبر عوائل بدائيات النواة، والتي يتراوح قطر الواحدة منها بين ٥, ٠ و ٢ ميكرون. ويمكن تقسيم البكتيريا حسب شكلها أو طبيعة تغذيتها أو حركتها... إلخ. وتتكاثر جميع أنواع البكتيريا لا جنسياً إلا أن القليل منها تحت ظروف معينة تتكاثر تكاثراً جنسياً.



الشكل رقم (١). شكل وتركيب الخلية بدائية النواة.

ثانياً: الطحالب الخضراء المزرقة

Cyanobacteria (Blue-green bacteria or blue-green algae)

كانت هذه المجموعة تعرف سابقاً باسم الطحالب الخضراء المزرقة؛ لأن أول نوع منها وجد بهذا اللون، إلا أنها توجد بعدة ألوان أخرى حسب نسبة الصبغات الموجودة بها، مثل (الكلوروفيل Chlorophyll II، والكاروتين Carotene، والزانثوفيل Xanthophy II، والبيليبروتين Biliprotein، والفيكوسيانين Phycocyanin) إلا أنه تم إعادة تقسيمها حديثاً لتصبح أحد أقسام البكتيريا ذاتية التغذية وذلك للأسباب الآتية:

- ١- احتواء خلاياها على نويات بدائية تتكون من الحامض النووي الرايبوزي الحلقي (DNA)، وغير محاطة بغلاف نووي، وليس لها سائل نووي، وهي صفات بكتيرية.
- ٢- تنقسم خلاياها انقساماً ثنائياً بسيطاً (بالانشطار) كالبكتيريا.
- ٣- خلاياها سالبة لصبغة جرام مثل بعض أنواع البكتيريا.
- ٤- تتحرك الأنواع المتحركة منها بالانزلاق وهي تشبه في ذلك أنواع البكتيريا المشئية.

توجد هذه الكائنات وحيدة الخلية بصورة منفردة أو على شكل مستعمرات عنقودية أو خيطية، وهي ذاتية التغذية، وذات انتشار واسع في الطبيعة، كما أن للكثير من أنواعها القدرة على تثبيت نيتروجين الهواء الجوي. وتتكون الخلية النموذجية للطحلب الأخضر المزرق من نفس مكونات خلية البكتيريا باستثناء عدم وجود الأسواط بوصفها عضواً للحركة، كما تحاط خلية الطحلب الأخضر المزرق بغلاف جيلاتيني بدلاً من المحفظة Capsule في الخلية البكتيرية. ومن أمثلة هذه الطحالب طحلب النوستك Nostoc وطحلب الأوسيلاتوريا Oscillatoria.

ثالثاً: الفطريات المايكوبلازمية (المخاطيات) Mycoplasmas

تعرف الفطريات المايكوبلازمية كذلك بالكائنات شبيهة مسببات الخناق Pleuropneumonia-Like Organisms (PPLO)، وهي أصغر خلية في الكائنات الحية، وتعيش بصورة حرة، ويصل قطرها إلى ١,٠ ميكرون، ويسبب بعضها أمراضاً للإنسان والحيوان. تشبه الفطريات المايكوبلازمية البكتيريا من حيث نموها على الوسط الغذائي، كما تشبه الفيروسات من حيث الحجم. تتكون الخلية المايكوبلازمية النموذجية من غشاء بلازمي خارجي يتكون من البروتينات والدهون، ويحتوي بداخله على السيتوبلازم الذي يسبح فيه عدد من الريبوسومات Ribosomes، أما المادة الوراثية للخلية فتتكون من الحمض النووي DNA ذي اللولب الحلزوني المزدوج. إن حجم الكائنات بدائية النواة الصغير جداً كان سبباً أساسياً في تأخر معرفة الطبيعة التركيبية لمثل هذه الخلايا.

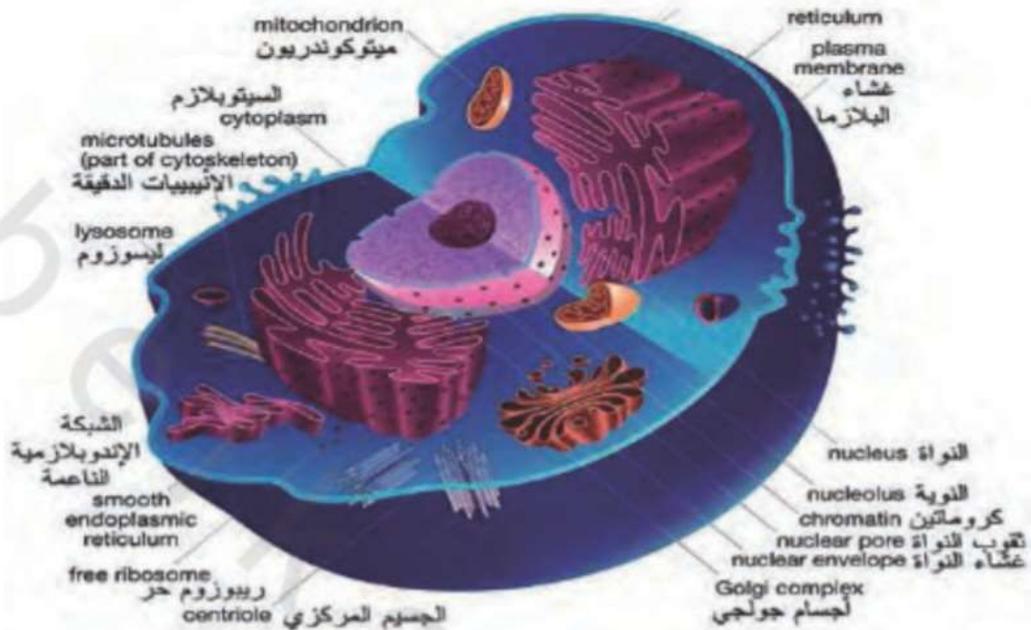
الخلايا حقيقية النواة

Eukaryotic Cells

تعد الخلايا حقيقية النواة Eukaryotic cells خلايا معقدة من حيث تركيبها الغشائي، أي أن محتوياتها الداخلية كالعضيات الخلوية Cellular Organelles محددة ومفصلة بعضها عن بعض بأغشية خلوية Cellular Membranes. ولقد سميت الخلايا حقيقية النواة بهذا الاسم؛ نظراً لأن نواتها واضحة المعالم ومحاطة بغلاف نووي Nuclear Membrane واضح ومميز، وكذلك الحال بالنسبة للعضيات الأخرى. وهذه الصفة تمنحها قدرًا من الخصوصية في العمل؛ فكل عضوية تقوم بعملها المنوط بها والذي يحتاج إلى وسط تفاعل خاص أو بيئة مستقلة قد تختلف عن البيئة المفضلة لعمل عضوية أخرى، وهذه البيئات أو الأوساط لا تتوافر إلا بوجود هذا الغلاف أو الغشاء الذي يمنحها مثل هذه الخصوصية لتقوم بعملها على أكمل وجه، دون تداخل مع عمل العضيات الأخرى.

وفي الحقيقة إذا استثنينا الفيروسات وخلايا مملكة البدائيات Kingdom Monera فإن بقية الكائنات الحية الأخرى الحيوانية والنباتية، وكذلك خلايا مملكة الطلائعيات Kingdom Protista وخلايا مملكة الفطريات Kingdom Fungi تقع تحت مظلة الخلايا حقيقية النواة. تحتوي الخلية حقيقية النواة النموذجية (الشكل رقم ٢) على العديد من العضيات الخلوية المميزة كالميتوكوندريا Mitochondria والشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic Reticulum والأجسام المركزية Centrosome وأجسام جولجي Golgi Bodies والأجسام المحللة Lysosomes، والبلاستيدات Plastids... إلخ، ومن هذه العضيات ما قد يغيب في الخلية النباتية بينما يوجد في الخلية الحيوانية وبالعكس. وسوف نتطرق إلى كل من تلك العضيات الخلوية وغيرها بالتفصيل في الفصل الخامس. وتختلف الخلايا حقيقية النواة فيما بينها في بعض الصفات كالشكل والحجم والوظيفة وبعض الصفات الأخرى، ولكنها تتشابه في صفات أخرى كالتركيب ووجود بعض العضيات الخلوية المشتركة.

إن أبرز الاختلافات التي يمكن أن نجدها بين الكائنات بدائية النواة والكائنات حقيقية النواة قد تم إيجازها في الجدول رقم (١).



الشكل رقم (٢). شكل وتركيب الخلية حقيقية النواة.

الجدول رقم (١). الفرق بين الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة.

الصفة	بدائية النواة	حقيقية النواة
الغلاف النووي	لا يوجد	يوجد
حجم الخلية	١-١٠ ميكرومتر	١٠-١٠٠ ميكرومتر
DNA	غير مرتبط بالبروتين ويتخذ شكلاً دائرياً	مرتبط بالبروتين ويتخذ شكلاً خطياً
عدد الكروموسومات	واحد	اثنان فأكثر
الانقسام	مباشر	غير مباشر أو اختزالي
العضيات	غير موجودة	موجودة
الرايبوسوم	صغير	كبير
الجدار الخلوي	غير سليلوزي	سليلوزي في النبات
الجسيم المركزي	غير موجود	غالباً موجود
الأنبيبيات الدقيقة	غير موجود	موجود

التركيب الكيميائي للخلية CYTOCHEMISTRY

بينت الأبحاث والدراسات المتعددة التي بحثت في كيمياء الخلية أن الخلية ذات مظاهر متعددة ومختلفة، وهي معقدة التركيب، وذات أنشطة حيوية متباينة، كما أن الخلية تخزن عددًا كبيرًا من الذرات والعناصر والجزيئات والمركبات الكيميائية العضوية Organic واللاعضوية Inorganic. وتختلف نسب تلك المكونات من خلية إلى أخرى ومن كائن إلى آخر، حسب الموقع والوظيفة وغيرها من العوامل الأخرى كالعمر والوسط المحيط والحالة الفسيولوجية... إلخ. وقبل الشروع في دراسة المكونات الكيميائية للخلية لا بد من معرفة العناصر المختلفة التي تؤلف الكيان الفيزيائي والكيميائي لهذه الخلية. تعد الخلية أصغر وحدة حية ذات تنظيم كيميائي فيزيائي معقد يشكل نظامًا منسقًا لجعلها قادرة على القيام بأعمالها الحيوية المختلفة كالبناء الضوئي والنمو والتكاثر والتنفس والإخراج... إلخ.

تقسم العناصر الكيميائية في الخلية إلى ثلاثة أنواع، هي:

١- العناصر الأولية أو عناصر الوفرة Primary Elements: هي تلك العناصر الأساسية التي توجد في الخلية بنسب عالية، وتشمل أربعة عناصر، هي الهيدروجين والأكسجين اللذان يتحدان معًا ويكوّنان الماء H_2O الذي يؤلف النسبة العظمى من

وزن جسم الكائن الحي، والكربون الذي يتحد مع العنصرين السابقين لتكوين الجزيئات العضوية Organic Molecules الضرورية للحياة وهي الكربوهيدرات Carbohydrates والدهون Lipids، وهما مصدران رئيسان للطاقة، بالإضافة إلى البروتينات Proteins التي تتكون من العناصر الثلاثة مضافاً إليها عنصر النيتروجين. وتعد البروتينات من المكونات الرئيسة للبروتوبلازم Protoplasm في الخلية.

يوضح الجدول رقم (٢) نسب وجود العناصر الأولية الأربعة في جسم الكائن الحي؛ فهي تعد الأساس في تكوين معظم وزن الجسم الحي، حيث تشكل ما يقارب ٩٠٪ من كتلة المادة الحية. تتحد هذه المواد معاً أو مع المواد الأخرى لتكوين المركبات العضوية واللاعضوية المختلفة. إن جميع المركبات العضوية تحتوي على عنصر الكربون؛ فهو العنصر الوحيد الذي يميز المادة الحية لأنه يرتبط بروابط كيميائية مع ذرات عناصر أخرى لتكوين الجزيئات الضرورية لبناء المادة الحية.

الجدول رقم (٢). العناصر الأولية التي تدخل في تركيب جسم الكائن الحي.

اسم العنصر	نسبة وجوده في جسم الإنسان	أهميته الحيوية
الأكسجين (O ₂)	٦٥٪	ضروري للتنفس الخلوي ومكون أساسي للماء ومعظم الجزيئات العضوية
الكربون (C)	١٨٪	مكون أساسي للمركبات العضوية
الهيدروجين (H ₂)	١٠٪	مكون أساسي للماء ومعظم الجزيئات العضوية
النيتروجين (N)	٣٪	مكون أساسي للبروتينات والأحماض النووية

٢- العناصر الثانوية Secondary Elements: يطلق عليها كذلك عناصر المجموعة الكبرى Macroelements وتشمل ثمانية عناصر، وتكون النسبة المتبقية من وزن جسم

الكائن الحي. لكل من هذه العناصر أهميته ودوره الفعال في الخلية لإتمام العمليات الحيوية. عناصر هذه المجموعة ونسب وجودها في جسم الكائن الحي، وكذلك أهميتها الحيوية موضحة في الجدول رقم (٣).

الجدول رقم (٣). العناصر الثانوية التي تدخل في تركيب جسم الكائن الحي.

اسم العنصر	نسبة وجوده في جسم الإنسان	أهميته الحيوية
الكالسيوم (Ca)	١,٥ ٪	عنصر أساسي في تركيب العظام والأسنان، وتجلط الدم
الفسفور (P)	١ ٪	مكون أساسي للأحماض النووية و تركيب العظام
البوتاسيوم (K)	٠,٤ ٪	له دور مهم في الوظائف العصبية وانقباض العضلات
الكبريت (S)	٠,٣ ٪	يدخل في تركيب معظم البروتينات
الصوديوم (Na)	٠,٢ ٪	أيون موجب له دور مهم في حفظ توازن السوائل داخل وخارج الخلية، وله دور أساسي في نقل التيارات العصبية
الكلور (Cl)	٠,١ ٪	أيون سالب له دور في حفظ توازن السوائل داخل وخارج الخلية
الماغنسيوم (Mg)	٠,١ ٪	عنصر أساسي في العديد من الأنظمة الإنزيمية
الحديد (Fe)	٠,٠٢ ٪	يدخل في تركيب هيموجلوبين الدم وفي عدد من الإنزيمات

٣- العناصر الأثرية Trace Elements: يطلق عليها عناصر المجموعة الصغرى Microelements وتشمل ستة عناصر. توجد عناصر هذه المجموعة بكميات ضئيلة جداً إلا أنها تؤدي دوراً بيولوجياً هاماً في العديد من العمليات الحيوية المختلفة، ورغم أنها توجد بنسب بسيطة إلا أن أي تغير في هذه النسب كالزيادة أو النقص سوف يؤدي إلى

خلل فسيولوجي في وظيفة الخلية، وقد يؤثر هذا الخلل على الناحية الوظيفية والتركيبية للخلية، ومن ثم النسيج والعضو، وهذا سيؤدي بلا شك إلى تفاقم المشكلة في حال استمرارها. يوضح الجدول رقم (٤) نسب وجود العناصر الأثرية في جسم الكائن الحي، وكذلك أهميتها الحيوية.

تتحد العناصر الكيميائية المختلفة معًا لتكوين جزيئات صغيرة كالأحماض الأمينية والسكريات الأحادية، وهذه الجزيئات تتحد معًا لتكوين جزيئات أكبر مثل الكربوهيدرات العديدة والبروتينات والدهون والأحماض النووية، وهذه الجزيئات الكبيرة تتحد معًا لتكوين عضيات الخلية كالنواة والميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية والبلاستيدات... إلخ. وتبرز أهمية هذه الجزيئات من خلال حركة التطور والتغير ضمن تفاعلات وروابط كيميائية مع جزيئات أخرى ضمن محيطها، وكثير من هذه الجزيئات غني بالطاقة، فعند تحللها إلى جزيئات أصغر كما في عمليات الهدم Catabolism تتحرر الطاقة، وعند اتحاد هذه الجزيئات معًا لتكوين مركبات جديدة كعمليات البناء Anabolism فإنها تحتاج إلى صرف طاقة، فإذا كان هناك توازن بين عمليات الهدم والبناء (الأيض) Metabolism فإن ذلك يعني أن الخلية في حالة استقرار.

الجدول رقم (٤). العناصر الأثرية التي تدخل في تركيب جسم الكائن الحي.

اسم العنصر	أهميته الحيوية
اليود (I)	مهم لتصنيع هرمونات الغدة الدرقية ونقصه يسبب تضخم الغدة
النحاس (Cu)	له دور في تركيب بعض الصبغيات كالهيموسيانين
المنغنيز (Mn)	له دور في تركيب كريات الدم الحمراء
الزنك (Zn)	يرتبط مع هرمون الإنسولين في البنكرياس
الفلورين (F)	ضروري للمحافظة على سلامة الأسنان
الكوبلت (Co)	يدخل في تركيب العامل المكون لخلايا الدم Haemopoietic Factor