

المحاضرة الأولى

الاستتباب (الاتزان الداخلي) وتنظيم البيئة الداخلية

تهتم الفيزيولوجيا البشرية بالخصائص والآليات النوعية لجسم الإنسان التي تجعل منه كائناً حياً، وحقيقة بقائنا أحياء هي نتيجة تنظيمنا الذاتي، فالجوع يجعلنا نطلب الطعام، والخوف يجعلنا نبحث عن الملجأ، والشعور بالبرد يجعلنا نحتاط الدفء، ودوافع وقوى أخرى تجعلنا نبحت عن الرفقة والصحبة وكذلك التكاثر والتوالد، وهكذا فإن الكائن البشري هو في الحقيقة آلة تلقائية، وكوننا كائنات ذكية تشعر وتحس وتتعلم فإن ذلك جزء من السلسلة التلقائية للحياة، وهذه الميزات والخصائص تسمح لنا بالبقاء والاستمرار بالحياة ضمن الظروف المختلفة.

الاستتباب (الاتزان الداخلي) Homeostasis

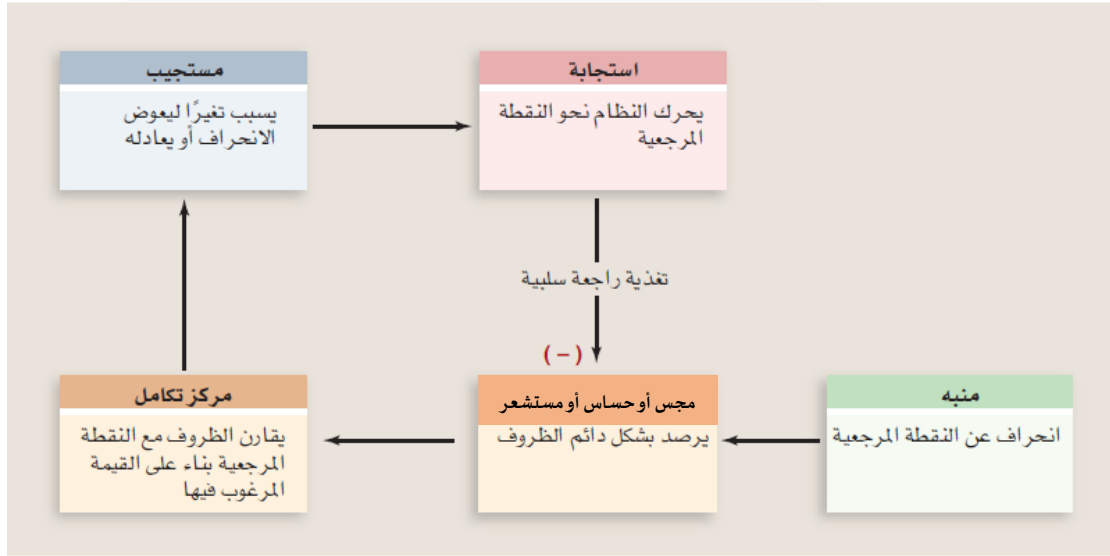
هو محاولة الكائن الحي وسعيه إلى الحفاظ على حالة استقرارٍ نسبية لثوابت الوسط الداخلي أو البيئة الداخلية Internal environment للجسم ضمن مجال لا يؤثر في حياة الفرد.

ويتم ذلك بتدخل آليات قادرة على تعديل المتغيرات الفيزيائية والكيميائية لهذا الوسط من خلال تدخل أعضاء الجسم وأجهزته المختلفة التي تعمل على إنجاز الفعاليات التي تساعد على الاستتباب، وإذا فقد أيُّ جهازٍ منها قدرته على المساهمة بنصيبه من العمل لتأمين حالة الاستتباب فستعاني عندها معظم خلايا الجسم هذا الضرر، مما يؤدي إلى ظهور أعراض مرضية، وربما حدوث الموت.

يُوصف الوسط الداخلي للجسم بأنه سائل هلامي يتكون من ماء ومركبات منحلّة قابلة للانتقال عبر الأغشية الخلوية كالمغذيات والأيونات (الشوارد) والجزيئات الكيميائية التي تحتاج إليها الخلايا، إضافة إلى نواتج الاستقلاب التي تطرحها في محيطها.

وتُعرف هذه المواد بالمتغيرات الفيزيائية والكيميائية، التي يوجد كل منها عادة بمقدار ضمن مجال محدد. وتستمر الخلايا في حياتها إذا استمر تبادل المواد بينها وبين السائل النسيجي، واستمر تبادل المواد بين السائل النسيجي والبيئة الخارجية بتدخل أجهزة الهضم والدوران والتنفس والإطراح بتنظيم عصبي وهرموني. وهذه الأفعال تسمح للجسم الحي بتجديد مكونات وسطه الداخلي والحفاظ على استقراره على النحو الذي يضمن تأمين الظروف الملائمة للفعاليات الاستقلابية في خلايا الجسم.

تعمل معظم هذه الأجهزة على مبدأ التلقيم (التغذية) الراجع السلبي Negative feedback الشكل (1)، بمعنى أنه إذا ما ابتعد أحد متغيرات الوسط الداخلي عن الحدود الطبيعية - زيادة أو نقصاناً - تتدخل أجهزة التحكم في الجسم بجملة من ردود الفعل تعمل على إعادة هذا المتغير إلى قيمته الطبيعية.



الشكل (1): التلقيح الراجع السلبي.

استتباب درجة حرارة الجسم

تتم معظم التفاعلات الاستقلابية التي تنجزها خلايا الجسم في الحيوانات الحية في مجال محدد من درجة الحرارة تراوح بين 2- و 40+ م° وتتضاعف سرعة هذه التفاعلات مرتين إلى ثلاث مرات مع كل ارتفاع في درجة الحرارة مقدارها 10 درجات مئوية، بدلالة زيادة استهلاك الأوكسجين من قبل الحيوان مع ارتفاع درجة الحرارة.

وإذا زادت درجة الحرارة الداخلية للجسم عن 40 م° فإن ذلك يؤدي إلى خلل في التفاعلات نتيجة تعطل عمل الإنزيمات المشرفة على هذه التفاعلات، علماً أن الإنزيمات تتخرب كلياً إذا تجاوزت درجة حرارة الجسم 45 م°، وبالعكس ذلك ينخفض معدل الاستقلاب مع انخفاض درجة حرارة الجسم، وتقل معها كمية الطاقة التي يستطيع الجسم أن يحشدها لأوجه نشاطه الحيوي؛ لذلك تسعى الحيوانات جاهدة إلى إيجاد البيئة المناسبة التي لا تتطلب من الكائنات بذل جهد كبير للحفاظ على نشاطها الحيوي لمواجهة تبدلات درجة حرارة الوسط المحيط باستجابات سلوكية وأخرى فيزيولوجية تعتمد فيها على جملة تنظيم تتحكم بدرجة حرارة الجسم.

ووفقاً لذلك تقسم الحيوانات إلى مجموعتين أساسيتين، متبدلة الحرارة Poikilotherms، ومتجانسة الحرارة Homeotherms:

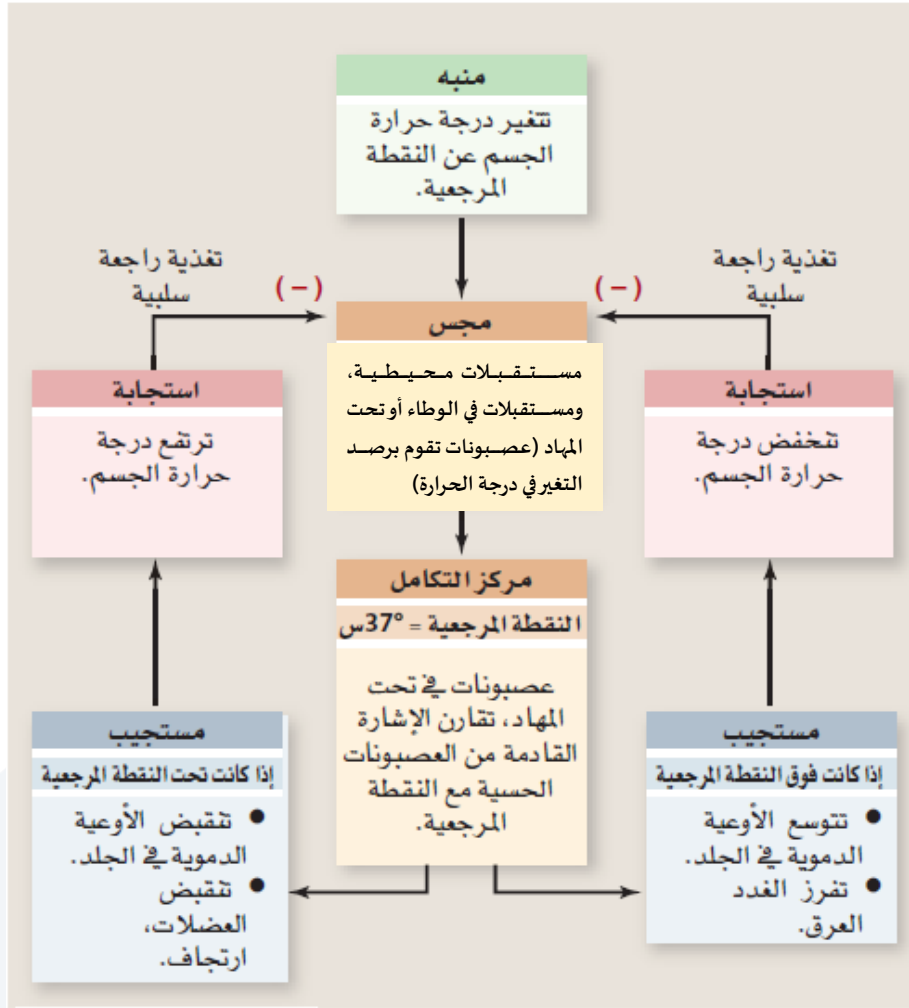
1. الحيوانات متبدلة الحرارة، وتعرف أيضاً بذوات الدم البارد، وهي تضم جميع اللافقاريات والأسماك والبرمائيات والزواحف من الفقاريات، وتتميز بأن درجة حرارة أجسامها الداخلية تتغير بتغير درجة حرارة الوسط المحيط، وبأنها لا تصرف الكثير من الطاقة الحيوية لمقاومة تبدلات درجة حرارة البيئة التي يعيش فيها الكائن الحي.

2. الحيوانات متجانسة الحرارة، أو ذوات الدم الحار، وتضم الطيور والثدييات، وتتميز بثبات درجة حرارة أجسامها ضمن حدود ضيقة لا تتغير مهما تغيرت درجة حرارة الوسط، وهي تراوح بين 36 و 38 م° في معظم الثدييات، وبين 40 و 42 م° عند الطيور. وهي تُسخّر جزءاً من طاقتها الحيوية لاستتباب درجة حرارة أجسامها. تضبط هذه الحيوانات حرارة جسمها المركزية من خلال تحقيق التوازن بين إنتاج الجسم للحرارة وفقده للحرارة، بفضل عمل جهاز تنظيم حراري يشترك به عددٌ من الأجهزة والأعضاء قد تطلّ معظم خلايا الجسم. تستطيع الحيوانات متجانسة الحرارة أن تنظم درجة حرارة أجسامها على مستوى الجزء من الدرجة المثوية بفضل التدفق المستمر للمعلومات القادمة من المستقبلات الحرارية المحيطية لمختلف مناطق الجسم إلى مركز التنظيم الحراري الموجود في الوطاء Hypothalamus، علماً أن هناك مستقبلات سخونة ومستقبلات برودة تستقبل تغيرات الحرارة والبرودة في الخارج.

يقوم المركز العصبي المنظم لحرارة الجسم بتحليل المعلومات الحسية القادمة من المستقبلات الحرارية، ويقدر الموقف الحراري للجسم. وبناءً على ذلك يرسل إيعازات إلى الفاعلات ليدفعها إلى إنتاج الحرارة أو طرحها اعتماداً على مبدأ التلقيح الراجع السلبي لضبط درجة حرارة الداخل، وهي لدى الإنسان بنحو 37 م° وهذا وإن أي انحراف في درجة حرارة الداخل عن قيمة نقطة البدء زيادةً أو نقصاناً يؤدي إلى انطلاق إشارة خطأ Error signal تعمل على ضبط الأمور وذلك بتسيير آليات إنتاج الحرارة أو طرحها.

فعند ارتفاع درجة حرارة الجسم من جراء التعرض للظروف الحارة، أو لدى قيام الفرد بأعمال مجهدّة، أو عند إصابته بالحمى، تتفوق عندئذ المعلومات الحرارية القادمة من مستقبلات السخونة على المعلومات الحرارية القادمة من مستقبلات البرودة، ويؤدي ذلك إلى تفوق إشارة الخطأ الناجمة عن السخونة، ويتنبه على أثرها مركز التنظيم الحراري وتدفعه إلى تسيير آليات متعددة تعمل على خفض درجة حرارة الجسم وإعادتها إلى مستوى نقطة البدء.

يُذكر منها توسع الأوعية الدموية السطحية نتيجة تأثير مركز التنظيم الحراري في المراكز العصبية الودية وتثبيطها، الأمر الذي يؤدي إلى تناقص تأثير الجملة الودية في فعاليات تقلص العضلات الملّس الخاصة بالأوعية الدموية؛ مما يؤدي إلى توسع قطرها وزيادة تدفق الدم إلى الجلد الشكل (2)، يزداد معه معدل نقل الحرارة من المركز إلى المحيط لتطرح خارجاً بالإشعاع Radiation والتّماس أو التوصيل أو النقل Conduction والحمل Convection والتبخّر Evaporation.



الشكل (2): آلية تنظيم درجة حرارة الجسم وفق التلقيم الراجع السلبي.

ويشار هنا إلى أن النقل بالتماس يكون فعالاً عندما تكون درجة حرارة الجسم أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط لأنها توفر نقل الحرارة من الجسم الأكثر سخونة إلى المحيط الأقل درجة حرارة.

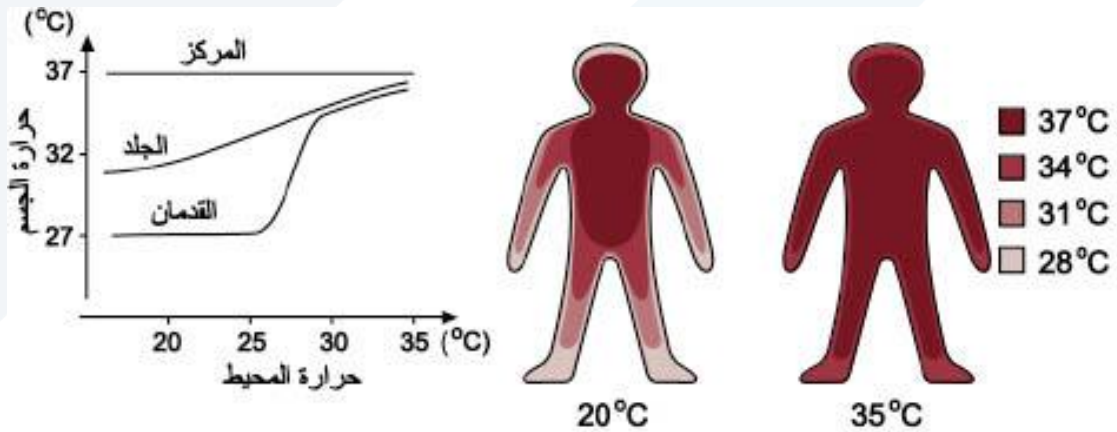
يزداد طرح الحرارة بهذه الطريقة مع توافر آليات الحمل بفضل مرور تيارات هواءٍ أو ماءٍ فوق سطح الجسم، تمتص جزءاً من الحرارة القريبة من السطح الساخن وتنقلها بعيداً عنه ليحل محلها تيارات جديدة تحمل كمية أخرى من الحرارة، وهكذا يستمر حمل المزيد من الحرارة ونقلها بعيداً عن الجسم.

أما إذا كانت درجة حرارة الجسم أقل من درجة حرارة الوسط المحيط فعندئذ يعد تبخر الماء - الناجم عن التعرق أو اللهاث - الطريق الوحيد للتخلص من الحرارة الزائدة.

فالتعرق هو عملية إفراز تتم بزيادة فعالية الغدد العرقية وحضها على إفراز العرق للتخلص من الحرارة الزائدة. وفي هذه الحالة يكون معدل فقد الجسم للحرارة أكبر من إنتاجها، وتصبح الفروق الحرارية بين المركز والأطراف قليلة نتيجة استمرار تدفق الدم المحمل بالحرارة من المركز باتجاه المحيط الشكل (3).

أما لدى انخفاض درجة حرارة الجسم من جراء التعرض للأوساط الباردة فيتنبه مركز التنظيم الحراري الذي يغير إشارة الخطأ في الاتجاه المعاكس للحالة السابقة. ويعمل عندئذٍ جهازٌ ضبط الحرارة على رفع درجة حرارة مركز الجسم بتدخل عدة آليات، منها:

1. تنشيط آليات إنتاج الحرارة بالقشعريرة **Shivering**، وهي رجفة عضلية لا إرادية، عبر زيادة التقلص العضلي وزيادة نشاط الجهاز العصبي الودي الذي يحرض خلايا غدة الكظر على إفراز الأدرينالين في الدم لينشط عمليات تقويض واستهلاك الشحوم وزيادة معدل استقلالها لزيادة إنتاج الحرارة، وكذلك زيادة إنتاج التيروكسين في الغدة الدرقية وإفرازه في الدم لرفع مستوى الاستقلاب الأساسي في الخلايا.
2. تثبيط آليات طرح الحرارة عبر الجلد وذلك بتنشيط عمل الجملة الودية التي تسبب تضيق الأوعية الدموية وبالتالي الحد من تدفق الدم إلى الجلد. وفي هذه الحالة يكون معدل إنتاج الجسم للحرارة أكبر من فقدها، وينكمش معها المركز الحراري ليقترص على الرأس والجذع. وتصبح الفروق الحرارية بين المركز والأطراف كبيرة نتيجة قلة تدفق الدم باتجاه المحيط الشكل (3).

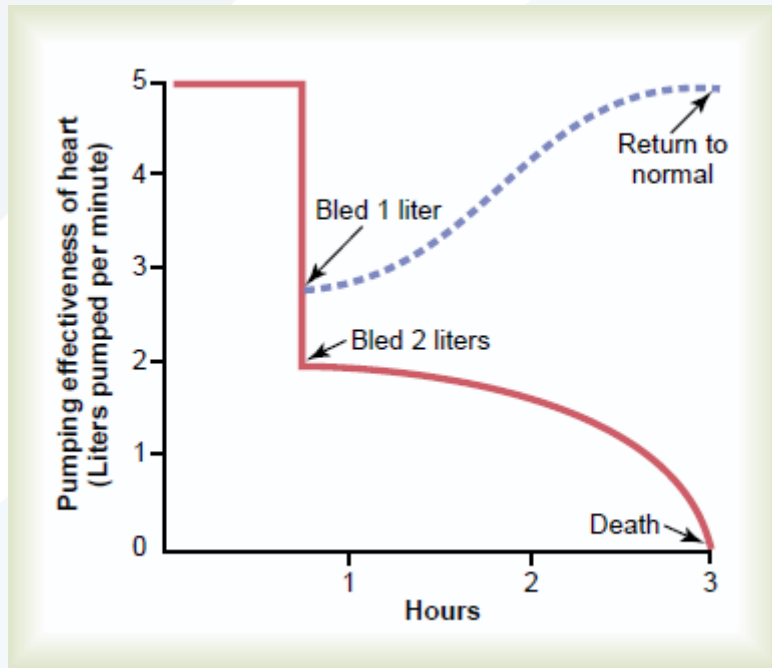


الشكل (3): يوضح العلاقة بين درجة حرارة الجسم ودرجة حرارة الوسط المحيط، وأثر ذلك في اختلاف درجة حرارة المركز والجلد والأطراف.

التلقيح الراجع الإيجابي

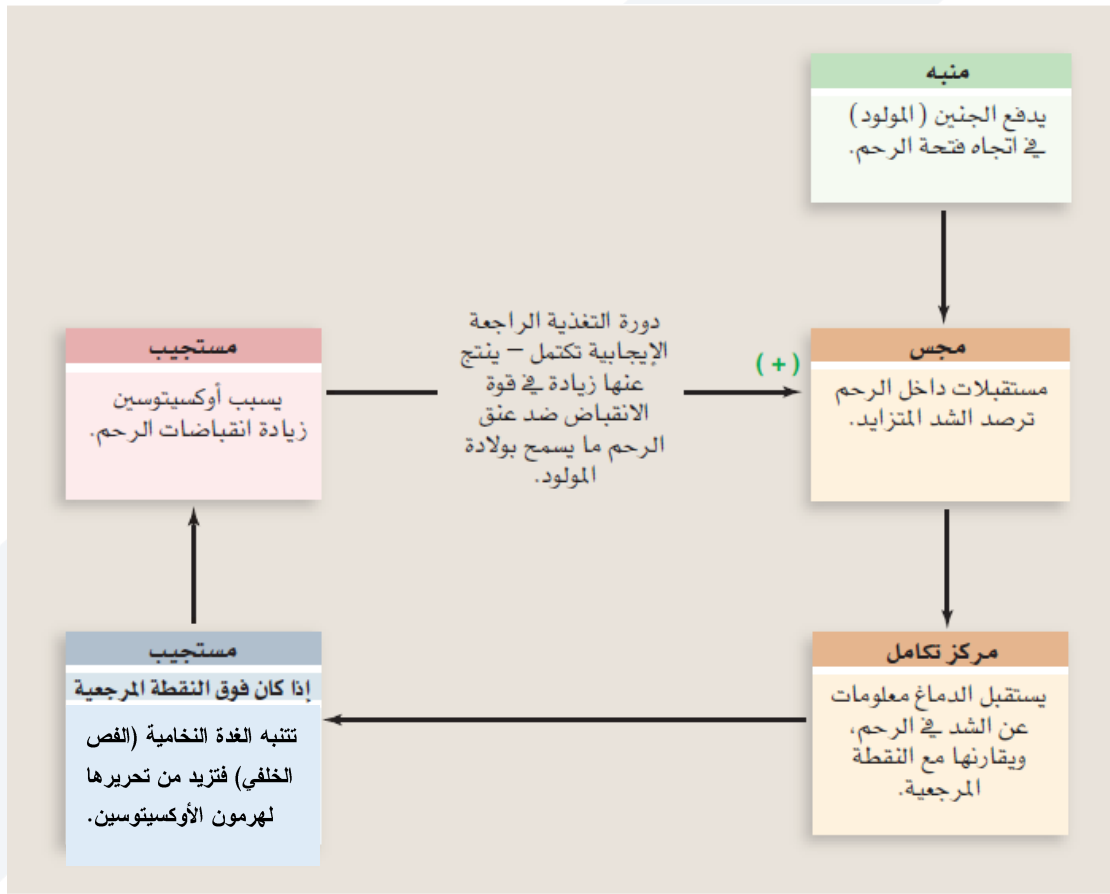
قد يسأل أحدهم: لماذا تعمل أجهزة التحكم في الجسم بالضرورة بالتلقيح الراجع السلبي بدلاً من التلقيح الراجع الإيجابي؟ وللإجابة عن هذا السؤال، تمت دراسة طبيعة التلقيح الراجع الإيجابي، ليتبين بأنه لا يؤدي إلى الاستقرار بل إلى عدمه، وغالباً إلى الموت، فهل ذلك ينطبق على كل آليات التلقيح الراجع الإيجابي؟

بين الشكل (4)، مثلاً عن الموت الذي يحدث نتيجة التلقيح الراجع الإيجابي؛ حيث أن قلب الإنسان السوي يضخ حوالي 5 لترات من الدم في الدقيقة، فإذا ما نزع هذا الشخص فجأة أكثر من لترين من الدم، فإن كمية الدم في الجسم ستنقص إلى درجة كبيرة وغير كافية ليضخها القلب بفعالية، وبالنتيجة يهبط الضغط الشرياني، ويضعف جريان الدم إلى العضلة القلبية عبر الأوعية الإكليلية، ويتبعها إضعاف القلب، وبالتالي إنقاص أكثر للضخ، ومن ثم إنقاص أكثر لجريان الدم الإكليلي، وإضعاف أكثر للقلب، وتبقى هذه الحلقة تكرر نفسها مرات ومرات حتى الموت. ويلاحظ أن كل دورة في التلقيح الراجع الإيجابي تضعف القلب أكثر من سابقتها، وبمعنى آخر فالتنبه البدئي يسبب زيادة في المنبه نفسه أو تعزيز المتغير بدلاً من تصحيحه وإعادته إلى النقطة المرجعية.



الشكل (4): يوضح الموت الناجم عن التلقيح الراجع الإيجابي عند نزع لترين من الدم.

ولكن قد يكون التلقيح الراجع الإيجابي مفيداً في بعض الحالات؛ إذ استطاع الجسم في حالات نادرة أن يتعلم كيف يستخدم التلقيح الراجع الإيجابي لمصلحته. وكمثال عن ذلك نذكر حادثة الولادة، فعندما تصبح تقلصات الرحم قوية بشكل كافٍ لدفع رأس الجنين عبر عنق الرحم، فإن تمدد العنق يرسل إشارات تؤدي إلى تقلصات أقوى وتمدد أكبر للعنق، وبالتالي ولادة الطفل الشكل (5)، فالتلقيح الراجع الإيجابي في هذه الحالة عزّز المتغيرات، وأنجز في النهاية وظيفة متخصصة في الجسم.



الشكل (5): يوضح دور التلقيح الراجع الإيجابي أثناء الولادة.

انتهت المحاضرة ... بالتوفيق للجميع