

الاستتباب (الاتزان الداخلي)

Homeostasis

من أجل البقاء، تحتاج الكائنات أن تحتفظ بشروط استقرار أجسامها نسبياً. يحدث ذلك من خلال الاستتباب أي العمليات التي يقوم بها الجهاز الفسيولوجي والتي تعوض باستمرار التغيرات التي تحدث في العالم الخارجي وقد تدمر بيئاتنا الداخلية.

على مدار ألفي عام، استند الطب الغربي على مفهوم أخلاط السوائل الأربع وهي الدم والبلغم والمرّة الصفراء والمرّة السوداء، اعتقاداً منهم أنها تسبب الأمراض إذا اختل توازنها. روج الطبيب اليوناني أبقرات Hippocrates (460 - 370 ق.م) لهذه الفكرة، حيث أصر على أن الأمراض لها أسباب طبيعية بدلاً من الأسباب الخارقة للطبيعة. وبحلول القرن التاسع عشر ومع تطور علم المناعة، تضاعف دعم فكرة الأخلاط، وحولها العلماء إلى نقاش هل تتسبب

الخط الزمني

1876م	1894م	1929م
اقترح برنارد أن العمليات الفسيولوجية تحمي البيئة الخارجية.	اكتشف جورج أوليفر George Oliver وإدوارد شافير Edward Schäfer أن هرمون الأدرينالين «الكر أو الفر».	صاغ كانون Cannon مصطلح «الاستتباب أو الاتزان الداخلي» بعد وصفه كجهاز ارتجاع سلبى.

الجراثيم في حدوث المرض بشكل أساسي أم يحدث المرض نتيجة تهديدات لاستجابات الجسم، وقد قارن الطبيب الكندي ويليام أوسلر William Osler هذا «بالبذرة والتربة». اعتقد لويس باستور مؤسس نظرية الجرثومية أن البذرة (الجراثيم) هي التي تسبب الأمراض، بينما اعتقد زميله كلاود برنارد أن التربة (تهديدات في استجابات جهاز مناعة الجسم) هي المسؤولة عن حدوث الأمراض. وفقاً لرواية باستور، فقد اعترف في نهاية المطاف قائلاً: «كان برنارد محقاً، حيث تعتبر الجرثومة لا شيء، فالترية هي كل شيء».

اكتشف برنارد عدة طرق لتغيرات استجابة «التربة»، وفقاً لتجاربه، بالأساس على الثدييات، طور برنارد مفهوم «البيئة الداخلية» لتكون السائل الذي يغمر ويغذي الخلايا. في 1876 تقريباً، قدم اقتراحاً أكثر عمقاً مؤداه أن الحيوانات والنباتات تحافظ على ثبات عالمها الداخلي من خلال آلياتها الفسيولوجية التي تعوض باستمرار التغيرات الخارجية. وفي عام 1929، أطلق عالم الفسيولوجيا الأمريكي والتر كانون Walter Cannon عليها اسم «الاستتباب أو الاتزان الداخلي».

كلاود برنارد Claude Bernard

1936م	1988م	1998م
طرح سيلي Selye أن مسيات الإجهاد تحفز نفس استجابات الإجهاد.	طرح ستيرلنج Sterling وآير Eyer التكيف مع الإجهاد الخارجي من خلال الإفراط allostasis (هي عملية الوصول للاستتباب عن طريق تغير سلوكي أو فسيولوجي).	أثبت جولدشتاين Goldstein وزملاؤه أنه لا يوجد استجابة أحادية للإجهاد.

الارتجاع السلبي

في أوائل القرن العشرين امتدت أبحاث كانون استكمالاً لنظرية برنارد. فقد طرح أن الكائنات تحاول أن تحافظ على المتغيرات في البيئة الداخلية بالقرب من القيمة المثالية مثل درجة حرارة جسم الإنسان الأساسية 37°C (98.6°F)، كما قال «تُنَفَّذ التعديلات التلقائية داخل الجهاز وتُمنع التذبذبات بذلك على نطاق واسع وتُحفظ الشروط الداخلية ثابتة إلى حد ما». الآن، نقول إن تلك التعديلات التلقائية هي حلقة ارتجاع سلبي.

يتعامل الاستتباب مع الجسم باعتباره نوعاً من الآلات كجهاز معرفي. ينظم الاستتباب كل تغير فسيولوجي، حيث يعمل الاستتباب مثل منظم الحرارة في منزلك، ومن خلال الارتجاع السلبي، يشغل منظم الحرارة جهاز التدفئة عندما يصبح المنزل بارداً ويطفئه عندما يصبح المنزل دافئاً (ربما حتى ينشط وحدة التكييف بدلاً من جهاز التدفئة). في الثدييات يحفز ارتفاع درجة الحرارة العرق ويحول تدفق الدم في اتجاه الجلد مساعداً بذلك في فقد الحرارة، بينما في حالة انخفاض درجة الحرارة تحت الرجفة على توليد الحرارة عن طريق نشاط العضلات وتنقبض الأوعية الدموية السطحية لتعيد توجيه الدم إلى الأعضاء الداخلية. وبالمثل تتحكم حلقات الارتجاع السلبي في متغيرات أخرى فتحمي الجسم من التقلبات الخارجية.

الإجهاد الحاد والمزمن

في عام 1936، قام عالم الفسيولوجيا الأسترالي الكندي هانز سيلبي Hans Selye بإخضاع الفئران لتجارب متنوعة وتعريضها «لعوامل ضارة» من بينها التعرض للبرد، تمارين زائدة، وحقنها بالفورمالدهيد. بغض النظر عن مسببات الإجهاد stressor، رأى سيلبي ظهور نفس

الأعراض الباثولوجية وحدثت متلازمة تضخم الغدد الأدرينالية وفقدت أنسجة المناعة وحدث لها نزيف في قرح المعدة. استخدم سيلبي عبارة «الإجهاد» لوصف هذه الاستجابة التي أعادت تعريف الكلمة من معناها القوة المادية الذي أفرز الإجهاد والوهن إلى معناها القوة البيولوجية التي تعرضت لتغير حوّل الجسم بفعالية إلى حالة من الاستتباب.

محور الإجهاد

أثناء حدوث أي طارئ، تعطي الكائنات الأولوية للبقاء على المدى القصير. ففي الفقاريات، ينشط المنح المحور الوطائي - النخامي - الكظري الحديث (HPA) Hypothalamic-Pituitary-Adrenal، ونظام الارتجاع السلبي متضمنًا هرمونات الغدد الصماء الثلاثة وهي: الغدة الوطائية والنخامية تحت جذع المنح، والغدة الأدرينالية فوق الكلّيتين (أو عضو داخلي في البرمائيات والأسماك). بعد التعرض لمسيبات الإجهاد، يبحث الجهاز العصبي السمبثاوي على انبعاث هرمونات كاتيكولامين catecholamines وهو حمض أميني يقوم بعمل الناقلات العصبية، هرمون الأدرينالين وهرمون النورأدرينالين من الغدة الكظرية التي تحول الجسم إلى ما يسمى بحالة الكر والفر، إذن تستعد العضلات والأبيض للتحرك. ثم تفرز الغدة الوطائية هرمون العامل المطلق لموجّهة القشرة (CRH) corticotropin-releasing factor hormone، ويحفز الناقل العصبي الغدة النخامية لتبعث هرمون موجهة قشرة الكظر (ACTH) adrenocorticotrophin الذي ينتشر بدوره في مجرى الدم ويشبه الغدة الكظرية التي تنتج الهرمونات القشرية السكرية (GC) glucocorticoid وهي الكورتيزول cortisol في أغلب الثدييات والأسماك والكورتيكوستيرون corticosterone في الطيور والزواحف. ويعتبر تدفق هرمونات CG في الدم علامة على الاستجابة للإجهاد الحاد الذي يصل لذروته في غضون نصف ساعة فيغير الحالة الفسيولوجية والسلوكية للكائن، لذلك يمكن أن تتغلب على الموقف المجهد أو تنتقل بعيدًا عنه. يفحص المنح حلقات الارتجاع السلبي المرتد في هرمونات CG، مغلقًا المحور الوطائي - النخامي - الكظري الحديث الذي يعيد الكائن بالتدريج إلى حالته قبل حدوث ذلك الطارئ.

أطلق سيلي على الاستجابات اسم «متلازمة التكيف العامة» وطرح ثلاث مراحل لها: المرحلة الأساسية (إنذار التفاعل) ثم مرحلة التكيف من خلال (المقاومة) ومرحلة (الإنهاك) التي يمكن أن تؤدي إلى الموت. الآن تتكامل كل هذه المراحل في المحور الوطائي - النخامي - الكظري الحديث.

في عام 1976، عرف سيلي الإجهاد بأنه «استجابة الجسم غير المحددة لأي طلب». وتتعلق «الاستجابة غير المحددة» بتجاربه حيث طرح أن الفئران تستجيب لمسببات الإجهاد مع نفس الأعراض. فقد أدى ذلك إلى مفهوم «متلازمة الإجهاد» التي تشبه «جريان الأدرينالين» القديم. في عام 1998، اختبر ديفيد جولدشتاين David Goldstein وزملاؤه نظرية سيلي من خلال تعريض الفئران إلى مسببات الإجهاد مثل البرد والفورمالدهيد وقد أثبتوا وجود اختلاف في مستويات الهرمون في المحور الوطائي - النخامي - الكظري الحديث. فبدلاً من استجابة الإجهاد الأحادية غير المحددة، تحفز مسببات الاستجابة استجابات مختلفة، كل منها بعلامة فسيولوجية مميزة.

الإفراط

في أوقات الراحة تحتاج العضلات الهيكلية في جسم الإنسان حوالي لتر دم مؤكسج في الدقيقة، أما عند قمة المجهود فتحتاج العضلات الهيكلية إلى 20 لتر دم مؤكسج تقريباً. حيث تحدد طلبات العالم الخارجي النشاط الفسيولوجي. في عام 1988، طرح عالما الأعصاب الأمريكيان بيتر ستيرلينج Peter Sterling وجوزيف آير Joseph Eyer أن الكائنات يمكن أن تحافظ على الاستقرار من خلال التغير وأدخلا مصطلح allostasis الذي يعني «التماثل الآخر». عند استخدام منظم الحرارة المنزلي المتناظر، يتم ضبط الحرارة المرغوب فيها للصباح والمساء للصيف والشتاء. ينسق المنح إعدادات لكل متغير مثل درجة الحرارة الأساسية وسكر الدم. وتعتبر مسببات الإجهاد هي المعادل لتترك الباب أو النافذة مفتوحين، فيخلق ذلك «فرط الحمل allostatic load» الذي يضع الجسم تحت الوهن مسبباً تآكل وتمزق لأجهزته، كآثار الإجهاد المزمن.

تعتبر نظرية الاستتباب الأصلية بسيطة إلى حد بعيد، حيث أن الكائن يحمي بيئته الداخلية حول حالات ثابتة. ويفضل علماء فسيولوجيا الإنسان مصطلح الإفراط، في حين يمزج علماء الأحياء بين فكرة برنارد الأساسية حول البيئة الداخلية والارتجاع السلبي لكانون واستجابات الإجهاد لسيلي. وبدلاً من الآليات التي تمنع التغير الداخلي، يعتبر الاستتباب الآن هو المفهوم الكلي القائم على بقاء التحديات البيئية.

الفكرة الرئيسة

يتم التكيف مع التغيرات الخارجية عن طريق
ضبط إعدادات البيئة الداخلية