10. نحن «مثلهم»

بصفتي مدير مختبر الذكاء الاصطناعي التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، يسعدني على الدوام إطلاع الزوار والضيوف على كل المشاريع الخيالية التي يجري القيام بها في مختبرنا. وأشعر أنني محظوظ بما فيه الكفاية، ليس فقط لوجودي في أول وأهم مؤسسة تكنولوجية في العالم، بل أيضاً لأني أمثل مختبراً في تلك المؤسسة يتصف بأقصى درجات الإبداع، علاوة على امتلاكه لأحدث مقتنيات التكنولوجيا في العالم وأكثرها إثارة للاهتمام في مجال تقانة المعلومات تحديدا. هناك بالطبع جانب سلبي في معهد ماساتشوستس، حيث يتصادف وجود مختبرين آخرين لتكنولوجيا المعلومات يفوق كل منهما مختبرنا حجما، وينافسه في لفت انتباه ذات الممولين. في عام 1997، وضعت مجلة «يو اس نيوز ووورلد ريبورت» (U.S. News & World Report) مختبر علوم الحاسب الآلي (Laboratory for

(Computer Science)، ومختبر تقنية وسائل الإعلام (Media Laboratory)، ومختبر الذكاء الاصطناعي (AI Lab) التابعة جميعاً لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، على رأس قائمة تضم أفضل عشرة مختبرات لتكنولوجيا المعلومات في الولايات المتحدة. المشكلة أنني أجد لزامي علي في كثير من الأحيان مشاركة توأمينا في نفس المجمع أضواءَ الشهرة في عالم الاختراعات التكنولوجية الحديثة. وفي حين نرى أننا نعمل في واحد من أفضل المختبرات في العالم، فإن كلا من المختبرين الآخرين لا ينفك يشعرنا بتواضع الإنجازات التي حققناها.

كان لمختبر تكنولوجيا المعلومات وقع كبير في التسعينات بعد اكتشاف الباحثين فيه الكمبيوتر «الملبوس» wearable computer. وكان العديد من الطلاب، بمن فيهم ستيف مان وثاد ستارنر، قد بدؤوا «لبس» كمبيوترات مزودة بشاشة فيديو تغطي إحدى العينين ولوحة مفاتيح تستخدم بيد واحدة؛ وهكذا بينما كانوا يتجولون في حرم الجامعة ويحضرون الدروس أو الاجتماعات ويجرون أبحاثهم، كانوا «متصلين» دائماً بجهاز كمبيوتر ويقومون بعمليات التفكير والحساب دون توقف. كان هدفهم الدمج بين كمبيوتراتهم المحمولة وبين حياتهم اليومية بشكل تام وعلني وبطريقة سرعان ما تفشت وذاعت حولهم. ولم يمض وقت طويل حتى أطلق عليهم اسم «سيبورغز» (الكائنات الإلكترونية) (Cyborgs)، وهي كائنات نصفها بشر ونصفها آلات، فأصبح لهم هوية خاصة في حرم كليات المعهد. وكنت في أواخر عام 1989 قد قمت بإجراء تجارب على بعض الأفكار المشابهة بالاشتراك مع كولن أنجل الذي ألبسناه حينذاك أجهزة تضم سطوحا بينية (واجهات) لأخذ سلسلة من الصور التي توضح الفكرة. ثم نقلت هذه التجربة إلى مؤتمر عقد في اليابان، حيث حللت محل آرثر كلارك في آخر لحظة بعد أن تبين أنه مريض جداً لدرجة تمنعه من السفر، وتحدثت يومها عن مختلف الأعمال المستقبلية

التي يمكن القيام بها. لكن الفكرة لم تجد طريقها إلى التنفيذ، فسبقنا إلى تطبيقها مختبر تكنولوجيا المعلومات. ولم يضم الذكاء الاصطناعي بين ظهرانيه أيا من أفراد «السيبورغز»، ولطالما تساءلت ماذا لو تابعت العمل بتلك الأفكار، ماذا لو..!؟

في أواخر عام 1999، خرجت يوماً من مكتبي في مختبر الذكاء الاصطناعي في الطابق التاسع باتجاه مصعد البهو، وما لبث المصعد القادم من قبو البناء أن توقف وانفتحت أبوابه فخرج منه شخص يبدو وكأنه نسخة معدلة عن هيو هير. وكان هيو يعمل - نصف وقته - أستاذاً مساعداً في المدرسة الطبية بجامعة هارفارد، وفي نصفه الآخر عالماً باحثاً في مختبر الذكاء الاصطناعي التابع للمعهد. انتابتني قشعريرة هزت أوصالي وأنا أنظر خارجاً من المصعد، نصفه الأعلى كائن بشري تماماً، ونصفه الأسفل إنسان آلي تماماً. ولم يكن إنساناً آلياً جميل المنظر، بل نموذجاً أولياً تحل فيه قضبان معدنية محل العظام، ولوحات كمبيوترية محل العضلات، وبطاريات مربوطة بأشرطة كهربائية سوداء، وأسلاك كثيرة تتدلى من كل مكان. هذا ما يصح أن نطلق عليه لقب «سيبورغ»!

كان هيو أبتر الرجلين، وللمرء أن يرى كيف أسهم ذلك في تحديد حياته المهنية، إذ أكمل أطروحة الدكتوراه عن حركة الحيوانات بإشراف البروفسور الراحل طوم ماكمان في جامعة هارفارد، ثم عمل مع جيل برات في مختبر الذكاء الاصطناعي على تصنيع الأرجل الآلية، وبعدها اشترك كلاهما في فريق عمل واحد لتطوير أرجل بديلة يجري تصنيعها حالياً لكل الذين فقدوا أطرافهم السفلية في كافة أنحاء العالم. وقد بدأ هيو مؤخراً العمل على استنبات خلايا عضلات من الحيوانات الثديية بغية تفعيل نسخ صغيرة من الإنسان الآلي، وكان يستهدف في نهاية المطاف تطوير أرجل اصطناعية

تحل فيها العضلات الحية محل المحركات الكهربائية. لا تخفى دوافع هيو على أحد، وقد ساعد عمله حتى الآن الكثير من الأشخاص الذين فقدوا أطرافهم، وليس بمقدور المرء إلا أن يكبر مثابرته وتعلقه بعمله، تماماً كمثابرة الآخرين ممن يعملون على استبدال أنواع أخرى من الوظائف الإنسانية المعطلة أو المفقودة. إن المؤهلات الطبية الراسخة التي يتمتعون بها، والبواعث التي تدفعهم للعمل، تساعد على تطوير مجموعة من التقنيات الجديدة تتمثلها الأجساد البشرية بكليتها، وبطريقة لم تخطر أصلاً على ذهن مخترعي هذا التقنيات.

نحن الآلات

هنالك عشرات الآلاف من البشر اليوم يسيرون بأعضاء مزروعة وموصولة إلكترونيا بجهازهم العصبي مباشرة. ويتقبل هؤلاء فكرة أنه من الأفضل لهم الحياة بأجساد هجينة، نصفها بشرية ونصفها آلية، بدل أن يبقوا بشراً خالصين، وأعني تحديداً أولئك الذين أجريت لهم عمليات زرع قوقعة الأذن كي يستعيدوا قدرتهم على السمع. وكما هو الحال في معظم التقنيات المذكورة أدناه، هنالك أسباب طبية وجيهة تدفع المصابين بعطب في شعيرات قوقعة الأذن إلى اختيار أجهزة اصطناعية تدعم الأداء الوظيفي لأعضائهم، إذ أن خيارهم هذا يعيد إليهم قدرة فقدوها تماماً.

غالباً ما تنجح زراعة الأعضاء باستعادة المقدرة على سماع اللغة المحكية لدى الأشخاص الذين كان باستطاعتهم السمع عموماً، واللغة تحديداً، ثم فقدوا تلك القدرة بسبب اعتلال قوقعة الأذن. والعضو المزروع عبارة عن أداة إلكترونية تفصل ترددات الصوت المتعددة التي يتم التقاطها عبر ميكروفون صغير في الأذن، ثم تعيد إنتاجها بقوة ستة ترددات تقريباً على قطبي تيار كهربائي. ويتم زرع قطبي التيار بملاصقة الخلايا العصبية التي

تلتقط عادةً إشارات من خلايا إحساس تستقلب حركة الشعيرات في القوقعة. ويصطف القطبان بوضع يتيح للترددات التي يجري قياسها بالقوقعة الاصطناعية الدخول على طول القوقعة الحقيقية، وفي المكان الذي يستجيب عادةً إلى نفس وتيرة الترددات أو يماثلها تقريبا. بفضل هذه الأجهزة المزروعة، يستطيع المرضى سماع الأصوات بدرجة تكفي لفهم اللغة، وبصورة أفضل من أولئك الذين يعانون من إصابة أقل حدة لكنهم لا يستخدمون سوى أجهزة تقوية السمع. صحيح أن قلة عدد مجموعات التردد لا تسمح للمصابين في هذه الحالة بسماع الموسيقى أو غيرها من الأصوات بشكل جيد، إلا أن من الممكن استرجاع هذه القدرة عن طريق تصنيع أعضاء بديلة أكثر تطوراً في المستقبل. وهناك العديد من برامج الأبحاث في الولايات المتحدة وأوروبا تسعى بجدية لصناعة مثل هذه الأعضاء المتطورة.

يجري وضع الأجهزة في الأذن عن طريق الجراحة، في حين تتم زراعة قطبي الدارة الكهربائية بشكل دائم، بحيث يبقى الاتصال الكهربائي مستمراً بين إلكترونيات جهاز السيليكون من جهة وبين الجهاز العصبي للمريض من جهة أخرى، أي أن المرضى يسمعون عبر مزيج من الآلة والجسد.

ولم تكن قوقعة الأذن الاصطناعية أول الأعضاء الآلية التي يتم زرعها داخل جسم الإنسان على نطاق واسع، فلسنوات طويلة استخدم البشر أعضاء بديلة، بدءاً بالصفائح والبراغي لتثبيت العظام المكسورة، وانتهاءً باستبدال مفاصل عظم الحوض. والحقيقة أن عمليات استبدال مفاصل عظم الحوض أصبحت عادية وشائعة لدرجة أنها بالكاد تذكر اليوم، ومعظم الناس في الغرب لهم أقارب أو أصدقاء بعظام حوض اصطناعية. هناك أيضاً رقائق دقيقة تجري زراعتها بانتظام في أجسام الحيوانات في العديد من مناطق العالم. في المملكة المتحدة، مثلا، زرعت هذه الرقائق تحت جلد كل الكلاب، كي

تحدد هويتها في سجل عام يجمعها ويمكن الرجوع إليه عند الحاجة. فإن ظهر كلب شارد قرب إحدى البحيرات مثلا، يسهل إعادته إلى صاحبه شاء أم أبى. ويمكن تفهم وجهة نظر القلة من الداعين إلى اعتماد نفس الطريقة مع البشر عند ولادتهم، كما يمكن تفهم وجهة نظر المجموعة التي تخالفهم الرأي. على أية حال، لا تعتبر هذه الرقائق جزءاً من أجسام الكلاب التي توضع داخلها، بل هي مستقلة عنها تماماً ولا تشترك بأي علاقة مع أجهزتها العصبية.

ولم تكن قوقعة الأذن أيضاً أول الأعضاء المزروعة التي تولد نشاطاً كهربائياً في أجسام البشر، فمنذ أكثر من ثلاثين سنة يجري زرع منظمات لسرعة دقات القلب في صدور البشر، حيث تحفز إشارةٌ كهربائية متقطعة عضلةَ القلب فيتمثل برمته عملية التحفيز التي تساعده على النبض بانتظام. لكن هذا الاتصال الكهربائي يبدو أقل تطورا من القوقعة الاصطناعية التي تحلل المعطيات المستشعرة، وتفككها إلى أجزاء، ثم ترسلها إلى جهات عدة في الجهاز العصبي، فتصبح بذلك جزءاً لا يتجزأ من طريقة إدراك العالم لدى الشخص الخاضع لعمليات الزرع .

ويعمل الكثير من الباحثين على تحسين أداء القوقعة الاصطناعية هذه، عن طريق زيادة عدد قنوات التردد المستخدمة، وتطوير درجة الحساسية في عملية تحليل إشارات الأصوات التي يتم تلقيها، والبحث عن طرق أفضل لزرع قطبي الدارة الكهربائية في أذن المريض. تأتي هذه التحسينات جميعاً استجابةً لكل المتطلبات الطبيعية لسوق العمل الطبي، فهناك العديد ممن فقدوا القدرة على السمع نتيجة الإصابة بعلل ناجمة عن التعرض لمستويات مرتفعة من الضجيج، أو نتيجة العدوى، أو بسبب التدهور الطبيعي لصحة آذانهم. ولا يختلف استنباط التكنولوجيا الضرورية وتعميمها على البشر في

هذا المجال عن أي نوع آخر من أنواع الطب العلاجي، ولا يبدو أن هناك الكثير من الحجج القادرة على الادعاء بأن استخدام التكنولوجيا بهذه الطريقة، ولهذه الأغراض، أمر سيئ أو يفتقد المبرر الأخلاقي، ولذلك نتوقع له أن يستمر ويتطور باطراد.

وفي حين تجري تحسينات مستمرة على عمليات زرع قوقعة الأذن، يسير العمل قدماً في العديد من دول العالم للقيام بأول عملية زرع لشبكية العين في أشخاص كانوا مبصرين فيما مضى ثم أصيبوا بتلف في الشبكية. وغالباً ما يتم اختيار مرضى مصابين بتدهور الأداء الوظيفي لعضلة العين، وهو مرض مستفحل يصيب منطقة الحفيرة (fovea) في الشبكية، ويجرد المريض تدريجياً من القدرة على رؤية التفاصيل الدقيقة، ويفقده في هذه الحالة إمكانية القراءة والتعرف على الوجوه، بحيث لا يستطيع في النهاية سوى تلقي إشارات وإيماءات مختلطة عبر الرؤية المحيطية. تصنع الشبكية المزروعة من السيليكون، وهي أشبه ما تكون بنقاط الصورة المصفوفة داخل كاميرة فيديو أو كاميرا رقمية، والهدف منها تجميع الضوء في النقاط الإلكترونية للصورة، ومن ثم إرسال المعلومات إلى الخلايا العصبيات المكانية المناسبة في العصب البصري، الذي يتلقى هذه المعلومات عادة من الشبكية مباشرة فيما لو بقيت بحالة سليمة.

في الحقيقة، تعتبر زراعة الشبكية أكثر تعقيداً من زراعة القوقعة. فبدلاً من إدخال بضعة أقطاب كهربائية، يتحتم علينا هنا وصلها مع الجهاز العصبي بعشرات الآلاف من الأعصاب أو الخلايا العصبية التي يتكون منها، الأمر الذي يزيد مستوى التعقيد في كل من الجهاز المزروع وأسلوب الزرع.

إن آلية تحليل الصوت في قوقعة أذن سليمة عملية يسهل فهمها ومحاكاتها إلكترونياً بشكل مباشر تقريباً، في حين تحليل آلية الرؤية في

الشبكية ليس على نفس درجة البساطة وقابلية الفهم في الوقت الحالي. فإجراء تخطيط دقيق للبنية المكانية حيث يسقط الضوء على نقطة محددة من الشبكية ويتصل بخلايا عصبية معينة، أمر ممكن ويسهل فهمه أيضا، لكننا بحاجة إلى الكثير من الأبحاث لمعرفة نوعية الإشارات التي يتوجب علينا بثها. وهذه الأشياء التي مازالت غامضة، علاوة على ازدياد عدد التوصيلات الضرورية يعني أن الشبكيات الاصطناعية لم تبلغ بعد نفس درجة التطور الذي وصلته القواقع الاصطناعية. ولذلك لا يوجد اليوم الكثير من المرضى الذين أجريت لهم عمليات زرع دائمة لشبكيات اصطناعية، إذ بقيت عمليات الزرع في طورها التجريبي ومازالت مقتصرة على بعض المتطوعين ولفترات تمتد كل منها ليوم واحد لا أكثر. ويخبرنا المرضى أنهم قادرون على التمييز بين الضوء والعتمة، كما يمكنهم رؤية بعض «الفوارق» حين ينظرون إلى أشياء مختلفة، لكن لا يمكننا القول إن نجاح عمليات زرع الشبكية قد وصل إلى مستوى النجاح الذي حققته عمليات زرع القوقعة. ومع ذلك، فقد تحقق بعض التقدم التدريجي في هذا المجال. ومن المنطقي أن تصبح الشبكيات الاصطناعية أكثر ملائمة للعلاج الطبي في العقد القادم على وجه التقريب، إذ أن المرضى الذين يستفيدون منها يشكلون سوقاً طبيعية تتطلب مثل هذه التقنيات، علاوة على أن إعادة البصر لمن فقدوه يبقى هدفاً إنسانياً نبيلاً. وهناك مجالات كثيرة أخرى يدفع فيها الطب العلاجي باتجاه ربط دارات السيليكون مباشرة بالجهاز العصبي.

يقترح الكثيرون مثلاً إيجاد روابط عصبية بين اليد أو الرجل البديلة وبين كتلة الأعصاب التي كانت تصل العضو المبتور. وقد لا يبدو ذلك خياراً عملياً بالنسبة للأرجل، إذ يحتاج المرضى لأن تتكيف أرجلهم مع حركة مشيتهم فوق أراض وعرة ومنبسطة، أو مع صعودهم السلالم ونزولها، لكن أرجلهم بحد ذاتها لا تحتاج درجة عالية من الرشاقة والمرونة. والنتائج

الإيجابية التي يمكن أن تتأتى عن إيجاد توصيلات عصبية مباشرة للتحكم بالأرجل الاصطناعية قد لا تكون على قدر من الأهمية يوازي عظم المشاكل والإزعاجات التي تسببها. كل ما يريده المرضى ببساطة هو أن يحزموا أرجلهم الاصطناعية إلى أجسادهم كل الصباح، دون أن يقلقهم أمر تشغيل الموصلات، سواء تم ذلك عبر رابط ظاهر خارج أجسادهم، مع ما يرافق ذلك من التهابات ومشكلات، أو عبر مُسْتَقبِلٍ مزروع بعناية لالتقاط تيارات الجلد المحيطية (galvanic)، أو عبر جهاز وصل يعمل بأمواج لاسلكية تُبث من عضو مزروع داخل كتلة أعصاب الرجل. وقد لبى جيل برات وهيو هير هذه الحاجة البسيطة بابتكار رجل اصطناعية تستطيع التنبؤ بنوع العمل الذي يهم المريض بتأديته، وتلائم حركتها تبعاً لذلك. كما قام آري ولكنفيلد أثناء تحضيره رسالة الدكتوراه ببرمجة النموذج الأولي للرجل الاصطناعية، بحيث تحلل المعطيات الحسية الواردة وتقرر ما إذا كان الشخص يصعد أو يهبط السلم، أو يعبر أرضاً منبسطة، كما تحدد سرعة الخطو التي يحتاجها. وقد استطاعت هذه الرجل «الذكية» تخفيف الحاجة إلى الربط العصبي المباشر.

يختلف الأمر تماماً بالنسبة للذراعين، إذ يحتاجهما المريض للقيام بأعمال كثيرة ومتعددة، كالإمساك بأشياء مختلفة الشكل والحجم بدرجات متفاوتة الشدة واللين، أو التقاط ووضع أغراض أخرى، أو تقليب صفحات كتاب، أو أحكام السدادة في مغسلة المطبخ، أو إدارة مقبض الباب، أو فتح باب الثلاجة، أو فتح ظرف بريدي، أو إدارة المفتاح لتشغيل السيارة، أو سوى ذلك من الأعمال والمهمات التي مهما بلغت درجة بساطتها فهي تتطلب الكثير من الدقة والمهارة والبراعة.

وهناك حاجة ملحة في الأذرع الاصطناعية البديلة لموصلات ذات حزمة ترددات عالية تربط بين الأداة الاصطناعية والجهاز العصبي للشخص الذي

يستخدمها. كما أجريت تجارب عديدة على الحيوانات لإيجاد وتطوير وسائل ربط دائمة بين الأجهزة الكهربائية والخلايا العصبية، ويبدو أن التجربة الواعدة في هذا المجال تكمن في زرع رقيقة سيليكون مثقّبة في مكان مرور مجموعة الخلايا العصبية إلى الذراع المبتورة. تنمو الأعصاب من جديد عبر الثقوب، وتستطيع دارات السيليكون قياس النشاطات الكهربائية في الأعصاب وحقنها بالإشارات الخاصة بها، كما تتصل رقيقة السيليكون لاسلكياً مع جهاز مراقبة خارجي مربوط على الجلد. هناك الكثير من القضايا البحثية الإشكالية التي مازالت بحاجة إلى حلول: ما هو نوع المادة التي يجب استخدامها بحيث لا تؤذي الجسم من جهة، ولا يرفضها جهاز المناعة من جهة أخرى؟ كيف يتوجب علينا تفسير الإشارات التي تنقلها الأعصاب؟ ما هي الطريقة المثلى لتدريب دماغ الشخص على تفسير الإشارات الواردة من مراكز الإحساس بالشدة أو اللمس في الذراع الاصطناعية مثلا؟

هنا أيضاً يجري العمل على قدم وساق، كما تبرز توجهات طبية كثيرة تدفع نحو إنجاحه، إضافة إلى وجود آلاف الأشخاص الذين سيشعرون بالامتنان حالما يصبح حقيقة واقعة. وقد لا تكون الحاجة ملحة وعاجلة لمن فقد إحدى ذراعيه، فبإمكانه تدبر تصريف أموره وإن لم يكن على الشكل الأمثل. أما المصابون بتلف في العمود الفقري، وخصوصاً في الفقرات العليا منه، فوضعهم أكثر خطورة وإلحاحاً، لأن عجزهم عن الحركة يرسم طبيعة حياتهم برمتها. بل أن بعض المصابين بتلف شديد فيه لا يمكنهم حتى التنفس بمفردهم، ولا التحكم بأي عضو من أعضاء جسدهم، فيما عدا العينين. فهم، إذ ينظرون ولا يقدرون حتى على الكلام، بحاجة ماسة وملحة لتقنيات جديدة تسمح لهم بوصل دماغهم مع إنسان آلي يساعدهم على الحركة والتحكم بأعضاء أجسادهم .

ثمة أشياء يمكن القيام بها دونما حاجة إلى عمليات توصيل عصبي مباشر. إحدى طالباتي مثلاً، واسمها هولي يانكو، قامت بتعديل نسخة من الكرسي المتحرك وجهزته بنظام تحكم يديره إنسان آلي. في الأماكن المحصورة، يستطيع الكرسي السير في الممرات وعبور الأبواب بمفرده، وفي الهواء الطلق، يستطيع السير على الرصيف وتجنب السقوط عن السلم. وقد استخدمت هولي جهازاً طوره جيم غيبس في كلية بوسطن يتيح لمن يعاني من إعاقة شديدة فرصة إعطاء إشارات موجهة إلى كمبيوتر بمجرد تحريك عينيه. ويعمل قطبان كهربائيان صغيران ملتصقان بالصدغين والجبين على التقاط الإشارات الكهربائية التي يرسلها الدماغ إلى عضلات العينين، كما أن بمقدور الكمبيوتر استقراء آلية الحركة. وبما أن هولي ربطت كل هذا بنظام تحكم آلي، فما على المريض الجالس في كرسيه إلا النظر إلى صورة تضم لائحة من الأوامر تظهر على الشاشة الملحقة بذراعي الكرسي المتحرك، مثل «تقدم إلى الأمام!»، ثم يقوم الإنسان الآلي كل ثانية بإجراء التعديلات الضرورية في السرعة والوجهة لإنجاح عملية سير الكرسي .

وبرغم الفائدة التي تقدمها مثل هذه الأجهزة، إلا أن المرضى شديدي الإعاقة يطمحون إلى ما هو أفضل، وقد أجريت عدة تجارب على بعض هؤلاء في محاولة لربط أجهزتهم العصبية مباشرة بجهاز كمبيوتر. أحد المرضى استطاع تحريك مؤشر «فأرة» الكمبيوتر على الشاشة بمجرد التفكير، وذلك بعد أن تم زرع أداة صغيرة في جهازه العصبي تخرج منها أسلاك متصلة ببطاقة واجهة بينية على الكمبيوتر. يتيح هذا الجهاز الصغير الملحق بجسم المريض قدرة لا حدود لها على التحكم بمختلف جوانب الحياة مقارنة مع وضعه السابق، إذ يمكنه طباعة وإرسال الرسائل إلى الآخرين، وقراءة رسائلهم متى شاء، والبحث على شبكة الانترنت، واضعاً تحت تصرفه مصادر المعلومات المتوفرة في العالم أجمع، فيظهر منها ما شاء أمام ناظريه.

لكن مثل هذه التجارب تبقى محدودة، فهناك مسائل خلافية على الصعيد الأخلاقي تتعلق بنوعية التكنولوجيا المسموح بإدخالها إلى الجهاز العصبي للمريض، والمدى الذي تصبح فيه هذه التكنولوجيا جائرة، في وقت لا نعرف فيه الكثير عما إذ كانت ستعمل بشكل جيد أم لا.

لذلك تتواصل التجارب على الحيوانات، برغم صعوبة تحديد القدرات التي يمنحها لها الجهاز المزروع داخل أجسامها. مع ذلك، وكما أشارت التقارير الواردة في شهر تشرين الثاني عام 2000، فإن إحدى التجارب التي أجريت على القردة في ذلك العام أفضت إلى نتائج مرضية.

قام ميغيل نيكوليلس من جامعة ديوك بزرع قطبي دارة كهربائية في محيط منطقة التحكم داخل أدمغة قردة صغيرة (من فصيلة البومة) مولدة في العالم الجديد. وطوال سنتين كاملتين، راقب الجهاز الإشارات المرسلة حين تقوم القردة بتحريك أذرعها للوصول إلى الطعام. وتمكن الباحثون، حين وضعوا الطعام في أماكن مختلفة بالنسبة لأجسام القردة، من دفعها لتكرار الحركة عدة مرات، وكانت الأقطاب الكهربائية في كل مرة تلتقط الإشارات من مئات الخلايا العصبية. وبعد استنباط آليات لتحليل الإشارات، استطاع الباحثون قياس حجم النشاط الكهربائي في كل واحدة من هذه الخلايا، ومراقبة تفاوته مع اختلاف حركة الذراع للوصول إلى أماكن مختلفة. وحين تم جمع وتحليل ما يكفي من المعلومات، كان باستطاعة الباحثين التكهن بنوعية النشاط في كل خلية عصبية تبعاً لأوامر الحركة المعطاة إلى القردة.

في الأحوال العادية، غالباً ما تكون هذه التوقعات الموثقة بتحليل معطيات تم تسجيلها كافية للإشارة إلى نجاح الباحثين في إيجاد علاقة توافقية بين النشاط العصبي وحركات محددة لذراع القرد.

لكن نيكوليلس وزملاءه أجروا تجربة أكثر أهمية، إذ وصلوا قطبي التيار

بكمبيوتر زمني وبرمجوه للتكهن بالجهة التي توشك ذراع القرد على التحرك نحوها، ثم ربطوا الكمبيوتر بذراع إنسان آلي وجعلوها تتحرك بنفس البعد والاتجاه اللذين توقع (الكمبيوتر) أن تتخذهما يد القرد. وهكذا، كلما مد القرد يده لتناول شيء من الطعام، امتدت يد الإنسان الآلي بنفس الاتجاه والبعد، دون أن يتمكن من رؤيتها. علاوة على ذلك، انضم فريق البحث في جامعة ديوك إلى مجموعة من العاملين في معهد ماسوتشوستس للتكنولوجيا، وقاموا ببناء ذراع آلية تتزامن حركتها في المعهد مع حركة يد في كارولينا الشمالية، دون أن يدرك القرد أبداً أن هناك يد إنسان آلي موازية. والتجربة تعتبر بكل المقاييس تطبيقا عمليا لتقنية «الحضور» والتحكم عن بعد.

عملت مجموعة التجارب اللاحقة على إعطاء القرد تغذية إرجاعية من ذراع الإنسان الآلي كي يستطيع الشعور بأحاسيس اللمس والشدة التي تستقبلها اليد الآلية فعليا. وقد غدا هذا النوع من التغذية الإرجاعية عملية روتينية في عالم صناعة الإنسان الآلي، لكن الإشارات تنعكس عادة على شكل قوى في ذراع الشخص العادي. أما القفزة النوعية في تجربة جامعة ديوك فتكمن في إرسال الإشارات والقدرات الناجمة عنها إلى أدمغة القرود مباشرة، وهو أمر لن يكون من السهل تحقيقه. بل إن التفكير بكيفية تجسيد قدرات الشدة واللمس كهربائياً، وتحديد الخلايا العصبية التي تتوجه إليها، سيشكلان تحدياً كبيراً، نظراً لأن إشارات الإدراك تمر بمراحل معالجة عديدة داخل الدماغ. وسيكون هنالك العديد من الأماكن المرشحة لحدوث ذلك، كما سيصعب تحديد أي منها يعطي القرد إحساساً بأن ذراع الإنسان الآلي هي حقاً ذراعه. وسوف يتوجب حقن الإشارات في ذلك الحيز من الدماغ، حيث يمكن لآليات المواءمة القيام بعملها في تخطيط وإدراك علاقات التلازم بين الإحساس وبين ما يجري فعلاً في عالم الواقع.

نحن نعرف صعوبة ذلك من خلال معرفتنا بظاهرة «شبح الأطراف»،

حيث يتكيف شخص بترت يده مع الشعور بفقدها واستمرارية الإحساس بها في آن معا رغم عدم وجودها. ولهذا، لا نعرف بدقة أيضاً مدى الصعوبة التي تواجهنا عند جعل القرد يشعر أن يد الإنسان الآلي هي حقاً يده.

ومثل هذه الأبحاث ضرورية جداً لإنجاح محاولة ربط الأذرع البديلة بالجسم، وجعل أدمغة مبتوري الأيدي تتحكم بها مباشرة وتشعر أنها امتداد لأجسادها. كما تعتبر هذه الأبحاث ضرورية لإعطاء المرضى المصابين بالفالج القدرة على التحكم بالإنسان الآلي كبديل لأعضائهم المشلولة. ولا يبدو أن هناك عوائق يستحيل التغلب عليها لإنجاح هذه التجارب في الوقت الحالي، برغم الحاجة إلى إجراء المزيد من الأبحاث ورغم أن تفاصيل ما يتوجب القيام به مازالت غير واضحة. فالمؤشرات المتوفرة حالياً تشجع على احتمال أن لا تمر سنوات عديدة قبل البدء بإجراء التجارب على المرضى من البشر.

تعيش القردة التي تجري عليها التجارب في بيئة محددة بعناية، تعامل فيها بشكل جيد ولكنها لا تتعرض لتعقيدات الحياة البرية، أو معترك العيش في مجتمعات القردة. ويجري وصل قطبي تيار كهربائي في دماغ القرد، يتدلى كلاهما خارج جمجمته كي يتسنى ربطهما مباشرة بأجهزة الكمبيوتر. وطبعاً لن تكون هذه الطريقة المثلى التي يفضل المصاب بالفالج أو مبتور الأطراف التواصل بها مع التقنيات الحديثة، ولذلك تتزايد الحاجة في المستقبل المنظور إلى توصيلات لاسلكية منخفضة التردد جداً يجري زرعها مباشرة في دماغ المريض كي يستطيع من خلالها التواصل عبر الجلد والجمجمة مع الأجهزة الأخرى خارج جسمه. وحينما يصبح بالإمكان ربط الأذرع الاصطناعية بالعظام، ودمج الجلد الطبيعي بالجلد البديل بشكل دائم، سوف يكون بالمستطاع تمرير الأسلاك من الدماغ إلى الذراعين أو حتى الرجلين.

يعتبر تمرير الأسلاك داخل الجهاز العصبي للإنسان فرعاً جديداً من فروع البحث العلمي، وهو يشهد حالياً نشاطاً كثيفاً وموسعاً. فقد تم استخدام التحفيز الكهربائي للخلايا العصبية كأسلوب ناجع لتخفيف أعراض مرض باركنسون (الشلل الرعاش)، على سبيل المثال؛ وكثيراً ما تكون أعراض هذا المرض، أو غيره من إصابات أقسام الدماغ التي تتحكم بالحركة، شديدة لدرجة تجعل المصابين يرتجفون بطريقة عنيفة ومستمرة بحيث يفضلون شل الأعضاء المصابة جراحياً بدل العيش في دوامة من الحركة الدائمة والمرهقة. ولتحقيق ذلك، يتوجب قطع الأطراف الليفية للأعصاب الرئيسة كي لا تصل الإشارات عبرها إلى العضلات. وغالباً ما تكون الإشارات الصحيحة موجودة، لكنها تبقى مغمورة تحت سيل دافق من الإشارات الأخرى المزيفة التي يسببها الداء وتتواجد معها بنفس الوقت.

يدرس بعض الباحثين احتمال تجاوز الأجزاء المصابة أو التالفة في الدماغ، بسبب مرض باركنسون أو غيره من الأمراض، عن طريق تمرير إشارات عصبية مباشرة إلى هذه الأجزاء . ويأمل هؤلاء بأن وضع أسلاك داخل الدماغ ووصلها بالخلايا العصبية من الطرفين سوف يسمحان بتمرير الإشارات من مراكز التحكم بالحركة في الدماغ إلى العضلات مباشرة، في حين يتم قطع الطرق العصبية الاعتيادية المتداخلة. وهذا العمل ما يزال في أطواره الأولى أيضاً، لكن معاناة العديد من المرضى وتوفر دواعي علاجية كثيرة، يجعلان متابعة هذه الاحتمالات وتحقيقها أمراً جديرا بالدراسة والبحث والاستقصاء.

إن الكثير من هذه التقانات سوف تؤتي أكلها في سنوات العقد القادم، وستشهد بالتأكيد تطورا لافتا يصل بها إلى درجة الكمال خلال السنوات العشرين القادمة.

مستقبل الجراحة

تشهد الجراحة تحولات جذرية في طبيعتها الداخلية، ففي حين لا يزال الجراحون في موقع المسؤولية، لأسباب وجيهة حينا ولأخرى محض تاريخية أحياناً، إلا أن نطاق عملهم يتعاظم باطراد مع انتشار تقانات رؤية الحاسب ودخول الإنسان الآلي مجالات كانت في الماضي حكراً على البشر.

ويستخدم الجراحون في مشفى بريغام في مدينة بوسطن أساليب الرؤية الكمبيوترية التي طورها ايريك غريمسون وتلامذته في مختبر الذكاء الاصطناعي بشكل يومي تقريباً لإزالة أورام الدماغ. ويقوم النظام الكمبيوتري بتحديد موقع الورم بدقة ويزود الجراح بصورة شعاعية لرأس المريض من الداخل، مستخدماً معطيات «ام آر أي» (MRI) التي يجري تقسيمها وترميز ألوانها تبعا لمكان الورم والأعضاء الدماغية المحيطة. وتتم الرؤية الكمبيوترية حين ينظر الجراح عبر شاشة خاصة، أو عبر جهاز مراقبة تلفزيوني يوضع بجانب غرفة العمليات أحياناً، ليرى كل هذه المعطيات الإضافية مفصلة تماماً وفق حالة المريض. ويمكن للجراح رؤية أشياء تعذرت رؤيتها من قبل، كما تظهر الصورة أيضاً أدوات الجراحة مجسدةً بأبعادها الثلاثية. وقد أسهمت هذه التقانات في جعل العمليات الجراحية اليوم أبعد ما تكون عن الجراحة الجائرة، إذ تجري عبر جروح أصغر حجماً وتستغرق وقتاً أقصر، لأن الجراحين يعرفون تماماً ماذا يفعلون. ولا يصرف الجراحون الجدد جل اهتمامهم للنظر إلى أيديهم وهي تمسك مختلف أنواع الأدوات والمشارط بل يراقبون شاشة تلفزيون تلتقط حركة أيديهم الرشيقة والخبيرة وهي تتعامل بسرعة وفاعلية مع أدوات متطورة.

وقد تم تعديل أساليب رؤية الحاسب لتلبية حاجات الجراحة العظمية وجراحة المفاصل عند الأطفال، وغيرها من الجراحات الدقيقة التي لا يحتاج

الجراح فيها رؤية جسم الإنسان مباشرة من الداخل. وهنا أيضاً يجري الابتعاد عن الجراحة الجائرة، لأن الأساليب الجديدة توفر للجراح صورة افتراضية عن وضع المريض تفوق في دقتها وشموليتها الصورة المحدودة التي يوفرها المنظار الطيفي، حيث يضطر الجراح إلى التحديق المستمر عبر عيني المنظار ليتمكن من إجراء العملية بنجاح.

ويبدأ تدريجياً استخدام الروبوت نفسه في الجراحة، وإن يكن الإنسان لا يزال يحتفظ بموقعه المباشر ويتحمل كامل المسؤولية. على سبيل المثال، تبيع شركة «ماونتن فيو للجراحة الحدسية» (Intuitive Surgical of Mountain View) في كاليفورنيا اليوم نظام جراحة عن بعد، حيث يجلس الجراح خلف طاولة صغيرة يستند عليها ويداه داخل جهاز لولبي الشكل. وحين يحرك الجراح يديه، يتحرك إنسان آلي صغير داخل جسم المريض في الطرف الآخر من الغرفة، وتقوم كاميرا صغيرة في جسم المريض بإعطاء الجراح صورة عما يجري، وحين يفتل الجراح معصميه، ويعيد موضعة يديه، يقوم مجسا الإحساس المصغران لدى الإنسان الآلي بتأدية نفس الحركة.

وتستطيع المجسات الجراحية التي طورها كين سالزبوري وأخيل مادهاني في مختبر الذكاء الاصطناعي إمساك الأشياء وتقطيعها بدقة. وتوضع هذه المجسات في نهاية أنبوب صلب وطويل قطره أقل من نصف بوصة يدخل جسم المريض من شقوق صغيرة جداً. وتبقى الأنابيب ثابتة خلال الجراحة ولا تتحرك إلا المجسات المركزة على رأسها داخل جسم المريض. وللجراح أن يختار إجراء العمل الجراحي مباشرة، بوتيرة تسارع تبلغ 1 ملم من حركة المجسات التي تساوي 1 ملم من حركة الإنسان الآلي، أو بمعدل 1 إلى 5 ملم، حيث لا يتحرك الإنسان الآلي لأكثر من خمس الميليمتر. وتجرى هذه الجراحة الحدسية باستخدام الإنسان الآلي في كافة أنحاء أوروبا

والولايات المتحدة، وتشمل كافة أنواع الجراحات، بما فيها استبدال صمام القلب. وقد تم حتى الآن إجراء العمليات بوجود جراح في نفس موقع المريض، لكن ليس ثمة سبب يمنع تغيير ذلك. صحيح أن التفاوت الزمني عبر الشبكات يتم حسابه النهائي بسرعة الضوء، وبالتالي سوف لن يتمكن الجراح من التحكم الكامل والفعال بعمله إن كان بعيداً جداً عن المريض، إلا أن الجراحة عن بعد مائة كيلو متر تقريباً لابد وأن تكون ممكنة في المستقبل غير البعيد .

ويمكن النظر إلى كل هذه الأنواع المختلفة من الأدوات والأجهزة التي تساعد في تطوير العمل الجراحي على أنها مجرد القسم الظاهر من جبل الجليد، فهناك أنواع أخرى كثيرة من الروبوتات يجري تطويرها لخدمة الجراحة في كل أنحاء العالم. ولأسباب أخلاقية بحتة يشرف الجراحون على عمل الروبوتات المشاركة في الجراحة، لكن ذلك قد يتغير أيضاً في المستقبل لأن الإنسان الآلي في بعض هذه الأنظمة يستطيع تنفيذ كل الحركات التي تقتضيها الجراحة بشكل تلقائي. وما وجود البشر في موقع الجراحة إلا لطمأنة المرضى وأجهزة الرقابة الصحية واللجان الطبية في المشافي. وكما تخلينا في النهاية عن الحاجة لأن يسبق كل سيارة إنسان يمشي على رجليه ويلوح بعلم يحمله تحذيراً للمارة، قد نمنح هذه الروبوتات في النهاية قدرا من الثقة يسمح لها بالمشاركة الجدية في العمل الجراحي الفعلي. وقد يبدو عادياً بعد عشرين سنة أن يشرف على إجراء العمليات الجراحية مساعدو أطباء وتقنيون لا يتطلب تدريبهم كل تلك السنوات الطويلة من الخبرة التي يحتاجها الجراحون. إن العمليات الجراحية سوف تصبح روتينية وعادية، فكما نجري في مراكز التسوق اليوم جراحات ليزرية لتصحيح شكل وأداء العدسات الطبية في أعيننا، سوف يكون بمتناول الجميع إجراء مختلف أنواع الجراحة الاختيارية elective surgery .

الجراحة الاختيارية

سوف تصبح الجراحة في السنوات العشرين القادمة أيسر مما هي عليه اليوم، وسوف تتوفر لها تقنيات وأساليب متعددة لإدخال رقائق السيليكون والفولاذ إلى الجسم البشري للتعويض عن قدرات معطلة أو مفقودة.

وبالطبع، سوف لن تتوقف الأمور عند هذا الحد، بل سيكون هناك طراز جديد تماماً من الأجهزة والأدوات التي تدعم عمل الأجساد البشرية. وسوف يبدأ كل ذلك بشكل بريء وتدريجي، لكن الضغوطات سوف تدفع التكنولوجيا للدخول بقوة أكبر في مجالات الجراحة الاختيارية. وكما أصبحت الجراحة التجميلية قضية روتينية، كذلك ستصبح تكنولوجيا دعم أداء الجسم البشري مقبولة اجتماعياً، حيث يعمد حتى الأصحاء جسدياً إلى إدخال تقنيات الإنسان الآلي إلى أجسامهم.

كيف يمكن أن يحدث ذلك؟ وهل حقاً سوف نتغلب على مخاوفنا، واشمئزازنا، من تحويل أجسادنا إلى آلات؟ دعونا ننظر إلى إحدى السيناريوهات القائلة بالتغير التدريجي الذي سوف يؤدي إلى قلب مواقفنا جملة وتفصيلاً.

على غرار عمليات زرع قوقعة الأذن التي أصبحت اليوم شبه روتينية، سوف تصبح زراعة شبكية العين أمراً اعتيادياً ومألوفاً لدى الأشخاص الذين فقدوا بصرهم نتيجة تلف أو تدهور حالة الشبكية. في البداية سوف لن تجرى عمليات الزرع لأشخاص يتمتعون بعين سليمة وأخرى مصابة، لأن هنالك الكثير من الذين يعانون من الإصابة بكلتا العينين، وتتحتم معالجتهم أولاً لاعتبارات أخلاقية. وسوف يؤدي الطلب المتزايد لهؤلاء المرضى إلى تطوير التكنولوجيا المستخدمة وجعل عمليات الزرع أمراً اعتيادياً وروتينياً، وقبل مضي الكثير من الوقت سوف يكون بإمكان الجميع إجراء هذه العمليات، بمن فيهم المرضى المصابون بعلة في إحدى العينين فقط.

وقد يختار البعض إجراء تحسينات إضافية على عمل العين المصابة عن طريق زرع رقاقة سيليكون في الشبكية لتدعيم الرؤية الليلية. وتتوفر لنا اليوم مثل هذه التكنولوجيا القادرة على صناعة رقائق السيليكون وترتيبها داخل الكاميرات الرقمية التي تفوق قدرتها أضعافاً مضاعفة قدرة العين البشرية على الرؤية الليلية. وقد يقرر شخص عاش سنوات طويلة بعين سليمة وأخرى مصابة أن امتلاكه القدرة على الرؤية الليلية أمر رائع يعوض بعض ما فاته، رغم أنه يرى الأشياء بشكل مقبول في النهار. لمَ لا نحسّن أداء عينه المصابة ونمنحه تلك القدرة الإضافية التي لا تتوفر لأي من الناس العاديين؟ صحيح أن الشبكية المصنوعة من رقائق السيليكون تحتاج اليوم إلى قزحية إلكترونية تعمل بشكل أوتوماتيكي كي لا تغرق الأعصاب البصرية بإشارات الضياء المتكررة خلال النهار، وصحيح أن النماذج الأولية كانت في الواقع تقتضي إغلاق العين تماماً في النهار، لكن لنفترض أن ذلك لا يزعج مريضنا كثيراً، لأن عينه المصابة كانت عديمة الفائدة بدون تدخل جراحي، وعمياء تماماً في الليل والنهار.

إن رؤية الأشياء خلال الليل سوف تكون خياراً مثيراً للعديد من الناس، خصوصاً أولئك الذين يقررون إجراء الجراحة سرا، سواء كانوا جنودا أو مهربي مخدرات أو إرهابيين. وسوف تصل درجة الإثارة حداً يدفع بعض الأشخاص المتمتعين بعينين سليمتين تماماً إلى التضحية بإحداهما لقاء الحصول على النظام الداعم للرؤية الليلية! وهذا ليس مدعاة للاستغراب، ففي العديد من الدول الفقيرة يقرر الكثيرون بيع أعضائهم لقاء ما يبدو لنا مبلغاً تافهاً من المال، وفي مناطق أخرى يختار البعض التحول إلى قنابل بشرية لدعم قضاياهم. إن تعديل العين السليمة مقابل الحصول على أداء بصري خارق سوف لن يكون عملاً فظيعاً بنظر الكثير من الأفراد أو الحكومات أو حركات التحرر في العالم.

وقد يجد أصحاب الهوايات الغريبة تعديل الرؤية عملاً مفيداً فيختارون القيام به، حين يصبح إجراؤه رخيصاً لدرجة تسمح بها إمكاناتهم المتواضعة. هواة تسلق الجبال وارتياد الكهوف والسباقات الماراثونية الطويلة ورحلات التزلج إلى القطب الشمالي قد تشدهم جميعاً فكرة امتلاك القدرة على اختراق عتمات الليل. وقد تساعدنا الرؤية الليلية على قيادة السيارات بشكل أفضل في المساء، فالسلطات المخولة منحنا رخص القيادة لا تنفك تصر على ارتدائنا عدسات أو نظارات خاصة بالقيادة تصحح عيوب بصرنا.

إلى أين يقودنا هذا المنزلق؟ وما نهاية هذا الدرب؟ نظام الرؤية الليلية ليس الخيار الوحيد طبعاً، إذ إن حدوث انزياح بسيط في حدود الطيف الذي نراه قد يكون مفيداً أيضاً. بضعة أعشار الميليمتر باتجاه الأشعة تحت الحمراء وسوف نكون أكثر حساسية لمصادر الحرارة، وسوف يكون ذلك رائعاً لفرق البحث والإنقاذ ورجال الإطفاء. ولو وجهنا عملية الإزاحة بضعة أعشار الميليمتر باتجاه الأشعة فوق البنفسجية، فسوف يكون بمقدورنا اكتشاف الآفات الزراعية التي تصيب النباتات، ومنْ من المزارعين لا يود معرفة حال محصوله بشكل أفضل. وماذا لو كان بمقدورنا تغيير حساسية عيوننا من الرؤية الليلية، إلى الأشعة فوق البنفسجية، إلى الأشعة تحت الحمراء، ومن ثم إعادتها إلى حساسيتها الطبيعية؟ كل ما نحتاجه لن يتعدى إيجاد توصيلات بين الخلايا العصبية وبين رقائق دقيقة نزرعها في عيوننا، علاوة على أداة صغيرة قد تكون مزعجة بعض الشيء تضمن لنا بقاء الخلايا العصبية خاضعة لوعي الشخص وسيطرته بطريقة حدسية ما.

إن دفع الطب العلاجي باتجاه منح المصابين بالفالج ومبتوري الأطراف قدرا أكبر من السيطرة على الأجهزة الخارجية التي يحتاجونها، لا يشكل فقط مفتاحاً لامتلاكنا القدرة المستقبلية على التحكم بالإمكانية الافتراضية لتعديل عمل عيوننا، بل هو مفهوم أساسي لجعلنا أيضاً جزءاً من عالم الانترنت.

إن الأنظمة الحالية التي تتيح لنا التحكم بمؤشر «فأرة» الكمبيوتر سوف تتيح لنا التحكم بالحساسية الطيفية لعيوننا. ويتم ذلك من خلال استخدام أساليب تعمل على الإيحاء للشخص الذي فقد السيطرة المباشرة على جزء من جسده بأنه لا يزال بمقدوره التحكم فيه، وذلك الجهد الواعي لاستعادة السيطرة والتحكم يصبح تدريجياً أقل وعياً مع قيام الدماغ بإعادة رسم المخطط المتخيل لأعضاء الجسم الداخلية. ومثل هذه الظاهرة ليست غريبة علينا، فحين نبدأ قيادة السيارة مثلاً، نشعر أننا داخل شيء غريب نحاول السيطرة عليه، ونشعر أحياناً أن للسيارة إرادة ذاتية وأننا بحاجة إلى تركيز انتباهنا لإعطائها القدر الكافي من أوامر التحكم والتوجيه. وحين نعمل على إدخال تلك السيارة إلى المرآب نحس كما لو أننا ندفع بكتلة فولاذية صماء إلى مكان محدد يصعب الوصول إليه. لكننا بعد فترة من الزمن نشعر أن السيارة أصبحت جزءاً منا، فنقودها بيسر وسهولة إلى نفس المكان في نفس المرآب. لقد أصبح لدينا شبه وعي جسدي بأن السيارة تحولت إلى جزء منا ولم يعد ثمة فاصل بيننا، فقد امتد جسدنا ليشمل هيكل السيارة.

هنالك طرق عديدة أخرى نتطاول فيها جسديا لنحتوي العالم المحيط بنا. بعض التقنيات الخارجية، مثلا، أصبحت جزءا لا يتجزأ من حياتنا اليومية لدرجة أنها تحولت إلى شبه تمائم نحملها معنا في الحل والترحال؛ وأهمها الهاتف الجوال الذي أصبحنا نعول عليه للحصول على كافة أنواع المعلومات والخدمات، سواء توقعات الطقس، أو مواعيد القطارات، أو برامج السينما، أو أسعار الأسهم في البورصة، أو شراء مختلف أنواع الأشياء، أو معرفة اتجاهات الطرق للوصول إلى أماكن نريد السفر إليها. ويعتمد الكثير منا على المعاون الرقمي الذي يبرمج حياتنا الشخصية والمهنية، بما فيها عقود العمل والملاحظات والخطط والرسومات البيانية. وهناك طبعا الانترنت، ذلك الفضاء المعلوماتي الخارجي الذي يهيمن على

مختلف جوانب نشاطاتنا اليومية، فنحن نجمع ونرسل معظم المعلومات التي نستخدمها على هذه الشبكة، ونتلقى عشرات أو مئات الرسائل عبر البريد الإلكتروني. إننا مقيدون إلى آلاتنا ومكاتبنا، والكمبيوتر الشخصي يكاد لا يفارقنا (ربما باستثناء فترتي الإقلاع والهبوط في الطائرة التي نسافر عليها) لكي نبقي قنوات المعلومات مفتوحة وبمتناول أيدينا بشكل دائم تقريبا. السؤال الذي يتبادر إلى الذهن هنا: ماذا لو كان بمقدورنا تحويل كل تلك الأجهزة الخارجية إلى أجهزة داخلية؟ ماذا لو أصبحت كل هذه جزءا من عقولنا، تماماً كما القدرة على السمع أو الرؤية؟

يستطيع الشخص القادر على التحكم ذهنيا بمؤشر «فأرة» الكمبيوتر مراجعة كافة المعلومات على شبكة الانترنت ذهنيا أيضا، مع أن ذلك يتم عبر النظر. لم لا نجمع بين «فأرة» الكمبيوتر وبين رقاقة يجري زرعها في شبكية العين؛ وعوضا عن تحويل الشبكية الاصطناعية إلى كاميرا، لم لا نجعلها أداة عرض موصولة بكمبيوتر تتحكم فيه «فأرة» التفكير؟ عندئذ سيكون بمقدورنا الترحال في فضاء المعلومات داخل شرنقة ذهنية هائلة. قد يتطلب ذلك الاستغناء عن إحدى العينين، لكن ماذا لو استعضنا عن إدخال صورة الشاشة المرئية إلى شبكية العين بزرعها في مؤخرة الدماغ، أو تحديدا في واحدة من مواقع تحليل الرؤية في الدماغ؟ سيكون بمقدورنا آنذاك إعادة نظام الرؤية إلى وضعه الطبيعي حين نوقف عمل الجهاز، أما حين يبدأ الجهاز عمله فتتوقف الخدمات المعتادة لتحل محلها شاشة كمبيوتر صغيرة تنقلنا إلى الفضاء المعلوماتي الرحب. بالتأكيد، هناك كم هائل من التفاصيل والمشاكل التي يتوجب علينا حلها لجعل كل هذا ممكنا. وقد يستغرق ذلك عشرين سنة من البحث والتجريب لكن لا يبدو، من حيث المبدأ، أن هنالك سببا منطقيا يمنع حدوثه. وليس لدي أدنى شك في أن تدريب شخص ما على امتلاك المعلومات المناسبة بالطريقة المناسبة يقتضي جهودا مضنية وكثيرا

من الممارسة والمران، لكن ذلك أيضاً ينضوي في نطاق الممكن ودائرة المحتمل والمعقول.

قد يتبين لاحقا أن هناك وسائل أفضل لإيجاد أسطح بينية تصلنا بشبكة الإنترنت، شيء ما يوازي أجهزة «المساعد الرقمي الشخصي» (PDAs) مزروعة داخل الدماغ الإنساني. وبدلا من توصيل كل هذه المعلومات عبر التجسيد البصري في شبكية العين، ربما يمكننا في النهاية إظهار المعلومات بشكل مباشر في عقولنا عن طريق الأرقام. إننا إذ ندير قرص الهاتف، يتذكر معظمنا رقم بيته أو أرقام أصدقائه المقربين، لكننا نلجأ إلى الاستعانة بمصدر خارجي لتذكر بقية الأرقام. وحين نفكر برقم منزلنا لا نستحضر صورته البصرية بل يكون «الرقم»، بغض النظر عما يعنيه ذلك، حاضرا في ذهننا، تماماً كما هو الحال عندما نستعرض الأرقام الأخرى في الدليل أو في أية وسيلة خارجية أخرى. ماذا لو زرعنا هذه الأداة الخارجية داخل عقولنا؟ لربما استطعنا حينها إيجاد طريقة تتجاوز التصور البصري والمخطط الافتراضي لتنقلنا مباشرة إلى المعلومات.

من المؤكد أن إيجاد آليات القيام بهذا العمل سوف يكون مهمة بحثية على قدر كبير من الأهمية والصعوبة في المستقبل، لكن هناك سوقا مغرية ومربحة. في البداية ستكون هناك ضغوطات لتكريس البحث العلمي في هذا المجال لمساعدة فاقدي البصر، بكلتا العينين، والعمل على وصلهم بصريا بشبكة الانترنت، الأمر الذي يدفع باتجاه تطوير وسائل الاتصال الذهني. ونظرا لأن الغالبية العظمى من المبصرين سوف لن يضطروا إلى التضحية بالعين السليمة فسوف تزداد الحاجة لتمكينهم من الحصول على هذه التقانات.

وحالما استطعنا استنباط التكنولوجيا الذهنية المناسبة، قد تتوفر لدينا

مجموعة جديدة من الخدمات الناجمة عنها، تماماً كما انتشرت «لغة تأشير النصوص التشعبية» (HTML WEB) النموذجية، وما تلاها من الاستخدامات الأكثر تخصصية (مثل «برتوكول التطبيق اللاسلكي» WAP) لخدمة الهواتف المحمولة وشاشاتها الصغيرة. قد تتوفر بعد عشرين سنة أنواع كثيرة من الخدمات الذهنية التي يمكن تقديمها بنفس الطريقة، وسوف تكون هذه عملية تجميع معلومات يمكن استعراضها بسهولة عن طرق توصيلات عصبية مزروعة تستغني عن الحاجة لاختزالها وتقديمها بصرياً.

في حال توفرت لنا توصيلات الانترنت، سوف يصبح بالإمكان وضع كل خدمات الهاتف المحمول فوق هذه البنية التحتية. وسيصبح بإمكاننا الاتصال ذهنيا مع أي شخص آخر يتمتع بنفس التكنولوجيا المزروعة داخل دماغه في أي مكان في العالم. ولا يمكننا حالياً تحديد شكل هذا الاتصال، سواء كان شبيها برسالة فورية على البريد الإلكتروني أم نوعاً من التكهن وقراءة الأفكار، إذ يعتمد ذلك على نوعية التكنولوجيا التي يمكن تطويرها.

إن زرع مثل هذه الأجهزة في أدمغتنا سوف يجعلنا مخلوقات تتمتع بقوة هائلة. وكما ساعدتنا شبكة الانترنت والهواتف المحمولة على فعل الكثير، سوف نفعل الكثير أيضاً عبر الدخول الذهني إلى الفضاء الإلكتروني. سوف نستطيع ذهنيا إطفاء النور في الطابق الأرضي بدل التعثر في الظلام على درجات السلم؛ وسيكون بمقدورنا ذهنيا تشغيل آلة القهوة في المطبخ؛ وحين يعلو منبه الساعة بصمت داخل عقولنا، سنترك زوجاتنا ينعمن بفترة أطول من النوم دونما إزعاج.

حتى عندما نكون وجها لوجه في اجتماع عمل مع الآخرين، قد نختار فتح قناة مغايرة للاتصال الذهني (ربما تحملها لنا في نهاية المطاف شبكة الهاتف المحمول)، نجري عبرها محادثة جانبية مع شخص آخر، فننسق

المواقف ونخطط سرا كيفية المتابعة، ثم نعود إلى التردد الأول لنحدد موقفنا بشكل علني. كل هذه القدرات، وكثير غيرها لم نتخيله بعد، سوف تكون متاحة لنا وسوف تغير طرق التواصل بين البشر. باختصار، سنكون مخلوقات خارقة تتحكم بالفضاء الإلكتروني حولنا بمجرد التفكير؛ وسوف تكون الروبوتات الموجودة عن بعد رهن إشارتنا (كما في الفصل السادس)؛ وفي حين نكون موجودين جسديا في مكان ما، سيكون بمقدورنا «إسقاط» أنفسنا ذهنيا على أي موقع وأية أداة موجودة عن بعد.

تخيل أن لا يسعى أحدنا لامتلاك أجهزة كهذه!

في البداية، سوف يجهد كل خارج عن المألوف وغريب الأطوار لامتلاك هذه التقانات. إنه قدر الطليعي، في الماضي كما هو الآن حيث نمنع، مثلا، مشاركة الرياضيين في الألعاب الأوليمبية إن كانوا يتعاطون عقاقير تساعد على تحسين الأداء؛ وقد نحظر في المستقبل استخدام أجهزة الانترنت المزروعة في أدمغة الطلاب المتقدمين لامتحانات القبول بالجامعة، كونهم يتمتعون بمزية لا تتوفر لأقرانهم. لكننا سوف نتوقع قريباً أن كل المتقدمين لهذه الامتحانات يمكنهم ذهنيا استخدام شبكة الانترنت، تماماً كما كانت الحال عليه أيام الحاسبات الإلكترونية.

إن كل ما بدا غريبا وشاذا قد يصبح في النهاية مألوفاً وعادياً.

التقبل

يتقزز بعض الناس من فكرة إدخال التكنولوجيا إلى أجسادهم، في حين يشعر آخرون بالفضول أو حتى باللهف لتجربة هذه التعديلات الجديدة. لكن القضية تبقى أكثر تعقيداً من مجرد قرار أو خيار شخصي، فهناك مواضيع شائكة تتعلق بالتقبل الاجتماعي الذي يتفاوت من بلد لأخر ومن منطقة إلى أخرى داخل البلد الواحد.

على سبيل المثال، تختلف درجة تقبل الأغذية المصنوعة من محاصيل معدلة وراثياً بين دولة وأخرى في الغرب. في ألمانيا يبقى هذا الموضوع مثار جدل حاد، لكنه بالكاد يذكر في الولايات المتحدة الأمريكية مع بداية الألفية الجديدة. كذلك تخضع قضية تعديل الجسد الإنساني، وما تفرزه من إشكالات، إلى الضوابط والقواعد الاجتماعية المختلفة للعديد من الدول.

وتعتبر عمليات زرع الكلية والكبد والرئة والقلب صيغاً تكنولوجية معاصرة لآليات دعم الجسد البشري وتحسين أدائه. كذلك الأمر بالنسبة للمرضى المصابين باعتلال خطير في أعضائهم الداخلية، إذ إن زراعة عضو سليم يتبرع به الآخرون هي واحدة من أساليب الجراحة التعويضية. ولا يتوفر لدينا الآن بدائل اصطناعية من السيليكون والفولاذ تحل محل هذه الأعضاء الحية أو تعمل بشكل مقبول يوازي أداءها. وعلى عكس عمليات زرع العين مثلاً، فإن الأعضاء الحية قادرة على إجراء كل التوصيلات الضرورية وتأدية وظائفها بشكل عادي حين يجري زرعها في جسد شخص آخر.

لكن تقبل هذه الأعضاء في الجسد البشري لا يزال يثير قضايا أخلاقية شائكة. بالنسبة للكلية، غالباً ما يتطوع أحد الأقارب للتبرع بإحدى كليتيه، وهذا لا يثير الكثير من المشاكل لأننا وإن نكن نبدأ حياتنا جميعاً بكليتين اثنتين فإن بمقدورنا العيش بصورة طبيعية بكلية واحدة، وفي هذه الحالة نتقبل جزءا من جسم كائن حي آخر داخل جسدنا. أما بالنسبة لزراعة الرئة والقلب فإننا ننتظر موت شخص آخر لندخل «لحمه» الميت إلى جسمنا ليهبنا الحياة. ونظراً لأن الكبد يمكن أن ينمو، حتى لدى البالغين، فكلا الاحتمالين وارد، سواء بوجود متبرع حي أم ميت.

في الولايات المتحدة أصبحت عمليات زرع القلب والرئة مألوفة واعتيادية، بينما أصبحت زراعة الكلى عمليات روتينية لا تستحق الذكر. لكن

اليابان لم تشهد إجراء العديد من هذه العمليات الجراحية، ففي شهر شباط عام 1996 أجريت ثاني عملية زرع قلب في اليابان، في حين أن أول عملية كانت قد أجريت قبل واحد وثلاثين عاماً وانتهت باتهام الجراح وادا جورو بارتكاب جريمة قتل، لإقدامه على استخراج قلب حي نابض من أحد المتبرعين. والسبب في ذلك الاختلاف يرجع إلى أن الغرب تقبل فكرة الموت الدماغي منذ فترة طويلة، لكن هذه الفكرة لم تصبح قانوناً ملزماً في اليابان إلا عام 1997. وقد تحولت عملية زراعة القلب الثانية عام 1999 إلى سيرك إعلامي حقيقي نتيجة الملابسات الأخلاقية التي رافقت عملية انتزاع القلب من جسد شخص لم «يمت» بعد بالمعايير التقليدية اليابانية، رغم أنه كان قد مات دماغيا ووقع على بطاقة التبرع بأعضائه في حال وفاته. ولكي لا يظن بعض الناس أن هذا الموقف يشير إلى حساسية يابانية خاصة تجاه كافة أشكال الحياة، علينا أن نتذكر أن الإجهاض مقبول تماماً في اليابان، على عكس الولايات المتحدة الأمريكية. ويتوجب علينا أيضاً تعليل ارتفاع معدلات الوفيات بين الأطفال المشوهين خلقيا في اليابان، والتي تفوق مثيلاتها في الولايات المتحدة بثلاثة أضعاف، مع أن معدلات وفيات الأطفال العاديين في اليابان أقل من مثيلاتها في الولايات المتحدة. الحقيقة أن هذه المشكلة لا تتعلق بما إذا كان مجتمع أو دولة ما تتمتع بقيم أخلاقية أفضل أو أسمى، بل إن الدول والمجتمعات المختلفة تتبنى قيماً وقواعد أخلاقية مختلفة تجاه العديد من القضايا. وهذه القواعد الأخلاقية تؤثر على مدى تقبل المجتمع للإجراءات الطبية، حتى ولو كان الأمر يتعلق بالحفاظ على حياة المتلقي. كما تؤثر بالتأكيد على مستوى التقبل الاجتماعي للإجراءات المتبعة في عمليات الجراحة التجميلية، بما فيها عمليات زراعة السيليكون (يجب تمييزه عن المركب الكيميائي السيليقون).

ولا تبقى هذه الحدود الاجتماعية ثابتة لا تتبدل، بل غالباً ما نراها تتغير

خلال عقد أو عقدين أو في فترة قصيرة نسبياً. اليابانيون مثلاً يخففون القيود على عمليات الزرع، ويغيرون تدريجياً أفكارهم حول قدسية الجسد ونوعية التعديلات الجسدية المقبولة اجتماعياً. كان ثقب آذان النساء ووضع الأقراط فيها محرماً في اليابان حتى أوائل التسعينات، لكن تعريجة قصيرة على مترو الأنفاق في طوكيو اليوم تثبت أن هذا «المحرم» اختفى تماماً على ما يبدو. وفي الغرب بقيت الأقراط والآذان المثقوبة حكراً على الغجر والقراصنة حتى الثمانينات، في حين أن رؤية قرط يتدلى من أذن مثقوبة لرجل عادي أصبحت اليوم ظاهرة مألوفة لا تسترعي الانتباه على كافة درجات السلم الوظيفي في الولايات المتحدة. طبعاً، لا يزال من المستبعد أن يقوم رئيس الدولة أو أحد قضاة المحكمة العليا بإجراء مثل هذه التعديلات الجسدية، لكن ذلك أيضاً سوف يتغير مع الزمن. وكما وصل أبناء جيل الستينات إلى مثل هذه المناصب، رغم باعهم الطويل في تعاطي المخدرات والإباحية، سيحل أبناء جيل اليوم محلهم في نفس المكاتب، وليس ثمة تراجع عن وضع القرط في ثقب اللحم أو الغضروف.

قد يقول أحدنا اليوم: «لا أريد معالجات عفنة في رأسي، ولا امتدادات لعينة من التيتانيوم في عظامي، ولا أريد دواعم تحسن أداء حواسي». سوف لن أشعر أنني طبيعي بوجودها داخلي؛ سوف لن يكون ذلك الشخص المصنّع أنا ذاتي. لكننا غالباً ما نتغير ونغير الكثير من آرائنا ومشاعرنا؛ وقد تتباين مشاعر أبنائنا من بعدنا؛ إلا أن أبناءهم بالتأكيد سيبدون مشاعر مغايرة تجاه نفس القضايا.

ما بعد «الكائنات الإلكترونية»

لقد استغرق تطوير التكنولوجيا التي نملكها آلاف السنين، وقد وصلت الآن تحديداً إلى النقطة التي يمكننا فيها تمثلها داخل أجسادنا. ولسوف نفعل

ذلك، فنغير أنفسنا من مجرد نتاج للتركيبة الجينية التي ورثناها إلى مخلوقات أكثر «لاماركيةً» تكون أيضاً نتاج التكنولوجيا التي استطعنا استنباطها.

وتعتمد التكنولوجيا المعاصرة في الوقت الحاضر على السيليكون والفولاذ، ولكن قبل انقضاء القرن الحالي سيتم تجاوز هذه التكنولوجيا بأشواط بعيدة، وبحلول منتصف القرن سيعكس وضع أجسادنا تلك الموجة التكنولوجية الجديدة.

إن الروبوتات المتوفرة في منتصف القرن الحادي والعشرين ستحوي عناصر مصنوعة من السيليكون والفولاذ والتيتانيوم، وربما بعض الغاليوم الزرنيخي، ومجموعة من المواد الأخرى والموصلات الجبارة وموحدات الجزيئات وتراكيب وبنى لا تخطر لنا على بال. وسوف تحوي أجسادنا أيضاً كل هذه التقانات، لكننا والروبوتات التي نصنعها سنكون مشبعين أيضاً بتقانات جديدة أهمها هندسة تكنولوجيا الأحياء.

لقد عملنا طوال الخمسين سنة الماضية على تطوير أدوات تكنولوجية تمكننا من تفهم علم الأحياء على المستوى الجزيئي، وقد بدأ البعض مؤخراً بنقل هذه التكنولوجيا من مرحلة التحليل إلى مرحلة التركيب، وهو نفس الانتقال النموذجي من العلم إلى الهندسة.

وكانت المحاولات الأولى لاستخدام تكنولوجيا الجزيئات الحية كأساس هندسي بدائية وخرقاء، لكنها بنفس الوقت كانت هائلة التأثير. ويستمر العمل الآن على تطوير تقنيات أحدث وأدق وسيكون لها أثر أقوى.

وقد أجريت أبحاث كثيرة على استنبات الخلايا والتحكم بنموها. ويمكننا اليوم إيجاد البدائل لصوان الأذن، أو الجزء الغضروفي من الأذن الخارجية، عن طريق استنباتها في المختبر وزرعها بشكل دائم في أذن شخص فقدها. كما تستمر التجارب لاستنبات أعضاء بديلة أخرى في المختبرات.

وبدأ العمل مؤخراً في استخدام هذه التقنيات بشكل جدي في علوم الإنسان الآلي، إذ إن هيو هير، أي «السيبورغ» الذي أتينا على ذكره في بداية هذا الفصل، غير راض عن المنظمات الكهربائية في الجيل الجديد من الأرجل الصناعية التي بناها. ويحاول هيو إيجاد عضلات حية وفاعلة، لكنه يدرك أن المحركات الكهربائية سوف لن تتمتع بالخصائص المطلوبة، وسوف تبقى بحاجة إلى بطاريات كبيرة الحجم. وقد بدأ هيو وتلامذته العمل في مختبرنا على بناء روبوتات يمكن أن تحركها عضلات فأر، وهي عضلات يمكن استنباتها في المختبر من خلية واحدة. ويتوجب غمر النسخ الأولية من هذا الروبوت بمحلول سكري خفيف التركيز كي تبدأ العمل، لكنها إجمالاً نتاج مزاوجة السيليكون والفولاذ بالمادة الحية. ويتلقى معالج كمبيوتر صغير أوامر مثل «اسبح» أو «استدر جهة اليمين» إلخ... ثم يعمل على تحويلها إلى إشارات متساوية تسير عبر موصلات تنبه أعصاب كل من الخلايا الحية والاصطناعية على حد سواء، فيسبح الإنسان الآلي ويستدير جهة اليمين تبعا للأوامر المعطاة.

طبعاً، هناك الكثير من القضايا البحثية العالقة: كيف نحدد شكل العضلات على النحو المطلوب وهي مازالت في طور النمو؟ وكيف يمكن لنا تغذيتها بالمحلول السكري دون الحاجة إلى غمرها كليا فيه؟ وكيف يمكن لنا إبقاؤها على قيد الحياة لفترة أطول بحيث يمكن للرجل البديلة الاستمرار لمدة زمنية معقولة وبالشكل الأمثل؟

يستخدم هيو في عمله الخلايا الحية بشكلها الحالي، لكن عمليات تعديل ما يجري داخل جزيئات الخلية مستمرة أيضاً، وخصوصاً الأبحاث المكثفة حول التعديل الجيني للكائنات الحية. وكان لاكتشاف تقنيات إضافة أو حذف جينات من الخلية الحية أهمية بالغة في تمكيننا من فهم دور

الجينات والبروتينات التي ترمز إليها. ويجري حالياً استخدام هذه التقنيات لإضافة خصائص جديدة للمحاصيل أو لحذف الجينات التي تسبب الآفات الزراعية.

مع ذلك، لا تزال هذه الطرق بدائية إلى حد ما، إذ أنها لا تزال تعتمد على خلط ومشابهة الجينات الموجودة حالياً للحصول على النتائج المرجوة ضمن آليات مركبة تتفاعل فيها جميع البروتينات ورموزها الجينية. إنها أشبه ما تكون بتوصيل جهاز الستيريو الفرعي والاستماع إليه داخل كمبيوتر المنزل، حيث لا يتم فعليا اكتشاف شيء جديد، بل يجري اعتماد الطرق التي أوجدها الآخرون لتمكين كل العناصر من الاتصال أحدها بالآخر. العمل الأكثر تطورا هو أن نقوم ببناء عناصر جديدة بأنفسنا، في حين أن العمل الأمثل حقاً هو إعادة تصميم وحدة المعالجة المركزية في الكمبيوتر. بالنسبة لهندسة الجينات، يجري العمل حالياً على الخيار الثاني، أما عملية إعادة التصميم برمته فما زالت بعيدة عن متناولنا.

كما بدأ توم نايت ورون ويس العمل في مختبر الذكاء الاصطناعي التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا على إدخال خلايا «إي. كولي» الحية والمعدلة وراثيا إلى نسخ صغيرة من الإنسان الآلي. ويستخدم كلاهما في ذلك قائمة من الحساسات والمفعِّلات التي تتواجد تلقائياً في هذه الخلايا، أو تلك التي يمكن هندستها بسهولة عن طريق استخدام الأساليب البدائية المعروفة. وقد استطاعا بناء نسخ صغيرة من الروبوت «إي. كولي» يمكنها استشعار الجزيئات (تحديدا جزيئات حامض اللبن السيريني في الإنسان) التي يمكن تمثلها عبر جدار الخلية. ويفكر كلاهما أيضاً باستخدام الإحساسات المتأتية بشكل طبيعي من الحقول المغناطيسية والحقول الكهربائية الخفيفة، وغيرها من الجزيئات البسيطة. وتتألف المفعلات لخلايا

الروبوت من نفس أنواع الجزيئات اللبنية التي تنتشر عبر جدران الخلايا فتبث الضوء، مستخدمةً جيناً مسروقاً من الغدة الصنوبرية الموجودة في دماغ السمكة اليابانية المعروفة باسم «مونوسنتريس جابونيكوس» (Monocentris Japonicus). كما يبحث كلاهما في قضايا السيطرة على المحركات السوطية (flagellar motors)، وإشكالات موت الخلية، ومحاولة إنتاج أنزيمات تعمل عمل المفعلات للإنسان الآلي. والتحدي الأكبر الذي يواجه روبوتات نايت وويس يكمن في عمليات التفكير التي تجريها. وتهدف هذه العمليات إلى تحديد آلية المخرجات كوظيفة لوضعها الحالي والمدخلات التي يتم تزويدها بها. ويفرض نايت وويس نظاماً رقمياً على هذه الخلايا، وذلك عن طريق أخذ دارات رقمية بسيطة ودمجها في سلسلة الحمض النووي (DNA) لتلك الخلايا «أي . كولي». وتستخدم ديناميكية الجزيئات وآليات النسخ الجيني في الخلية لإجراء عمليات التفكير المحددة أصلاً بواسطة هذه السلسلة من الحمض النووي (DNA). على سبيل المثال، قد يختار المُدْمج أن يقوم البروتين (A) بمنع نسخ البروتين (B)؛ وبتوفر منحنى التحويل اللاخطي المناسب في عملية الكبح هذه، يمكننا اعتبار أن تركيز البروتين (B) في الخلية هو الانعكاس المنطقي لتركيز البروتين (A). وهكذا فان آلية نسخ الحمض النووي (DNA)، كما يحددها مدمج نايت وويس، تؤدي دوراً سلبياً يندرج منطقياً تحت بوابة «لا» داخل الخلية. ويجري بسهولة بناء بوابة منطقية أكثر تعقيداً في هذه الآلية، الأمر الذي يؤدي إلى قيام عمليات تفكير أكثر تعقيداً يمكن إحداثها داخل الخلية الحية؛ وبوجود حساسات ومفعلات مناسبة يولدها الإنسان الآلي. وقد نجح نايت وويس لتوهما بإنتاج بلايين الروبوتات من نوعين مختلفين، يتواصل أحدهما مع الآخر فيظهر ضوء كهربائي يشع وينطفئ تبعاً لرسائل تبثها روبوتات أخرى، وتبعاً لتركيز إشارات الجزيئات في المحلول. الأمر الأكثر

إثارة للاهتمام في عمليات التفكير والحساب التي تقوم بها هذه الروبوتات هو بطؤها، إذ يقتضي اتخاذ أبسط القرارات عشرات الدقائق. والمؤكد أن مثل هذه الأساليب لا يمكن أن تحل محل السيليكون في سعينا لتسريع هذه العمليات، لكن القضية المهمة هنا هي أن عمليات الحساب والتفكير تتحكم ببعض العمليات الداخلية للخلية الحية في نهاية المطاف.

في المستقبل غير البعيد قد ينجح البشر بتحقيق تحكم مماثل بالعمليات الجزيئية للخلايا الحية، لكن بطرق أكثر دقة وتطوراً ودون الحاجة إلى تكبد كل ذلك العناء بآليات المعالجة الرقمية، وهو افتراض تؤكده أبحاث نايت وويس. وعندما نستشف آفاق المستقبل المنظور بعد ثلاثين سنة تقريبا، يمكننا القول إنه سوف يكون بمقدورنا إيجاد خلايا مبرمجة، داخل الكائنات الحية أو حتى داخل أنفسنا. ومن المؤكد أننا سوف نستطيع الحصول عليها داخل رجالنا الآليين، إذ يسهل جداً تصنيعها، لأن الخلايا الحية قادرة حالياً على تصحيح أخطائها وإعادة إنتاج ذاتها. كل ما نحتاج فعله هو تزويدها بالسكريات البسيطة والحصول على المزيد منها.

إن الوقت لا يزال مبكراً جداً، ولا يزال الواقع الراهن ضبابياً جداً بحيث لا يمكننا التكهن بالوجهة التي يقودنا إليها كل ذلك. لكن الواضح الآن أن تكنولوجيا الإنسان الآلي سوف تتناغم مع التكنولوجيا الحيوية في النصف الأول من القرن الحالي. وتكنولوجيا الإنسان الآلي التي نتبناها ونتمثلها في أجسادنا اليوم سوف تتحول في النهاية إلى تكنولوجيا حيوية، أي تكنولوجيا تتم برمجتها داخل خلايانا عبر التعديلات التي نجريها على تركيبتنا الوراثية.

إننا نسير قدما على درب تغيير البنية الوراثية بطرق عديدة وجذرية، لا مجرد إجراء تحسينات عليها عن طريق الوصول إلى الإنسان الأمثل كما

يخشى بعضنا. سوف نمتلك القدرة على التحكم بأجسادنا فعلا كما نتحكم الآن بتصميم الآلات، ولسوف نمتلك مفاتيح وجودنا.

ولا يبدو أن ثمة داع للخوف من حفنة روبوتات تحتل مواقعنا في السيطرة على العالم، فلسوف نسيطر على أنفسنا من جديد، ولسوف نزود أجسادنا بقدرات وخطط وبرمجيات يمكن تعديلها والتحكم بها بطريقة توازي قدرة أي إنسان آلي.

إن الفارق المميز بيننا وبين الإنسان الآلي سوف يتلاشى .

مراجع إضافية للقراءة

Knight, T. F., and R. Weiss. 2000. "Engineered Communications for Microbial Robotics." From Proceedings of the 6th International Workshop on DNA-Based Computers, DNA 200, Leiden, The Netherlands. Edited by A. Condon and G. Rozenberg. In Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2054, pp. 1-16. Berlin: Springer-Verlag.

Loeb, G. 2001. "Prosthetics, Neural." In Handbook of Brain Theory and Neural Networks. 2nd ed. Pp. 768-72. Edited by M. A. Arbib. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Ramachandram, V. S., and S. Blakeslee. 1999. Phantoms in the Brain: Probing the Mysteries of the Human Mind. New York: Quill.

obeikandl.com

خاتمة

لا تزال قاذفات ب – 52 (B-52) التابعة لقيادة القوى الجوية الاستراتيجية تحلق في سماء الولايات المتحدة الأمريكية منذ حوالي خمسين سنة. ورغم أنها تبدو متشابهة من الخارج، فإن النسخة الحديثة من طائرة ب – 52 اليوم هي أبعد ما تكون عن نسخة الخمسينات، إذ تم استبدال كافة أنظمة الطيران فيها وفق آخر التقنيات المتوفرة، وتم تغيير كل الدعامات والعوارض المتشققة في عملية ترميم شاملة من الداخل، واستبدلت المحركات المتآكلة، وتغيرت الخطوط الهيدروليكية والصمامات، حتى أجزاء الهيكل المعدني تم أيضاً استبدالها مراراً حسب الحاجة وحال ظهور عناصر ومواد متطورة. باختصار، إن قاذفة ب – 52 اليوم تختلف اختلافاً كلياً عن مثيلتها قبل خمس وأربعين سنة، رغم أن الرقم المفترض لهيكل الطائرة لا يزال واحداً في كلتا الحالتين. إنها نفس طائرة ب – 52، لكنها مصنوعة من

obeikandl.com

مواد مختلفة تماما. ولا يبدو أن هناك نهاية محتملة لعمر هذا النوع من القاذفات في المستقبل المنظور، فسوف يجري على الدوام استبدال وتجديد أنظمتها الفرعية وأعضائها الهيكلية. إن طائرات ب - 52 خالدة.

مع الأخذ بعين الاعتبار جملة التطورات التي أتينا على ذكرها في الفصل العاشر، يحق لنا التساؤل: هل قدر لنا أن نكون نسخاً حية من طائرات ب - 52؟ وهل نعيش خالدين مخلدين في المستقبل، نستبدل بين الحين والآخر أعضاءنا الهيكلية التالفة بقطع غيار جديدة؟

من المؤكد أن البشر اليوم سوف يستفيدون من تمثل تكنولوجيا السيليكون والفولاذ في داخلهم وتحويلها إلى أجزاء تكميلية داعمة لأداء أجسادهم. فلقد بدأنا لتونا توسيع دائرة قدرتنا على الحركة عن طريق زراعة الأعضاء الصناعية؛ وسوف تعمل التقانات الحديثة المزروعة داخلنا على تطوير وإطالة عمر أجهزة الإحساس فينا، كالعينين والأذنين؛ وسوف يتم إصلاح الأعطاب وترميم نقاط الضعف الناجمة عن فقد السيطرة على محرك وجودنا، سواء بسبب تدهور وضع الأعصاب أو بسبب اعتلال الدماغ؛ ولسوف تطول أعمارنا، ربما إلى حد بعيد. وكل هذه الوسائل الهادفة إلى إطالة أمد حياتنا وجعلها أكثر متعة وفائدة تبقى مستقلة تماماً عن محاولة توسيع إمكاناتنا البشرية إلى حدود ماورائية تتجاوز القدرات الإنسانية العادية في فترة الشباب. بالطبع، قد تواكب هذه الطاقات الميتافيزيقية الجديدة تطور أداء الأجهزة الداعمة لعمل أجسادنا، لكنها لا ترتبط مباشرة بموضوع بحثنا في هذا السياق. المشكلة الأساسية هنا تكمن فيما إذا كنا اليوم قادرين على استبدال كل شيء ونحن مازلنا في حقبة السيليكون والفولاذ.

لقد بيّنت في الفصل التاسع أن تركيبة جسدنا المعقدة، على مستوى تكامل الأنظمة وتضامنها، لا ترجح إمكانية إدخال أدمغتنا إلى جهاز كمبيوتر

في المستقبل القريب، بل يتحتم علينا أن نبقى بشراً في الوقت الحاضر، نواجه التحديات التي يفرضها الفناء علينا. أما حياة أحفادنا وأحفاد أحفادنا فستكون مختلفة لدرجة لا يمكننا إدراكها والتكهن بها الآن، تماماً كما لا يمكن لشخص في بدايات القرن العشرين تفهم طريقة استخدامنا لتكنولوجيا المعلومات بكل صيغها وأشكالها الراهنة.

إن العالم يتغير ويغير معه إنسانيتنا. وقوى التغيير لا يمكن مقاومتها الآن، كما لن يمكن مقاومتها في الخمسمائة سنة الماضية. ولن يفيدنا التمني بأن لا تكون كذلك، فلطالما راود التمني العبثي الكثيرين في الأجيال السابقة .

إن الطريقة المثلى لمواجهة المستقبل تكمن في الإبقاء على عقل مفتوح وفهم واعٍ لكل ما نحمله في أعماقنا من قناعات مسبقة وأحكام جائرة ومتحيزة. وربما قبل كل شيء آخر، يجب أن نبقى على استعداد دائم لإعادة النظر بطبيعة وماهية إنسانيتنا، فالمستقبل سوف يفرض علينا الإجابة عن أسئلة صعبة حول هذه الطبيعة، والولاء الأعمى لمعتقدات جامدة تأصلت في داخلنا سوف لن يعود علينا بفائدة أكبر من لغو الماضي وجهله.

لقد ساعدتنا الاكتشافات العلمية على أن نفهم طبيعة الكون وندرك مكنوناته بطريقة أفضل من ذي قبل، حين جسدت معتقداتٌ موهومة لا أكثر دليلنا الهادي الوحيد لكل تفسيراته. واليوم تعمل الاكتشافات الجديدة، مدفوعة برياح الابتكارات والمظاهر التكنولوجية الحديثة، على تقديم فهم أعمق لحقيقة أنفسنا وحقيقة من نكون. وحين ندرك هذه الحقيقة سوف تتسنى لنا القدرة على تغييرها.