

Schlüsselpunkte für den Transfer der Forschung über motorisches Lernen in die klinische Praxis der neurokognitiven pädiatrischen Rehabilitation



Dra. Patricia Martín Casas
Physiotherapeutin, Msc.,
Professore assistente dottoressa di
fisioterapia
Università Complutense di Madrid
E-28040 Madrid
Übersetzung: Stefanie Leichtle

In den letzten drei Jahrzehnten haben sich zahlreichen Forschungen mit den unterschiedlichen Faktoren auseinandergesetzt, die die kindliche Entwicklung beeinflussen, und haben gezeigt, dass die Umgebung, in der das Kind aufwächst, und seine ersten Erfahrungen für das schrittweise Lernen wichtig sind.

Aus diesem Grund entstand ein Wandel bezüglich der Versorgungspraxis hin zu Modellen, die sich auf die Familie und die natürlichen Kontexte konzentrieren, in der der Therapeut/die Therapeutin als Motor des Wandels agiert, um Veränderungen einzuführen, die dem Kind in seiner Entwicklung in all seinen Lebensbereichen unterstützt.

Trotz wissenschaftlicher Evidenz, die diese Modelle stützt, gibt es Grenzen hinsichtlich seiner Anwendung in klinischen Bereichen und auch wenn Kinder und Familien Schwierigkeiten mit der Anwendung notwendiger Strategien für deren Einsatz haben. Ebenso ist die klinische Evidenz sehr beschränkt, wenn es sich um Kinder mit schweren perzeptiven oder kognitiven Schwierigkeiten handelt, während es zahlreiche Interventionen mit hoher Effektivität bei Kindern mit neurologischen Risiken und leichteren Beeinträchtigungen gibt.

Somit erscheint es unumgänglich, die Lernprozesse

bei allen Kindern verstehen zu lernen, in dem man eine gründliche Analyse der Charakteristika des Kindes, des Kontextes, in dem es sich entwickelt, und der Aktivität, die wir als therapeutisches Ziel festgelegt haben, durchführt. Nur so können wir die geeignetsten Strategien für jedes Kind und seine Familie in jedem konkreten Moment seiner Entwicklung auswählen, da wir einem hochkomplexen und variablen Prozess gegenüberstehen.

Um zu analysieren, wie unterschiedliche Strategien dem Kind bei seinem motorischen Lernen helfen können (das heißt, dauerhafte Veränderungen in seinem Verhalten erreichen zu können), werden wir die unterschiedlichen Mechanismen des motorischen Lernens beschreiben und wie man sie während der kognitiv-therapeutischen Übung aktivieren kann.

Wir müssen verstehen, dass diese Mechanismen auf isolierte Weise oder parallel dazu beitragen, die gewünschten Veränderungen in der Bewegung durch die Aktivierung von verschiedenen neuronalen Substraten voranzutreiben. Die Bewertung und die Behandlung durch die neurokognitive Rehabilitation müssen das Verständnis dieser Mechanismen des Lernens und das in Gang bringen der Strategien, um diese zu aktivieren, gemäß den Charakteristika des Kindes, dem Kontext und der Aktivität, miteinschließen.

Ferner ist das Erklären dieser Mechanismen den Eltern und allen Personen, die die Entwicklung des Kindes beeinflussen, sehr wichtig. So können die Strategien des vorgeschlagenen Lernprozesses in die verschiedenen Aktivitäten des täglichen Lebens übertragen werden und die Selbstorganisation des Kindes gefördert werden. Dies stellt die Basis für seine reale Autonomie und Teilhabe dar.

Im Folgenden werden die vier am besten erforschten Mechanismen des motorischen Lernens dargestellt. Außerdem wird erklärt, wie sie aktiviert werden, um Verhaltensveränderungen zu fördern, und es wird analysiert, welche Komponenten der/die neurokognitive Therapeut/in in seinen/ihren Übungen einführen sollte, um deren Aktivierung zu unterstützen.

Die Reihenfolge, in der diese Lern-Mechanismen dargestellt werden ist „down to top“, das heißt, es beginnt mit dem grundlegendsten Lern-Mechanismus, abhängig von Strukturen und Mechanismen, die weniger bewusst sind.

Auf diese Weise geht es von der Art des Lernens, die am meisten automatisiert ist, zu jener die willentlich, bewusst und abhängig von den komplexesten Strukturen des zentralen Nervensystems ist.

Diese Reihenfolge ist nicht zufällig, sondern zielt darauf ab, zu reflektieren, wie man es schafft, Lern-Mechanismen auch bei den kleinsten Kindern und/oder schwer betroffenen Kindern zu aktivieren, immer und wenn wir wissen, wie dieses Lernen entsteht und wir uns den Grenzen seiner Effekte bewusst sind.

1. Motorisches Lernen basierend auf sensorimotorischer Anpassung (Rekalibrierung)

Dies entsteht, wenn die motorische Verhaltensveränderung dadurch zustande kommt, dass Fehler bei den sensorischen Voraussagen begangen werden, das heißt, wenn die sensorischen Konsequenzen einer Bewegung sich von denen der erwarteten unterscheiden.

Dies geschieht oft wenn die Kinder sich unerwarteten Anforderungen bei einer Aufgabe gegenüber sehen oder wenn es Veränderungen in der Umgebung gibt, die Modifizierungen im ausgeführten motorischen Programm erfordern.

Während der kognitiv-therapeutischen Übungen aktivieren wir die sensorimotorische Anpassung jedes Mal, wenn wir dem Kind eine neue Aufgabe geben oder auch Veränderungen in einer bereits bekannten Übung vornehmen, vor allem wenn diese Veränderungen so dargebracht werden, dass sie das Kind nicht voraussehen konnte (zum Beispiel wenn es die Augen geschlossen hat, oder es einen Gegenstand berührt, mit dem es in Interaktion treten möchte, und es durch die visuellen Informationen die Konsequenzen der Interaktion mit ihm nicht voraussehen kann).

Dieses Lernen aktiviert sich automatisch, implizit, und hängt stark vom Kleinhirn/ Cerebellum ab. Es kann sich unabhängig (wenn das Kind das Feedback jeglicher spontaner Handlung erhält) oder absichtlich bilden, um freiwillige Bewegungen zu verändern, wenn der/die Therapeut/in oder ein anderer Erwachsener dem Kind sagt, wie es seine Bewegungen korrigieren soll und/oder ihm äußeres Feedback bezüglich seines Fehlers gibt.

In letzterem Fall führt die sensorimotorische Anpassung zu einem instruktiven motorischen Lernen oder einem auf Strategie basierenden Lernen, da gleichzeitig die sensorimotorische Anpassung und die Entwicklung von expliziten Strategien geschieht, die miteinander arbeiten, um sich einer bestimmten Situation zu stellen.

Bei einem Kind ohne funktionale Vielfalt geschieht die sensorimotorische Anpassung schnell, oft binnen Minuten. Bewegungen passen sich Wiederholung für Wiederholung an, um schnell die Fehler in der sensorischen Voraussage zu reduzieren, um so eine wichtige Bewegungsflexibilität in einem multisensorischen Kontext und mit vielen Anfor-

derungen der unterschiedlichen Aufgaben zu erreichen. Ferner werden diese Veränderungen automatisch für einen zukünftigen Gebrauch gespeichert, was dem Kind erlaubt, seine anfänglichen Fehler zu reduzieren, wenn es sich einer ähnlichen Aufgabe erneut gegenüberstellt, und ihm ein schnelleres erneutes Lernen von neuen Bewegungen ermöglicht.

Das ist der Beweis, dass die sensorimotorische Anpassung die Bildung von dauerhaften motorischen Erinnerungen ermöglicht, welche als Basis für neues Lernen dienen. Bei einem Kind mit Einschränkungen sind die Vereinfachung der Handlungen, ihre Wiederholung und die schrittweise Einführung von unterschiedlichen Elementen, die die Komplexität der Handlung erhöhen, sehr wichtige Bausteine, die man in die kognitiv-therapeutische Übung einführen sollte, um der Fähigkeit des Kindes, sich anzupassen, zu entsprechen.



Abb. 1: Die Wippe unter dem Becken ruft eine ständige Störung der Unterstützungsfläche hervor, was die Verbesserung der posturalen Kontrolle durch das implizite Lernen, basierend auf der sensorimotorischen Anpassung, fördert, während die kognitiv-therapeutische Übung durchgeführt wird, in der das Kind den Weg, den seine obere Extremität ausführt, erkennen muss.

2. Motorisches Lernen, abhängig von der Anwendung (basierend auf Wiederholung)

Dies wird definiert als eine Veränderung im motorischen Verhalten, die sich durch ständige Ausübung einer speziellen Aufgabe bildet. Dieses Lernen, auch als aufgabenbezogenes erneutes Lernen bezeichnet, ist weitgehend anerkannt als eine effiziente Art und Weise, um Veränderungen im motorischen Verhalten zu fördern, da es im Kind viel praktisches Tun hervorruft. Dadurch entstehen strukturelle und funktionelle Veränderungen im zentralen Nervensystem, da die Plastizität von der Erfahrung abhängt.

Deshalb muss die therapeutische Planung viele Wiederholung einer kognitiv-therapeutischen Übung beinhalten, um dauerhafte Veränderungen zu fördern. Außerdem muss

sie für die Familien Instruktionen bereitstellen, damit das Kind das durch die Übungen entstandene Gelernte auf seine Aktivitäten des täglichen Lebens übertragen kann und somit eine Zunahme der Ausführung neuer Strategien zu erreichen.

Um Veränderungen der neuronalen Plastizität zu erreichen, muss die Aufgabe ferner die aktive Teilnahme des Kindes beinhalten, so sollten bei der Wiederholung neue Elemente eingeführt werden, die die Lernprozesse aktivieren. Die kognitiv-therapeutische Übung sollte motorische Aktivität zusammen mit der perzeptiv-kognitiven Aktivierung beinhalten: das Kind muss das Ziel der Übung verstehen und beabsichtigte Veränderungen in seinen Bewegungen wahrnehmen, um das Problem der Übung zu lösen.

Die wiederholte und intensive Ausführung dieser Art von Aufgaben zielt darauf ab, die Verhaltensweisen zu automatisieren und die kognitive Herausforderung zur Bewältigung der Aufgaben zu reduzieren, so dass gleichzeitig andere Prozesse ablaufen können.

Einer der Nachteile des motorischen Lernens, abhängig von der Anwendung, besteht darin, dass es über einen langen Zeitraum geschieht, die Verbesserungen im motorischen Verhalten sich langsam einstellen und die Generalisierung dieses Übens, um Verbesserung in der realen Welt zu erreichen, bei dieser Art von Intervention sehr klein sein kann.

Eine Möglichkeit, unmittelbare Veränderungen im motorischen Verhalten zu erreichen ist, das Lernen, abhängig von der Anwendung, parallel mit dem des instruktiven motorischen Lernens, welches viel schneller von Statten geht, zu kombinieren. Diese Möglichkeit wird noch weiter analysiert, wenn dieses Lernen beschrieben wird.



Abb. 2: Die Wiederholung der Erfahrungen der Interaktion der Hände des Babys mit verschiedenen Objekten fördert das motorische Lernen der Funktion Druck-Manipulation, abhängig von der Anwendung

3. Motorisches Lernen mit Verstärkung (basierend auf Belohnung)

Dieses wird definiert als die Verbesserung des motorischen Verhaltens, die sich dadurch einstellt, dass es ein Feedback bezüglich des Resultats, durch Scheitern oder Erfolg der Bewegung hinsichtlich des Ziels der Aufgabe gibt, ohne dabei Informationen zu liefern, wie die Bewegung verändert werden müsste (oder nicht), um erfolgreich zu sein.

Diese Art von externem Feedback bewirkt, dass das Kind verschiedene Bewegungen ausprobiert und die Handlung, die am meisten Erfolg verspricht, auswählt und dabei diejenigen, die wenig Aussicht auf Erfolg haben, vermeidet. Während der kognitiv-therapeutischen Übung wird dem Kind durch die Überprüfung ermöglicht, ein Feedback über Erfolg oder Misserfolg seiner Strategien zu erhalten. Wir müssen dabei jedoch beachten, dass die Belohnung ein höchst motivierendes Element darstellt.

Deshalb sollten wir die Schwierigkeit der Übungen an die aktuellen Fähigkeiten des Kindes anpassen, um somit bei den ersten Versuchen bereits einen Erfolg bei der Aufgabe herbei zu führen, um die Motivation des Kindes zu steigern; gleichzeitig, wenn das Kind einen Fehler begeht, dies nutzen, um sein Bewusstsein für Schwierigkeiten zu erhöhen (zum Beispiel niedrigere Aufmerksamkeit, Schwierigkeiten in der Bewegung etc.), unsere Unterstützung erhöhen und ihn zu einem neuen Erfolg führen, der ihn zu der Wiederholung der Strategie veranlasst.



Abb.3: Wenn wir, jedes Mal wenn das Kind die Figuren unter seinen Füßen erkennt, ihn damit beschäftigen lassen, in dem es damit spielt und es die Figuren in das Puzzle einfügen darf, führen wir damit eine Belohnung ein, die seine Motivation erhöht und das motorische Lernen durch Verstärkung aktiviert

Die Basalganglien sind die Strukturen, die am direktesten bei der Auswahl von Bewegungen, die als Resultat den Erfolg der Bewegung darstellen, beteiligt sind. Die primäre motorische Rinde ist jedoch auch durch die Kreisläufe zwischen Basalganglien, dem Thalamus und dem Cortex beteiligt.

Die Beteiligung der kognitiven Prozesse beim motorischen

Lernen, basierend auf Belohnung, bleibt umstritten. Ursprünglich glaubte man, dass das Lernen durch Belohnung ein eher impliziter oder automatischer Prozess sei, so dass eine erfolgreiche Bewegung, die sich spontan während des Tuns durch eine innewohnende Variabilität der Bewegung des Kindes einstellt, zu einer automatischen Verzerrung bei der Auswahl von zukünftigen Bewegungen führen, hin zu dem Ergebnis, bei dem das Kind eine Belohnung erhalten hatte.

Allerdings ist es auch nicht so, dass das bewusste Ausprobieren von verschiedenen Bewegungen, die zu erfolgreichem Verhalten führen, kritisch für das Lernen durch Belohnung zu sehen ist. Ferner können die bewusste Kontrolle oder die Entwicklung einer bewussten Strategie eine wichtige Rolle beim motorischen Lernen durch Belohnung spielen, was wiederum mehr kognitive Prozesse in Gang setzt als ursprünglich angenommen.

Diese Art von Lernen kann zu sofortigen Verhaltensänderungen führen, wobei die erworbenen Bewegungen langfristig gespeichert werden. Deswegen hat man sie mit Erfahrungen, die sensomotorische Anpassung erfordern, oder mit dem Ausüben einer neuen Aufgabe kombiniert, um die Speicherung, was die Ausführung anbelangt, zu verbessern.

Während der kognitiv-therapeutischen Übung müssen wir die Verwendung der Belohnung (Feedback des Ergebnisses) mit der Wiederholung von Übungen mit Variabilität kombinieren, die Veränderungen der Strategien hervorrufen, die zum Bewusstsein führen (Feedback des Prozesses), um dauerhafte Verhaltensänderungen zu erreichen, die auf andere Kontexte übertragen werden können.

4. Instruktives motorisches Lernen (basierend auf der Strategie)

Dies wird definiert als die Veränderung des motorischen Lernens, die dadurch erreicht wird, dass eine Strategie der bewussten Bewegung angewendet wird, wenn man dem Kind spezifisches externes Feedback bezüglich eines Fehlers in der Bewegung oder im mit der Aufgabe verbundenen Prozess gibt.

Dieses Verfahren fördert die Entwicklung einer bewussten Bewegungsstrategie, um den Fehler zu reduzieren, den das Kind explizit beschreiben und zukünftig wiedergeben kann. Gewöhnlich wird diese Strategie zunächst vom Therapeuten/der Therapeutin vorgeschlagen, der/die als Instruktor/in fungiert, in dem er/sie verbale Ausdrücke oder visuelle Hinweise gibt, die es dem Kind erlauben, sich seiner Fehler oder falschen Bewegungen bewusst zu werden, um es so bewusst zur Aktivierung von Strategien zu führen, die die Bewegungen korrigieren.

Somit bezeichnet man diese Art von Lernen auch als explizit oder als basierend auf der Strategie, und es wird durch Strukturen des präfrontalen Cortex vermittelt und beinhaltet verschiedenste kognitive Prozesse (z.B. Ver-

ständnis der Anweisungen, Beobachtung der Ausführung etc.). Dies wiederum ist auch der Grund, warum es bei Kindern mit schweren kognitiven Einschränkungen ineffektiv ist.



Abb. 4: Wenn wir das Kind während der Übung darin anleiten, Strategien zur Lösung eines Problems zu entwickeln und gleichzeitig sein motorisches Verhalten zu verbessern, aktivieren wir das instruktive Lernen

Wenn wir die kognitiv-therapeutische Übung anwenden, müssen wir von jenem Stand ausgehen, von dem aus das Kind die Übung verstehen und sich aktiv in dessen Realisierung einbringen kann. Als Therapeuten/Therapeutinnen fungieren wir als Förderer von perzeptiven, kognitiven und motorischen Strategien, die wir dem Kind vermitteln möchten und die es allmählich autonom anwenden kann. Deshalb müssen wir unsere spezielle Aufmerksamkeit der Komplexität der gestellten Übung widmen, die das Ergebnis der Interaktion seiner perzeptiven, kognitiven, motorischen und mit Emotionen verbundenen Charakteristika ist. Unsere wichtige Aufgabe ist es, die Übung an jedes Kind in der konkreten therapeutischen Situation anzupassen und, in Abhängigkeit seiner Verhaltensänderungen, langsam deren Komplexität zu erhöhen bis hin zu der Handlung, die wir verändern möchten: unser therapeutisches Ziel.

Wie aktivieren wir die verschiedenen Arten des Lernens bei den Kindern während der kognitiv-therapeutischen Übung?

Wir müssen bedenken, dass die verschiedenen Arten des Lernens parallel während des Lernens einer neuen Bewegung auftreten können und der relative Anteil jeder Art sich verändern kann, je nachdem welche Faktoren man in die praktische Ausführung der Bewegung einfließen lässt. Ebenso muss man die Charakteristika des Kindes bei der Erarbeitung der kognitiv-therapeutischen Übung mit einbeziehen, um sie an seine Fähigkeiten anzupassen und neues Lernen zu fördern. Es erscheint sehr wichtig, dass

der Therapeut/die Therapeutin für jedes Kind angemessene Interventionen entwirft, die darauf abzielen, jene Mechanismen des motorischen Lernens zu aktivieren, die am effektivsten sein Verhalten verändern können.

Zum Beispiel priorisiert man bei schweren kognitiven Beeinträchtigungen zunächst die sensomotorische Anpassung während man bei einem Kind mit Ataxie eher durch instruktives Lernen, durch Belohnung, oder durch das Lernen durch Anwendung bessere Ergebnisse erzielt als durch die sensomotorische Anpassung.

Durch die Kenntnisse der Mechanismen des motorischen Lernens wird es dem/der neurokognitiven Therapeut/in ermöglicht, die Interventionen je nach Antwort des Kindes während der Übung anzupassen, die Übungen zu verändern um die geeignetsten Mechanismen in jeder Entwicklungsstufe und gemäß den therapeutischen Zielen zu fördern.

Noch ist es nicht ganz ersichtlich, wie die verschiedenen Mechanismen während des Lernens eines neuen Verhaltens interagieren; es ist möglich dass das instruktive Lernen oder das Lernen durch Verstärkung eher in der ersten, kognitiven oder expliziten Phase des Lernens einbezogen wird, wenn die Leistung variabel und das Kind verschiedene Lösungen für die Bewegung finden soll, während in der assoziativen Phase vor allem Mechanismen der Verstärkung und abhängig von der Anwendung zum Tragen kommen, wenn das Kind sein Verhalten durch häufiges Üben verfeinert.

In der autonomen Phase können zusätzliche motorische Verhaltensanpassungen und eine Veränderung des automatischen Verhaltens zunächst durch die sensomotorische Anpassung und das kontinuierliche Üben der Bewegung durch einen impliziten Prozess aktiviert werden.

Zusammengefasst sind die aktive Teilnahme des Kindes, die die Anpassung der Schwierigkeit der Übung benötigt, die Wiederholung, die Struktur der kognitiv-therapeutischen Übung als eine komplette Handlung, die Feedback hervorruft (des Ergebnisses oder der Handlung), die Variabilität und die fortschreitende Komplexität wichtige Bestandteile der Behandlung, die das motorische Lernen fördern, die in der einzigen Skala zusammengefasst sind, die diesen Prozess evaluiert: das Motor Learning Strategy Rating Instrument (<https://www.canchild.ca/en/resources/106-the-motor-learning-strategy-rating-instrument>). Zweifellos wird das Einbeziehen dieser Bestandteile die Behandlungen effektiver machen, das Verhalten des Kindes bei unterschiedlichen Aktivitäten verbessern und seine Teilnahme in der Gesellschaft fördern.

Literatur:

Leech KA, Roemmich RT, Gordon J, Reisman DS, Cherry-Allen KM. Updates in Motor Learning: Implications for Physical Therapist Practice and Education. *Phys Ther.* 2022 Jan 1;102(1):pzab250. doi: 10.1093/ptj/pzab250.

Kamath T, Pfeifer M, Banerjee-Guenette P, Hunter T, Ito J, Salbach NM, Wright V, Levac D. Reliability of the motor learning strategy rating instrument for children and youth with acquired brain injury. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2012 Aug;32(3):288-305. doi: 10.3109/01942638.2012.672551.

Vormerken

23. internationales Symposium für neurokognitive Rehabilitation

16. - 17. Juni 2022

Berufsförderungswerk Nürnberg
Schleswiger Straße 101
90427 Nürnberg