

“I Congresso Internacional “Ciência e Tiflogia: Vencer os Efeitos da Cegueira Anatômica em Contexto Científico Equitativo”

2º Painel, subordinado ao tema: -Desenvolvimento Háptico Perfeccional e da Suplência Multissensorial em Equidade Social”

Tema da comunicação:

“Subsídios da psicofisiologia e das neurociências na compreensão da atividade percetivo-cognitiva da função háptica da mão”

Serafim Manuel Silva Queirós

Nota - Na qualidade de proprietário intelectual deste documento, reservo-me o direito de não autorizar a sua divulgação, a não ser para propósitos do I Congresso Internacional “Ciência e Tiflogia: Vencer os efeitos da cegueira Anatômica em Contexto Científico Equitativo”

I - INTRODUÇÃO

O presente artigo procede à revisão da literatura sobre a atividade percetivo-cognitiva da função háptica da mão, agregando os subsídios provenientes da psicofisiologia, da cinesiologia e das neurociências, de forma a permitir uma visão holística neste domínio do conhecimento. Este artigo pretende refletir sobre o primado da função manual na realização das múltiplas atividades da expressão humana, através da incorporação de uma série de contributos oriundos de diferentes ramos do saber científico, com o propósito de ajudar a compreender os vários mecanismos implicados na versatilidade da mão humana, desde a complexa função do agarrar, à sofisticação do comportamento expressivo, passando pela complexidade das funções práxicas e à extraordinária riqueza da atividade ideossimbólica da mão. Ora, falar da realidade sensório-perceptual da mão, da sua estrutura e funcionamento, bem como dos mecanismos da neuroplasticidade que governam a especialização e organização de todo este sistema, exige, inevitavelmente, viajar pelos terrenos da filogénese, ou da sócio-antropologia, e mergulhar nos domínios das neurociências e disciplinas afins, com inevitáveis incursões no domínio da tiflogia, pelo relevante e insubstituível papel desempenhado pela mão na apropriação e significação intencional da realidade experienciada pelas pessoas que têm como suporte percetivo-cognitivo o input proveniente das distintas vias da sensibilidade táctil.

II - Da filogénese à dimensão intelecto-comunicacional da mão

O tacto é provavelmente o sentido filogenético mais antigo com um amplo significado para o bem-estar físico e emocional nas espécies mais desenvolvidas, em que a

capacidade ideossimbólica é, por certo, a dimensão mais significativa da função manual.

Imagens gravadas na pedra com mais de 3000 anos revelam bem a importância que o Homem sempre atribuiu a este *instrumento maravilhoso* que é a mão, conferindo-lhe relevância extraordinária no processo de acomodação, adaptação e transformação do meio, numa narrativa histórica repleta de testemunhos sobre a afirmação do papel insubstituível que a mão desempenhou no processo biopsicoevolutivo da espécie humana. Considerando as mais pequenas atividades da vida diária, podemos ver que, em todas elas, a mão desempenha um papel importante, não apenas de movimento, mas também na capacidade de alternar continuamente entre tarefas que envolvam perícias exploratórias, executivas e expressivas, razão que tem levado os investigadores em ciência aplicada a apresentarem engenhosos e sofisticados protótipos de mãos artificiais, com uma capacidade funcional semelhante à da mão humana.

A mão, por si só, é capaz de organizar e decodificar um conjunto de sinais, gestos e comportamentos, que lhe conferem um papel extraordinariamente relevante no processo das interações sociais, complementando e aditando informação proveniente dos outros órgãos dos sentidos. Um simples cumprimento pode traduzir o grau de empatia, desinteresse ou rejeição, em que a mão opera como instrumento de medida do nível de envolvimento afetivo e sócio-relacional entre as pessoas.

Alguns primatas, como o chimpanzé, o gorila e vários outros macacos têm um repertório de movimentos da mão não muito diferentes dos do homem. O que esses primatas não dispõem é de um córtex cerebral como o que existe na espécie humana, cujo desenvolvimento e expansão é resultado da libertação da mão das funções de apoio à locomoção, na passagem do quadrupedismo ao bipedismo, e que permite capacidades como a memória, consciência, criatividade, abstração ou controlo muito preciso das diferentes partes do corpo, com incidência especial na mão (Correia, 1999). Este limitado, mas preciso e plástico repertório de movimentos da mão apresenta características únicas na espécie humana, pela capacidade de controlar e coordenar movimentos precisos e delicados, constituindo dons incomparáveis do homem. Esta habilidade manual, complementada por uma visão estereoscópica e discriminativa, a que se adita a atividade transformante do pensamento criativo, conferem ao ser humano características inigualáveis que lhe permitiram agir sobre o ecossistema, criando uma cultura de arte, ciência e de tecnologia, que haveria de conduzir à civilização dos nossos dias (Warwick & Williams, 1979).

Graças ao desenvolvimento do cérebro humano, através do neocórtex, a mão adquire a espantosa capacidade biopsicofuncional de agir e transformar o meio. Como referido em Fonseca (1989), no homem, a mão assume a função de construção, de transformação e de fabricação, surgindo como o instrumento corporal privilegiado e materializado da evolução cerebral. O triunfo evolutivo da espécie humana deve-se,

então, à capacidade de agir e transformar a natureza, cuja libertação da extremidade superior (a mão) em muito contribuiu para a construção do ser biopsicossocial que hoje somos, pela expansão da parte frontal do cérebro, que cumpre a espantosa e transcendente função de planificação, organização e antecipação preditiva do futuro, através da interpretação e sentido operativo do que se vivencia e que continuamente se aprende sobre um passado permanentemente tornado presente e que renovadamente se projeta num futuro diferente.

III - Propriedades musculoesqueléticas: ações motoras e padrão de movimentos da mão

Distinto do sentido da audição, visão ou olfato, que dispõem de canais especializados e específicos de receção de input sensorial, os receptores da sensibilidade somática estão distribuídos por todo o corpo. O tacto não é, pois, uma função específica da mão, pois são várias as regiões do corpo equipadas com recetores especializados para captura de informação táctil. Sendo permanentemente informados por várias vias e não pelo sentido do tacto, a verdade é que as funções de discriminação, seleção, organização e comparação da informação, que hão de determinar o modo como se percebe a natureza e características dos objetos, apresenta ao nível da mão particularidades que a tornam imprescindível nas atividades mais simples da vida diária. Apesar de circunscrita a um número limitado de movimentos, a mão humana evidencia uma versatilidade, precisão e sofisticação incomparavelmente superior à das outras espécies, graças à flexão e extensão do punho e dos dedos, adução e abdução dos dedos, e oposição do polegar, que conferem, por exemplo, estabilidade aos movimentos exploratórios envolvidos na leitura braille, fixação da página e controlo da pressão exercida, superioridade biofuncional que aumenta com as atividades de agarrar, e que permitiram ao ser humano desenvolver um conjunto de habilidades no processo de adaptação e controlo do meio ambiente.

A eficiência e precisão destes movimentos possibilita a execução de uma grande quantidade de ações preênsais e de exploração (Forsberg 1998).

O uso das mãos para apreensão e manipulação de objetos requer o uso de movimentos independentes dos dedos. Vários músculos têm tendões de inserção múltiplas, que são responsáveis por mover vários dedos quando contraídos. Como resultado, cada músculo afeta vários dedos, pelo que a flexão ou extensão de um dedo isolado não pode ser executada por apenas um músculo flexor ou extensor. Em vez disso, requer a atividade de um conjunto de músculos com funções agonistas e antagonistas (Schieber 1995).

O dado principal na teoria do controlo motor é saber se o sistema nervoso central se preocupa com o controlo de cada músculo individual ou se combina os músculos em grupos ou sinergias e exerce controlo sobre todo o grupo. De acordo com Bernstein (1967), o sistema nervoso resolve o problema do excesso de graus de liberdade, formando sinergias funcionais ou classes de padrões de movimentos.

A capacidade de explorar, manipular, localizar, transportar e agarrar objetos, bem como a capacidade de perceber, e reconhecer superfícies, objetos e suas propriedades, não confina a mão humana à possibilidade de agir sobre os objetos, mas cumpre, igualmente, um propósito intencional de adquirir informações sensoriais que servem tanto a objetivos perceptivos quanto motores.

IV - Fenomenologia da percepção tátil

Porque o objeto de investigação se liga ao rigor semântico e lexical dos termos que usa para fixar conhecimento, algumas linhas irão ser reservadas à fenomenologia da percepção do sistema tátil, que a generalidade dos autores divide em dois subsistemas: cutâneo/tátil e háptico. É bem conhecido que o sistema visual reúne informações sobre uma série de propriedades e características dos objetos e do ambiente, e analisa essas informações para processamento em diferentes áreas corticais visuais. À semelhança da visão ou audição, mas com as particularidades que caracterizam as vias da sensibilidade somatossensorial adquirida por via háptica, sabe-se, hoje, que o processamento neural central deste input envolve, de uma forma coativa e cooperativa, o sistema perceptivo, mediado por dois subsistemas aferentes - cutâneo e cinestésico, sem os quais não haveria, como referido por Lederman & Klatzky, 2009, exploração manual ativa dos objetos. Embora haja menos prevalência de estudos sobre o processamento neural central do háptico em comparação com as informações sensoriais visuais, há, no entanto, suficiente evidência científica que transporta para o conhecimento aspetos relevantes da informação sensorial háptica, nomeadamente o facto de termos na pele recetores cutâneos com sensibilidades dinâmicas específicas. Enquanto o sistema cutâneo usa inputs sensoriais obtidos de recetores localizados no interior da pele, o sistema háptico usa não só informação cutânea, mas também informação cinestésica proveniente de recetores dos músculos, tendões e articulações, que atuam como uma espécie de microssensores que, a todo o momento, nos fornecem informação sobre o estado geral do corpo, como informação sobre postura ou equilíbrio, porque não temos um corpo, mas somos um corpo que não se dicotomiza entre pensamento/massa neuromusculoesquelética.

Poder-se-á então afirmar que a cinestesia é o conhecimento/consciência dos movimentos e posição relativa das partes do corpo, determinada por uma constelação de fatores: velocidade e direção dos movimentos dos membros; posição estática dos membros na ausência de movimentos; sinais de tensão originados nos recetores sensoriais das articulações, pele e músculos; dados visuais.

O facto de termos na pele recetores cutâneos com sensibilidades dinâmicas específicas, que vão desde os recetores de Merkel até aos corpúsculos de Meissner, permitindo que se cumpra o princípio geral do sistema nervoso que é o de analisar os objetos por características e convergir a informação em vias paralelas para centros integrativos onde os dados são integrados num quadro global. Procedimentos similares

são utilizados no sistema motor. Assim os diferentes recetores são importantes para obtermos uma informação global do objeto e para a execução de resposta adequada.

A importância de inputs cutâneos aferentes para a preensão é bem ilustrada em pessoas com sensibilidade alterada a nível dos dedos, que perdem a capacidade de manipulação, exibindo significativa dificuldade em agarrar objetos, deixando-os cair, ou esmagando objetos demasiado frágeis.

4.1 - A Psicofísica dos Mecanismos sensoriais da perceção táctil

A informação sensorial obtida a partir dos recetores cutâneos da pele da mão e dedos é crucial para uma função eficiente da mão. Existem cerca de 17 000 mecano-recetores cutâneos em cada mão que são basicamente de quatro tipos: recetores de Meissner, Merkel, Ruffini e Pacini. Cada tipo de recetor tem características específicas no que respeita ao campo de receção e velocidade de adaptação, em que cada recetor desempenha um papel específico.

Assim, devido às diferenças na localização e morfologia, os mecano-recetores cutâneos reagem de modo diferente a estímulos estandardizados, distinguindo-se dois tipos de resposta de adaptação:

- 1) Recetores de Adaptação lenta (Slowly adapting - SA);
- 2) recetores de Adaptação rápida (Rapidly adapting - RA).

Variados estudos têm medido a sensibilidade da mão humana para variações na intensidade, estimulação espacial e temporal.

No que respeita à intensidade da força mínima aproximada requerida para detetar e avaliar e quantificar o limiar de pressão nos respetivos dermatómos da pele, experiências citadas em (Lederman, et al.1999), referem que, com recurso a instrumento de medida de neuropatia periférica, baseado na aplicação de 6 monofilamentos de nylon, com seis distintas cores e pesos, conhecidos por monofilamentos de Semmes-Weinstein, também designado por Estesiómetro, (revela que nos indivíduos adultos, o limiar de intensidade varia de cerca de 0,003N (Newtons), nas falanges distais do polegar e pontas dos dedos, até cerca de 0,008N, no centro da palma da mão. Trata-se de um estudo com relevante subsídio que valida a evidência empírica do ensino e aprendizagem dos movimentos e posição das mãos na exploração dos objetos, quer a nível da pressão otimal, quer a nível da posição arqueada dos dedos, para possibilitar o contacto eficiente com os dedos na superfície dos objetos, e com óbvias repercussões na ergonomização da mão para a realização de movimentos exploratórios e pressão adequada à decifração eficiente dos distintos padrões de pontos que constituem o sistema braille.

A acuidade espacial da pele (isto é, a sua capacidade de resolução espacial) tem sido medida de várias maneiras. O clássico limiar táctil de dois pontos (isto é, o intervalo

mínimo entre dois pontos de estímulo que podem ser percebidos como duas sensações distintas) situa-se entre 2-3 mm na porção palmar dos dedos ou polegares (Weinstein 1968), citado em Lederman e Klatzy (1999). Com técnicas mais recentes, contudo, têm sido obtidos valores consideravelmente menores - cerca de 1 mm. Há pouca evidência de qualquer assimetria lateral na capacidade de resolução da pele, como acontece na maior parte de outras sensações simples. Esta questão é importante, porque permite compreender porque é a exploração do ponto mais eficiente que a exploração do traço. Não só porque a densidade de recetores decresce da ponta dos dedos para a região palmar, e, portanto, o ponto é mais confinável à polpa dos dedos, mas também com aspetos psicofísicos relacionados com a perceção da textura e da rugosidade.

A acuidade temporal da pele foi medida de vários modos. Uma das medidas, limiares vibrotácteis, indica que os adultos são diferentemente sensíveis à frequência que é inversa da duração do ciclo (Lederman e Klatzy(1999).

Os neurónios “cinestésicos” nas áreas 3a e 2 codificam características como o ângulo articular, o movimento da articulação e as posturas coordenadas do braço e mão. Esta última função requer integração de informação de várias articulações ou grupos de músculos para representar ao mais alto nível posturas complexas durante o “grasping”, movimentos exploratórios ou outros (Greger,1996). Não é, então, despiciendo que um programa incidental e com intencionalidade educativa do ensino do braille tenha em conta a configuração da página (comprimento e altura), em razão da idade do aprendente, ou seja, o tamanho dos braços, dedos e mão.

Como referido por Gibson (1962), citado em Lederman 1999, pela função háptica da mão, padrões complexos de informação sensorial podem ser usados para formar perceções sobre as propriedades da superfície (textura, dureza, temperatura) e propriedades estruturais (forma, volume, peso) do objeto, permitindo ajustamento de forças aplicadas aos objetos. A perceção da natureza e características dos objetos, que se apropria pela função háptica e proximal da mão, é dos tópicos que os neurocientistas e psicofisiologistas têm dedicado crescente atenção, pelas interconexões com o ensino e aprendizagem da leitura táctil do braille, mapas, esquemas, diagramas e demais representações tácteis.

Foram testadas características como material (rugoso/liso, duro/mole, quente/frio), descontinuidades abruptas da superfície, relações geométricas, e superfícies 3D contínuas.

Para que uma superfície dura seja sentida, é necessário que após um contacto inicial, seja mantida uma pressão ativa. É por isso que a consideração da textura, rugosidade ou nível de aspereza devem ser características a considerar na eficiência da perceção háptica, que impactam a velocidade e fluência da mão em relação à adaptabilidade do ponto braille, situação que é particularmente importante nos pontos de plástico das linhas braille, que não podem ser muito rígidos nem muito moles. A sensação de superfícies texturadas requer que seja mantida alguma mobilidade relativa entre a

superfície e a pele. Pelo contrário superfícies moles podem exercer e manter uma ligeira reação positiva contra a pele, após o contacto inicial, sem pressão ativa ou mobilidade relativa.

Uma outra característica do háptico é que as sensações da pele se adaptam com a exposição ao estímulo, isto é, o efeito da sensação diminui a um estímulo continuado, podendo desaparecer completamente mesmo que o estímulo continue presente. É frequente, pela sobrecarga cognitiva e mecânica de varrimento dos pontos braille, que o leitor, ou neste caso o varredor, navegue ou guie os dedos pela superfície do material de texto, sem estar a ler, por não estar a decifrar os padrões de pontos, mas a percorrer linhas sucessivas até encontrar, por exemplo, uma linha em branco. É por isso, tal como acontece com a estética e variabilidade da mancha gráfica do impresso, tentar introduzir elementos que minimizem a aridez da leitura em linha, do esforço envolvido na componente mecânica e da pouca amigabilidade do ponto ao tacto, em razão das características da textura, rugosidade ou pouca legibilidade do relevo do ponto capturado pelos recetores cutâneos.

Estudos têm, igualmente, sido realizados para comparar a perceção resultante de estimulação passiva da mão parada com outros efetuados com movimentos voluntários da mão, para determinar as contribuições dos inputs cutâneos e/ou cinestésicos.

Os investigadores usaram uma variedade de superfícies com elementos em relevo para avaliar a relação entre a rugosidade percebida e as características físicas dos objetos (papéis areados, metais raspados, padrões de pontos em duas dimensões). A perceção da rugosidade tende a ser mais evidente em função do aumento dos elementos inter-espaço até cerca de 3,5 mm. Discute-se, no entanto, se a rugosidade das superfícies com espaços maiores entre os elementos pode ser avaliada do mesmo modo, uma vez que alguns indivíduos parecem sentir-se desconfortáveis para avaliar a rugosidade em tais condições. A perceção da rugosidade tende a diminuir em função do aumento da largura dos elementos. Por último, a perceção da rugosidade, é independente do período espacial, e da velocidade da mão durante a exploração espacial.

Mais recentemente, Srinivasan e LaMotte (1994), citados em Lederman e Klatzy (1999) avaliaram a perceção da moleza de dois conjuntos de estímulos. Os indivíduos que utilizaram estímulos de borracha deformável numa exploração não constrangida, basearam-se apenas em dados cutâneos. Em contraste, os indivíduos que utilizaram objetos deformáveis com superfícies rígidas, usaram dados cutâneos e cinestésicos para avaliara moleza relativa de pares de objetos.

V - Neuroplasticidade da função manual

Não há sentidos a mais ou distratibilidade a menos que opere como explicação da superioridade biofuncional da perceção háptica das mãos das pessoas cegas, que não ocorre, por exemplo, na língua e nos lábios, antes nos remetendo a superioridade da

acuidade táctil da mão para a superação funcional decorrente da experiência sináptica, como facilitador da aprendizagem pelo cérebro. É o cérebro que, de facto, aprende, razão pela qual se torna imprescindível a realização de programas incidentais de literacia manual emergente, à semelhança do que ocorre com a informação visual. A neuroplasticidade do sistema nervoso central constitui, então, um tópico em crescente investigação, facto que permitiu aclarar o modo como potenciar o processo de ensino e de aprendizagem das pessoas cegas a partir da compreensão da especialização e subsidiariedade da reorganização funcional dos centros corticais, situação que explicaria uma representação cortical aumentada dos dedos de leitura em leitores de Braille em relação aos outros dedos e a um grupo controlo, perante o desenvolvimento de interconexões de redes sinápticas por exposição continuada e persistente ao estímulo táctil na polpa dos dedos, e uma representação cortical aumentada do dedo polegar pelas funções de oponibilidade e a sua relevância na ação preênsil da função manual de explorar, agarrar, manipular os objetos.

Não há, pois, sentidos a mais nem diferenciada generosidade transcendental conferida pela sábia natureza às pessoas cegas, mas, e dependendo do trabalho, da persistência e continuada estimulação, que opera como facilitador sináptico, superação biopsicofuncional proveniente da neuroplasticidade cortical. Neuro plasticidade que não é condição supletiva da pessoa cega, mas uma característica em cada ser humano, através de um cérebro que continua e renovadamente se reorganiza e se especializa como consequência do desenvolvimento normal, durante o processo de aprendizagem, ou após uma lesão do sistema nervoso central. Há, pois, convergência na literatura que coloca em evidência que a perda de uma modalidade sensorial estimula ou potencia a reorganização do tecido do sistema nervoso central, expandindo e tornando mais funcional o processamento da informação apropriada e fornecida ao cérebro pela integridade dos restantes sentidos, mudanças neuronais que seriam explicadas pela plasticidade cruzada e pela plasticidade multimodal. A plasticidade cruzada, que ocorreria em resposta à privação sensorial da visão ou perda da visão nos primeiros anos de vida, e que conduziria a ativação do córtex occipital para tarefas não visuais, que resultaria no aumento da performance nas pessoas com deficiências visuais (congénitas ou adquiridas nas primeiras idades), em que áreas do córtex occipital, sede da função visual, seriam recrutadas para subsidiar outras funções, eliminando sinapses ineficazes para a visão, mas úteis para outros sentidos. A plasticidade multimodal corresponderia à alteração do equilíbrio nas redes neurais devido a ausência de visão, que conduziria à ativação de redes ou vias pré-existentes e que teriam sido inibidas pela visão. Ao recrutamento e reorganização de novas sinapses da neuroplasticidade cruzada, corresponderia, na área da plasticidade multimodal, a rearranjos de vias pré-existentes, sendo estes dois tipos de neuroplasticidade cortical ou neural responsáveis por muitos dos talentos que, equivocadamente foram sendo atribuídos a pessoas cegas, e que mais não são do que trabalho, porque, como em qualquer pessoa, o talento dá muito trabalho para que se transforme em transcendência biopsicofuncional da pessoa.

VI - Bibliografia

Ballesteros, S.; Barsida, D.; Reales, J.M.; Muniz, J. (2003) La batería de Habilidades Hápticas: un instrumento para evaluar la percepción y la memoria de niños ciegos y videntes a través de la modalidad háptica Integración nº 43: 7-20

Bernstein, N. (1967) The Coordination and Regulation of Movements. Oxford: Pergamon.

Cohen, L.G.; Ceinik, P.; Pascual-Leone, A.; Corwell, B.; Faiz, L.; Dambrosia, J.; Honda, M.; Sadato, N.; Gerloff, C.; Catala, M.D.; Hallett, M. (1997) Functional relevance of cross-modal plasticity in blind humans - Nature:389 180-183

Correia, P.P., Silva, P.A., & Espanha, M. (1999) Organização e Controlo dos Movimentos. In P.P. Correia (Eds.), Anatomofisiologia. Tomo II. Função Neuromuscular (pp.123-156). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.

Fonseca, V. (1989) Desenvolvimento Humano. Lisboa: Editorial Notícias

Fonseca, V., (1992) Manual de Observação Psicomotora: Significação Psiconeurológica dos Factores Psicomotores, Editorial Notícias, Lisboa,

Forsberg, H. (1998) The Neurophysiology of Manual Skill Development. In Kevin J. Connolly (Eds.), The Psychobiology of the Hand (pp. 97-122) London: Mac Keith Press.

Gentaz, E. (2000) Caractéristiques Générales de l'organisation Anatomofonctionnelle de la Perception cutanée et Haptique in Hatwell, Streri e Gentaz (Eds) Toucher pour Connaître p 19-34 Paris: Presses Universitaire de France

Greger, R. & Windhorst, U. (1999) (Eds), Comprehensive Human Physiology (pp.647-676). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Heller, M.A (2000) Touch, Representation and Blindness Oxford, U.K. Oxford University Press

Ji-Woong Noh, Byoung-Sun Park,, Mee-Young Kim, Lim-Kyu Lee, Seung-Min Yang, Won-Deok Lee, Yong-Sub Shin, Ji-Hye Kang, Ju-Hyun Kim, Jeong-Uk Lee, Taek-Yong Kwak, Tae-Hyun Lee, Ju-Young Kim, Junghwan Kim, (2015) Differences in two-point discrimination and sensory threshold in the blind between braille and text reading: a pilot study - J. Phys. Ther. Sci.27: 1919-1922 [Differences-in-two-point-discrimination-and-sensory-threshold-in-the-blind-between-braille-and-text-reading-A-pilot-study.pdf \(researchgate.net\)](#)

Lederman, J.S.& Klatzky, L. R. (1999) The Hand as a Perceptual System. In Kevin J. Connolly (Eds.), The Psychobiology of the Hand (pp. 16-35) London: Mac Keith Press.

Lederman S. J.; Klatzky, L.R.(2009) Haptic perception: A tutorial - Attention, Perception, & Psychophysics 2009, 71 (7), 1439-1459 ([PDF](#)) [Haptic Perception: A Tutorial \(researchgate.net\)](#)

Millar, S. (1997) Towards a Theory of Tactual Shape Perception in Reading by Touch New York: Routledge

Pascual-Leone, A., Torres, F. (1993) Plasticity of sensorimotor cortex representation of the finger in Braille readers. Brain 116: 39-52.

Silva, P.R.; Farias, T.; Cascio, F, Santos,L.; Peixoto, V.; Crespo, E.; Ayres, C.; Ayres, M.; Marinho, V.: Bastos, V.H.; Ribeiro, P.; Velasques, B.; Orsini, M.; Fiorelli,R.; Freitas,M.R.G.; Teixeira, S.; (2018) Neuroplasticity in visual impairments - Neurology International 2018; volume 10:7326

Schierber, M. H. (1995) Muscular production of individual finger movements: the role of extrinsic finger muscles.Journal of NeuroScience, 15, 284-297.

Valentina Mašić¹, Ana Šečić², Tatjana Trošt Bobić³ and Luka Femec (2020) Neuroplasticity and Braille reading - Acta Clin Croat 2020; 59:147-153 ([PDF](#)) [Neuroplasticity and Braille Reading \(researchgate.net\)](#)

Warwick, R. & Williams, P. L. (1979) Gray Anatomia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.