

Uma Revisão Sobre a Dominância Manual em Gêmeos

A Review of Handedness In Twins

Ana Flávia Lima Teles da Hora¹, William Lee Berdel Martin²

RESUMO

O método de gêmeos tem sido uma possibilidade de se investigar a gênese e o padrão de lateralização do sistema neuromotor, visto que, a comparação entre os gêmeos monozigóticos, considerados geneticamente idênticos com os gêmeos dizigóticos que compartilham apenas 50% da carga genética, viabiliza a análise da magnitude da influência genética e ambiental. **Objetivo.** Delinear por meio de uma revisão de dados de estudos com gêmeos as principais teorias que procuram descrever a organização motora subjacente a dominância manual tanto em destros quanto canhotos em gêmeos monozigóticos e dizigóticos. **Método.** Foi realizada uma extensa revisão de literatura focada na dominância manual em gêmeos por meio de consulta em banco de dados das seguintes fontes: COMUTE/BIREME, LILACS, Science Direct, and Cochrane Cogprints. **Resultados.** Foram selecionados artigos publicados entre os anos de 1970 a 2009. **Conclusão.** Não há um consenso entre os cientistas sobre a divergência da dominância manual e a prevalência de assimetria do sistema neuromotor. Sem uma descrição compreensível e extensiva das expressões fenotípicas derivadas dos grupos, é muito difícil avaliar certas hipóteses alternativas referentes às possíveis variações no padrão de especializações neuromotoras em gêmeos.

Unitermos. Gêmeos Monozigóticos, Gêmeos Dizigóticos, Lateralidade Funcional.

Citação. Hora AFLT, Martin WLB. Uma Revisão Sobre a Dominância Manual em Gêmeos.

Trabalho realizado na Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém-PA, Brasil.

1. Psicóloga, Mestre em Teoria e Pesquisa do Comportamento (NTPC) da Universidade Federal do Pará - NTPC/UFPA, Belém-PA, Brasil. Bolsista CNPQ.
2. Antropólogo, Doutor em Psicologia e Antropologia Biológica pela University of Illinois (EUA), Professor associado da Universidade Federal do Pará, orientador do NTPC, Belém-PA, Brasil.

ABSTRACT

The twin method affords an opportunity to investigate the genesis and functional pattern of lateralization in the neuromotor system of both monozygotic and dizygotic twin pairs, which, respectively, share 100 and 50% of their genetic structure in common. The method also permits an analysis of the degree to which genetic and environmental factors interact in the development of lateral dominance. **Objective.** By means of a review of data from twin studies to delineate the principal theories seeking to describe the motor organization underlying handedness in both left- and right-handed monozygotic and dizygotic twins. **Method.** An extensive review was undertaken on handedness data from twin research conducted since 1970 by consulting the following database sources: COMUTE/BIREME, LILACS, Science Direct, and Cochrane Cogprints. **Results.** We selected articles published between 1970 and 2009. **Conclusion.** There was no clear consensus among researchers regarding the origin of lateral asymmetries in the neuromotor network, and the development of handedness in twins. Without a thorough and comprehensive description of phenotypic lateral attributes associated with handedness it was very difficult to evaluate the validity current alternate theories regarding variations in the pattern of neuromotor specialization in monozygotic and dizygotic twins.

Keywords. Monozygotic and Dizygotic Twins, Handedness, Neuro-motor Lateralization.

Citation. Hora AFLT, Martin WLB. A Review of Handedness In Twins.

Endereço para correspondência:

William Lee Berdel Martin
Universidade Federal do Pará
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Departamento de Psicologia Experimental
Av. Augusto Correa, s/n, Guamá
Tel/Fax: (91) 32018477 / (91) 32017662
CEP 66065-115, Belém-PA, Brasil.
E-mail: wlbm2011@gmail.com;
afmundial@hotmail.com

Revisão

Recebido em: 03/03/11

Aceito em: 12/12/11

Conflito de interesses: não

INTRODUÇÃO

Dominância manual abrange tarefas unimanuais, que exigem movimentos complexos, coordenação motora fina e/ou força muscular, que por sua vez são mediados pelo sistema neuromotor no hemisfério contralateral a mão usada¹. No caso da escrita, por exemplo, os resultados de estudos de destros normais, que não foram obrigados a escrever com a mão direita, usando técnicas de neuroimagem, verificaram um padrão de ativação neural no hemisfério esquerdo, principalmente nos lobos frontais e parietais. Em canhotos a ativação ocorreu nas mesmas áreas no hemisfério direito²⁻⁵.

Com base na análise de implementos líticos pré-históricos, há um consenso que, desde quando os precursores hominídeos surgiram (começando com *Homo habilis*), a espécie humana tem sido predominantemente destra na dominância manual e por inferência em outras assimetrias laterais. Estima-se que entre 1 a 30% dos hominídeos eram canhotos, podendo esta porcentagem variar em decorrência do período e do local⁶⁻⁹.

Em muitos levantamentos, a porcentagem de canhotos também muda em função de grupo étnico, gênero e em alguns grupos com características especiais. Por exemplo, foi amplamente comprovado que canhotismo ocorre mais frequentemente no sexo masculino que no feminino¹⁰.

O padrão de continuidade de canhotismo e destreza na evolução da espécie humana, bem como a distribuição entre os sexos sugeriram a influência de fatores biológicos e apontaram para uma possível etiologia genética^{6,11,12}. Por extensão, ao nível fenotípico, os canhotos quase invariavelmente tendem a ser menos consistentes do que os destros¹³⁻¹⁵, ou seja, não efetuam a maioria das tarefas que requeiram coordenação motora fina e/ou força muscular com a mão esquerda, como os destros efetuam com a direita.

Segundo a terminologia genética, dominância manual seria uma expressão fenotípica do traço, enquanto o padrão de controle neuromotor subjacente, teoricamente seria uma função genotípica^{6,12}. No caso de gêmeos, há poucas pesquisas na literatura científica sobre a maioria das características laterais supracitadas, inclusive dominância manual consistente *versus* dominância manual mista (o uso da mão esquerda na execução de algumas

tarefas e a direita em outras).

A causa do fenômeno da dominância manual e as demais preferências laterais que a espécie humana manifesta, ainda suscitam controvérsias entre os cientistas da área, pois, evidenciam questionamentos seculares sobre a correlação entre a genética e o ambiente. Neste contexto, o estudo de gêmeos tem sido uma possibilidade de analisar o efeito da hereditariedade e do ambiente por permitir investigar a contribuição diferencial dos fatores genéticos e ambientais no desenvolvimento de certos traços e comportamentos^{16,17}.

Sumariamente, o procedimento básico requer a comparação da razão de concordância entre monozigóticos (MZs), classificado como idêntico ou univitellino e, dizigóticos (DZs), também identificados como fraternos ou bivitelinos. Assim, quaisquer diferenças (discordâncias) entre MZs decorrem de fatores não genéticos, enquanto a diferença entre DZs deve-se tanto a fatores genéticos quanto ambientais, por conseguinte, à medida que o nível de concordância entre os MZs supera o nível de concordância entre DZs, verifica-se a contribuição genética do atributo sob estudo^{16,17}.

Quando o traço pode ser medido em uma escala contínua, seria possível medir a direção e o grau das diferenças e semelhanças, através da ANOVA e o coeficiente de correlação intraclasses (r_{ic}); quanto maior o valor da r_{ic} , maior o nível de concordância entre gêmeos e, portanto, a proporção de variância atribuível a fatores genéticos, enquanto $1 - r_{ic}$ reflete a proporção atribuível ao ambiente^{16,17}.

Infelizmente, como será demonstrado em uma seção posterior, no caso de dominância manual, os dados de gêmeos tem sido um obstáculo na formação de qualquer teoria genética. Com base nos achados de diversas pesquisas desde a década de 1920, a taxa de discordância (onde um irmão gêmeo é destro e o outro canhoto) tem sido relativamente alta ($\approx 22\%$), independentemente de zigosidade^{18,19}. Por conseguinte tentativas de conciliar esta tendência com qualquer modelo genético simples tem suscitado controvérsias.

Diante da questão exposta, o objetivo deste artigo foi realizar uma revisão de literatura referente à dominância manual (destro/canhoto) de gêmeos monozigóticos e dizigóticos e as teorias envolvidas na organização motora.

MÉTODO

Realizou-se uma revisão de literatura através da seleção de periódicos e livros científicos internacionais e nacionais que abordassem as assimetrias laterais, principalmente a dominância manual em gêmeos, no entanto, priorizou-se as referências internacionais, visto que, na literatura nacional esta área de pesquisa com gêmeos ainda é incipiente. Utilizou-se as bases de dados COMUT/BIREME, LILACS, Science Direct, Pubmed, Coogprints e Cochrane. Considerou-se como critérios de inclusão, estudos de meta-análise, revisões de literatura e revisões sistemáticas desenvolvidos com gêmeos monozigóticos e dizigóticos, sem restrição de faixa etária de ambos os gêneros, com desenvolvimento neuropsicomotor normal. Os critérios de exclusão foram gêmeos teratopagos, presença de diagnósticos (motor, sensorial, cognitivo, comportamental, etc). “Os unitermos empregados nas buscas foram palavras da língua inglesa, tais como: “handedness”, “brain asymmetry”, “handedness in twins”, “twins” “functional laterality”, “zygosity” e “laterality”. A data da publicação variou entre o século XX e XXI, ou seja, não houve limitação de datas. Os textos foram analisados e sumariados criticamente.

RESULTADOS

Assimetrias Laterais entre Gêmeos

De modo geral, os dados primários refletem dados nominais ou categóricos e não é possível calcular a r_{ic} (coeficiente de correlação intraclass), para testar o nível de concordância, embora seja possível obter estimativas de associação e concordância por meio de uma versão do coeficiente Φ adaptado para a análise de traços dicotômicos em gêmeos¹¹. Assim, segundo a expectativa de uma teoria de determinação genética, em MZs, o valor de Φ deve ser alto e, em DZs menor, mas acima de zero. Um coeficiente em torno de zero indica uma distribuição binomial, ou seja, o traço ocorre aleatoriamente e deve-se a fatores não genéticos.

Para exemplificar as tendências básicas, apresentaram-se na Tabela 1 os dados extraídos de 11 estudos publicados entre o ano de 1970 e 2009. Estes artigos foram escolhidos porque, na maioria deles, a zigosidade foi determinada por métodos biológicos atualizados (ex: exames de sangue) tomando o erro de classificação da zigosidade baixo ($\approx 5\%$). Ao combinar estes dados, a fim de simplificar a descrição, foi exposta a mediana das percentagens em cada categoria.

Tabela 1

Dominância manual em gêmeos monozigóticos e dizigóticos: 1970 a 2009

Estudo	Zigos	Np	DD	DC	CC	N _{Total}	N _{Can}
20	MZ	187	132 (70,6)	46 (24,6)	09 (4,8)	374	64 (17,1)
	DZ	176	115 (65,3)	54 (30,7)	07 (4,0)	352	68 (19,3)
21	MZ	514	380 (74,0)	123 (23,9)	11 (2,1)	1028	145 (14,1)
	DZ	333	261 (78,4)	70 (21,0)	02 (0,6)	666	74 (11,1)
22	MZ	75	53 (70,7)	19 (25,3)	03 (4,0)	150	25 (16,7)
	DZ	47	35 (74,4)	09 (19,2)	03 (6,4)	94	15 (16,0)
23	MZ	214	145 (67,8)	45 (21,0)	24 (11,2)	428	93 (21,7)
	DZ	214	132 (61,7)	69 (32,2)	13 (6,1)	428	95 (22,2)
24	MZ	96	78 (81,3)	16 (16,7)	02 (2,0)	192	20 (10,4)
	DZ	68	44 (64,7)	21 (30,9)	03 (4,4)	136	27 (19,9)

Tabela 1
(Continuação)

Estudo	Zigos	N _p	DD	DC	CC	N _{Total}	N _{Can}
25	MZ	197	175 (88,8)	21 (10,7)	01 (0,5)	394	23 (05,8)
	DZ	203	171 (84,2)	32 (15,8)	0 (0,0)	406	32 (07,9)
26	MZ	836	655 (78,3)	158 (18,9)	23 (2,8)	1672	204 (12,2)
	DZ	832	626 (75,2)	183 (22,0)	23 (2,8)	1664	229 (13,8)
27	MZ	352	249 (70,8)	86 (24,4)	17 (4,8)	704	120 (17,1)
	DZ	408	276 (67,7)	109 (26,7)	23 (5,6)	816	155 (19,0)
28	MZ	622	475 (76,4)	122 (19,6)	25 (4,0)	1244	172 (13,8)
	DZ	1041	764 (73,4)	255 (24,8)	22 (2,1)	2082	299 (14,4)
29	MZ	1152	956 (82,9)	179 (15,6)	17 (1,5)	2304	213 (09,3)
	DZ	965	826 (85,6)	128 (13,3)	11 (1,1)	1930	150 (07,8)
30	MZ	2509	1923 (76,6)	527 (21,0)	59 (2,4)	5018	645 (12,9)
	DZ	2752	2121 (77,1)	567 (20,6)	64 (2,3)	5504	695 (12,6)
31	MZ	2509	1888 (75,3)	532 (21,2)	89 (3,5)	5018	710 (14,2)
	DZ	2752	2041 (74,2)	631 (22,0)	80 (2,9)	5504	791 (14,4)

Estudo = Autores nas referências bibliográficas; Zigos = Zigosidade; N_p = O Número de Pares; DD = Ambos Destros; DC = Discordante (um destro/um canhoto); CC = Ambos Canhotos; N_{Total} = O Número Total de Gêmeos (i.e. 2 x N_p); N_{Can} = O Número Total de Canhotos (i.e. 2 x CC + DD). As Percentagens entre Parênteses.

DISCUSSÃO

Entre os trabalhos apresentados, fica evidente a variabilidade entre os resultados encontrados. Uma possível explicação baseia-se em alguns fatores identificados: critérios diferentes para classificar destros e canhotos; técnicas diferentes para a mensuração da dominância manual; várias faixas etárias estudadas (de 6 a 90 anos); a distribuição por gênero feminino e masculino.

Ao somar todos os casos através de 11 estudos, no total contabilizou-se 13,793 pares de gêmeos, 6,754 MZs e 7,039 DZs. Com referência a percentagem mediana de concordância e discordância, os MZs DD(destro-destro) igualou-se a 76,4%, os DC(destro-canhoto) foi de 21,0% e os CC(canhoto- canhoto) a 2,6%. Para os DZs DD a

percentagem foi 74,4%, os DC resultou em 22% e os CC a 3,6%.

Ao avaliar estas proporções por meio do Φ , obteve-se $\Phi_{MZ} = 0,177$ e $\Phi_{DZ} = 0,089$. Estes coeficientes são inconsistentes, não significantes e por inferência, indicam a ausência relativa de semelhança genética. Além do mais, quando tratados como indivíduos, a prevalência de canhotismo é ligeiramente maior entre os DZs do que entre os MZs (14,4% vs. 13,8%), ou seja, não há uma diferença significativa entre os dois grupos. O grau acentuado de discordância (DC) aparece igualmente entre ambos os tipos de gêmeos. Se considerado estritamente em termos estatísticos, a distribuição binomial significa a presença de variação aleatória em torno de uma alta prevalência

de destrimanismo. Por outro lado, vale lembrar que esta tendência somente reflete a direção da assimetria manual e por inferência sustenta a hipótese citada acima de que este aspecto de dominância não é hereditário^{14,32}.

De acordo com os dados resumidos acima na Tabela 1, as tendências mais destacadas referem-se à alta taxa de discordância na dominância manual e, em relação aos indivíduos não gêmeos, a alta prevalência de canhotismo. Mediante os dados supracitados, em quase todos os resultados relacionados, a taxa de discordância (DC), embora variável (entre 10 a 32%), com poucas exceções, não diferiu dos valores esperados de uma distribuição binomial.

No que se refere à suposta prevalência realçada de canhotismo entre gêmeos, os achados não foram tão consistentes. Em uma análise dos dados disponíveis de pesquisas independentes que mensuraram a dominância manual de gêmeos e não gêmeos (i.e. um verdadeiro grupo de controle), identificou-se apenas quatro que usou a mesma medida e o mesmo critério para diferenciar destros de canhotos³³. Após ter combinado as frequências, a incidência de canhotismo foi ligeiramente maior entre os gêmeos do que os não gêmeos, mas, a diferença não foi significativa. Em contraste, quase 20 anos depois, alguns autores¹⁹ reuniram os dados de 12 pesquisas compostas de gêmeos e não gêmeos.

Em oito dos 12 estudos, em comparação com os não gêmeos, a taxa de canhotismo foi significativamente elevada em gêmeos e como resultado a meta-análise subsequente dos dados combinados, revelou uma diferença global significativa, em apoio à hipótese de uma prevalência maior de canhotismo em gêmeos. Dos estudos mais recentes, dois encontraram a presença desta tendência^{34,35}, enquanto três não registraram divergência alguma^{30,31,36}. Convém, no entanto, enfatizar que existem problemas associados com alguns recentes achados.

Apesar do grande tamanho da amostra de gêmeos^{30,31}, obtiveram os dados agrupados de diversos levantamentos independentes sobre assuntos diferentes, embora dominância manual (como o escrever e arremessar uma bola) fosse avaliada neste estudo, o grupo de não gêmeos era formado pelos irmãos dos gêmeos, uma amostra apropriada para a análise de correlatos genéticos, mas, para fins de validade externa (generalização para a população

geral) precisa-se de um agregado de não gêmeos sem nenhum vínculo consanguíneo.

Por extensão, entre os 12 estudos¹⁹ houve um²⁵ que também usou a dominância manual dos parentes do primeiro e segundo grau nas comparações, em vez de um verdadeiro grupo de controle. Por fim, uma pesquisa realizada em Taiwan³⁶, onde historicamente a influência de pressão social contra canhotismo (pelo menos para escrever e comer) é forte, a prevalência de canhotismo foi menos de 2%³⁷.

Além disso, pesquisadores³⁶ tabelaram os dados de tal forma que foi impossível deduzir a taxa de canhotismo entre os MZs (a maioria dos gêmeos) e os DZs, que por sua vez foram emparelhados com irmãos não gêmeos. Em outras palavras, sem ter levado em conta o número de canhotos convertidos, não foi possível obter uma estimativa acurada, tanto da prevalência de destrimanismo, quanto do canhotismo nas suas amostras. De modo geral, com a exceção de duas pesquisas^{35,38}, nenhuma das pesquisas sobre lateralidade em gêmeos cita a quantidade de canhotos convertidos para escrever com a mão direita.

Outros pesquisadores³⁹, como consta na Tabela 1, aplicaram um inventário composto de 12 itens em gêmeos (75 MZs, 47 DZs, idade média por volta dos 17 anos) e não gêmeos (30 destros e 20 canhotos); a amplitude do escore manual variou entre 12 (fortemente destro) e 70 (fortemente canhoto). As médias deste escore foram apresentadas para os destros e canhotos em cada grupo, mas sem os desvios padrões (impossibilitando uma apreciação do nível de variabilidade). Os escores médios foram quase iguais através dos três grupos de destros (MZs, DZs e não gêmeos)³⁹.

Por outro lado os valores médios entre os canhotos sugeriram que os DZs (com apenas oito indivíduos no subgrupo) foram mais mistos do que os não gêmeos, com os MZs canhotos em uma posição intermediária. Os autores não forneceram nenhuma análise comparativa e, sem os desvios padrões não foi possível a verificação da ocorrência de diferenças significativas entre as médias. Como consta na revisão da tabela, os pesquisadores²⁹ analisaram os dados do conjunto de um agregado maior de gêmeos que preencheram um questionário com cinco itens, a fim de avaliar a concordância por causa do grau de consistência manual.

Em vez de apresentar as médias e os desvios padrões, os autores tabelaram a frequência dos gêmeos mostrando concordância intrapar em cinco categorias (fortemente destro até fortemente canhoto). Os dados foram cruzados de tal forma que ficou impossível deduzir o número de gêmeos mistos e consistentes, em grande parte porque os mistos foram inseridos nos grupos dos ambidestros. Além do mais, o registro de gêmeos foi constituído de veteranos norte-americanos da segunda guerra mundial, representando uma geração em que o uso da mão esquerda para escrever e comer, foi sujeita, de modo geral, a pressão social intensiva³⁹, ou em outras palavras, a estimativa de canhotismo foi muito deflacionada. Este estudo também falhou na falta de apresentação de dados dos grupos dos não gêmeos como grupo controle para a efetuação de comparações válidas.

CONCLUSÃO

Quando se leva em consideração os dados disponíveis sobre a distribuição das outras assimetrias laterais e traços fenotípicos associados com dominância manual, ficou evidente que, no caso de gêmeos, existe uma carência generalizada de informação, especificamente, dado a importância atribuída à dominância manual, o conhecimento das tendências comparativas entre gêmeos e não gêmeos é escasso e inconsistente.

Não existe um consenso científico sobre as divergências encontradas nos gêmeos em relação à dominância manual, visto que, é impossível, sem dados sobre o grau de assimetria (as médias de um escala contínua), verificar o grau de proficiência manual, a relação entre dominância manual, assimetrias entre parentes do primeiro grau (entre outras variáveis) e chegar a uma conclusão definitiva, quanto ao papel de fatores genéticos ou ambientais.

Sem estimativas mais exatas de distribuição e interação de amostras de gêmeos e não gêmeos, não seria possível avaliar os efeitos sobre a magnitude e direção de assimetrias laterais, bem como a relevância dos resultados para as teorias que procuraram elucidar o padrão enigmático de lateralidade em gêmeos.

É evidente que os resultados supracitados não respondem estes questionamentos, dado que, sem uma descrição compreensível e extensiva das expressões fenotípi-

cas derivadas dos grupos, seria muito difícil avaliar certas hipóteses alternativas referentes às possíveis variações no padrão de especializações neuromotoras em gêmeos.

Diante do panorama apresentado, a dominância manual em gêmeos, trata-se indiscutivelmente de um alvo para futuras pesquisas, pois, a compreensão das manifestações laterais humana esclarecerá muitas questões sobre o próprio desenvolvimento do indivíduo.

REFERÊNCIAS

- Barnsley RH, Rabinovitch MS. Handedness: Proficiency versus stated preference. *Perceptual and Motor Skills* 1970;30:343-62.
<http://dx.doi.org/10.2466/pms.1970.30.2.343>
- Dassonville P, Zho X, Urgubil K, Kim S, Ashe J. Functional activation in motor cortex affects the direction and degree of handedness. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 1997;94:14015-8.
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.94.25.14015>
- Klöppel S, Vongersichte A, Van Eimeren T, Frackowiak RSJ, Siebner HR. Can left-handedness be switched? Insights from early switch of handwriting. *Journal of Neuroscience* 2007;27:7847-53.
<http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1299-07.2007>
- Rijntjes M, Dettmers C, Büchel C, Kielbel S, Frackowiak RSJ, Weiller C. A blueprint for movement: Functional and anatomical representations in the human motor system. *Journal of Neuroscience* 1999;19:8043-8.
- Singh LN, Takahashi S, Kurihara N, Furuta S, Tamura H. Ckomparison of ipsilateral activation between right- and left-handers: A functional MR study. *NeuroReport* 1998;9:1861-6.
<http://dx.doi.org/10.1097/00001756-199806010-00036>
- Bradshaw JL. *Human evolution: A neuropsychological perspective*. NY; 1997, p.120-37.
- Pobiner BL. The use of stone tools to determine handedness in hominids. *Current Anthropology* 1999;40:90-2.
<http://dx.doi.org/10.1086/515807>
- Rugg G, Mullane M. Inferring handedness from lithic evidence. *Laterality* 2001;6:247-59.
<http://dx.doi.org/10.1080/13576500042000188>
<http://dx.doi.org/10.1080/713754411>
- Toth N. Archaeological evidence for preferential right-handedness in the lower and middle Pleistocene and its possible implications. *Journal of Human Evolution* 1985;14:607-14.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0047-2484\(85\)80087-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0047-2484(85)80087-7)
- Papadatou-Pastou M, Martin M. Sex differences in left-handedness: A meta-Analysis of 144 studies. *Psychological Bulletin* 2008;134:677-99.
<http://dx.doi.org/10.1037/a0012814>
- Corballis, MC. *From hand to mouth: The origins of language*. Princeton, NJ: Princeton University Press; 2002, p.200-41.
- McManus IC. *Right hand, left hand: The origins of asymmetry in brains, bodies, atoms and cultures*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 2004, p.380-20.
- Beaton A. The nature and determinants of handedness. In K. Hugdahl RJ, Davidson. *The asymmetrical brain*. Cambridge, MA: Bradford; 2003, p.104-55.

14. Bryden MP, Steenhuis RE. Issues in the assessment of handedness. In: Kitterle F. *Cerebral Laterality: Theory and research*. Hillsdale NJ: L. Erlbaum; 1991, p.35-52.
15. Schachter SC. The quantification and definition of handedness: Implications for handedness Research. In: Mandal MK, Bulman-Fleming MB, Tiwari G. *Side bias: A neuropsychological perspective*; 2000, p.155-74.
16. Bulmer MC. *The biology of twinning in man*. Oxford: Clarendon Press, 1970, p.150-60.
17. Mittler P. *The study of twins*. Harmondsworth: Penguin Education; 1971, p.170-9.
18. McManus IC, Bryden MP. The genetics of handedness, cerebral dominance, and lateralization. In: Rapin I, *Handbook of neuropsychology*. Amsterdam: Elsevier; 1992, p.115-44.
19. Sicotte NL, Woods RP, Mazziotta JC. Handedness in twins: A meta-analysis. *Laterality*, 1999;4:265-86.
<http://dx.doi.org/10.1080/713754339>
<http://dx.doi.org/10.1080/135765099396980>
20. Carter-Saltzman L, Scarr-Salapatek S, Barker WB, Katz S. Left-handedness in twins: Incidence and patterns of performance in an adolescent sample. *Behavior Genetics*. 1976;6:189-203.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF01067148>
21. Loehlin JC, Nichols RC. *Heredity, environment and personality: A study of 850 sets of twins*. Austin, TX: University of Texas Press; 1976, p.202-50.
22. Springer SP, Searleman A. Laterality in twins: The relationship between handedness and hemispheric asymmetry for speech. *Behavior Genetics* 1978;8:349-57.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF01067398>
23. Boklage CF. Interactions between opposite-sex dizygotic fetuses and the assumptions of Weinberg difference method epidemiology. *American Journal of Human Genetics* 1985;37:591-605.
24. Forrai G, Bankovi G. A Hungarian twin study on hand clasping, arm folding and tongue curling. *Acta Biologica Hungarica* 1983;34:99-106.
25. Tambs K, Magnus P, Berg K. Left-handedness in twin families: Support of an environmental hypothesis. *Perceptual and Motor Skills* 1987;64:155-70.
<http://dx.doi.org/10.2466/pms.1987.64.1.155>
26. Neale MC. Handedness in a sample of volunteer twins. *Behavior Genetics*. 1988;18:69-79.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF01067076>
27. Derom C, Thiery E, Vlietinck R, Loos R, Derom R. Handedness in twins according to zygosity and chorion type: A preliminary report. *Behavior Genetics*. 1996;26:407-8.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF02359484>
28. Orlebeke JF, Knol DL, Koopmans JR, Boomsa DI, Bleker OP. Left-handedness in twins: Genes or environment? *Cortex*. 1996;32:479-90.
29. Ross DC, Jaffe J, Collins RL, Page W, Robinette D. Handedness in the NAS/NRC twin study. *Laterality* 1999;4:257-64.
<http://dx.doi.org/10.1080/713754342>
<http://dx.doi.org/10.1080/135765099396971>
30. Medland SE, Wright MJ, Geffen GM, Hay DA, Levy F, Martin NG, et al. Special twin environments, genetic influences and their effects on the handedness of twins and their siblings. *Twin Research* 2003;6:119-30.
<http://dx.doi.org/10.1375/136905203321536245>
31. Medland SE, Duffy DL, Wright MJ, Geffen GM, Hay DA, Levy F, et al. Genetic influences on handedness: Data from 25,732 Australian and Dutch twin families. *Neuropsychologia* 2009;47:330-7.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.09.005>
32. Collins RL. On the inheritance of direction and degree of asymmetry. In: S.D. Glick. *Cerebral lateralization in nonhuman species*. NY: Academic Press. 1985; p.41-72.
33. McManus IC. Handedness in twins: A critical review. *Neuropsychologia* 1980;18:347-55.
[http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(80\)90130-X](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(80)90130-X)
34. Ooki S. Genetic and Environmental influences on the handedness and footedness in Japanese twin children. *Twin Research and Human Genetics*. 2005;8:649-56.
<http://dx.doi.org/10.1375/twin.8.1.69>
<http://dx.doi.org/10.1375/twin.8.4.320>
<http://dx.doi.org/10.1375/twin.8.6.649>
35. Vuoksima E, Koskenvuo M, Rose RJ, Kaprio J. Origins of handedness: A nationwide study of 30,161 adults. *Neuropsychologia* 2009; 47:1294-301.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.01.007>
36. Su CH, Kuo PH, Lin CCH, Chen WJ. A school-based twin study of handedness among adolescents in Taiwan. *Behavior Genetics*. 2005;35:723-33.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10519-005-6189-1>
37. Teng EH, Lee PH, Yang KS, Chang PC. Lateral preferences for hand, foot, and eye, and their lack of association with scholastic achievement in 4143 Chinese. *Neuropsychologia*. 1979;17:41-8.
[http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(79\)90020-4](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(79)90020-4)
38. Shimizu A, Endo M. Comparison of patterns of handedness between twins and singletons in Japan. *Cortex*. 1983;19:345-52.
39. Springer SP, Searleman A. Left-handedness in twins: Implications for the mechanisms underlying cerebral asymmetry of function. In: Herron J. *Neuropsychology of left-handedness*. NY: Academic Press; 1980, p.139-58.