

Basi cognitive della letto-scrittura e indagine dei deficit: evidenze sperimentali da studi comportamentali e di neuroimaging

Chiara Banfi

University of Graz (Austria)

chiara.banfi@uni-graz.at



Outline

Modello teorico di riferimento

Outline

Modello teorico di riferimento

Basi cognitive dei processi di letto-scrittura

Outline

Modello teorico di riferimento

Basi cognitive dei processi di letto-scrittura

Manifestazione dei deficit

Outline

Modello teorico di riferimento

Basi cognitive dei processi di letto-scrittura

Manifestazione dei deficit

Studi di eye-tracking

Outline

Modello teorico di riferimento

Basi cognitive dei processi di letto-scrittura

Manifestazione dei deficit

Studi di eye-tracking

Neuroimaging funzionale

Neuroimaging strutturale

Outline

Modello teorico di riferimento

Basi cognitive dei processi di letto-scrittura

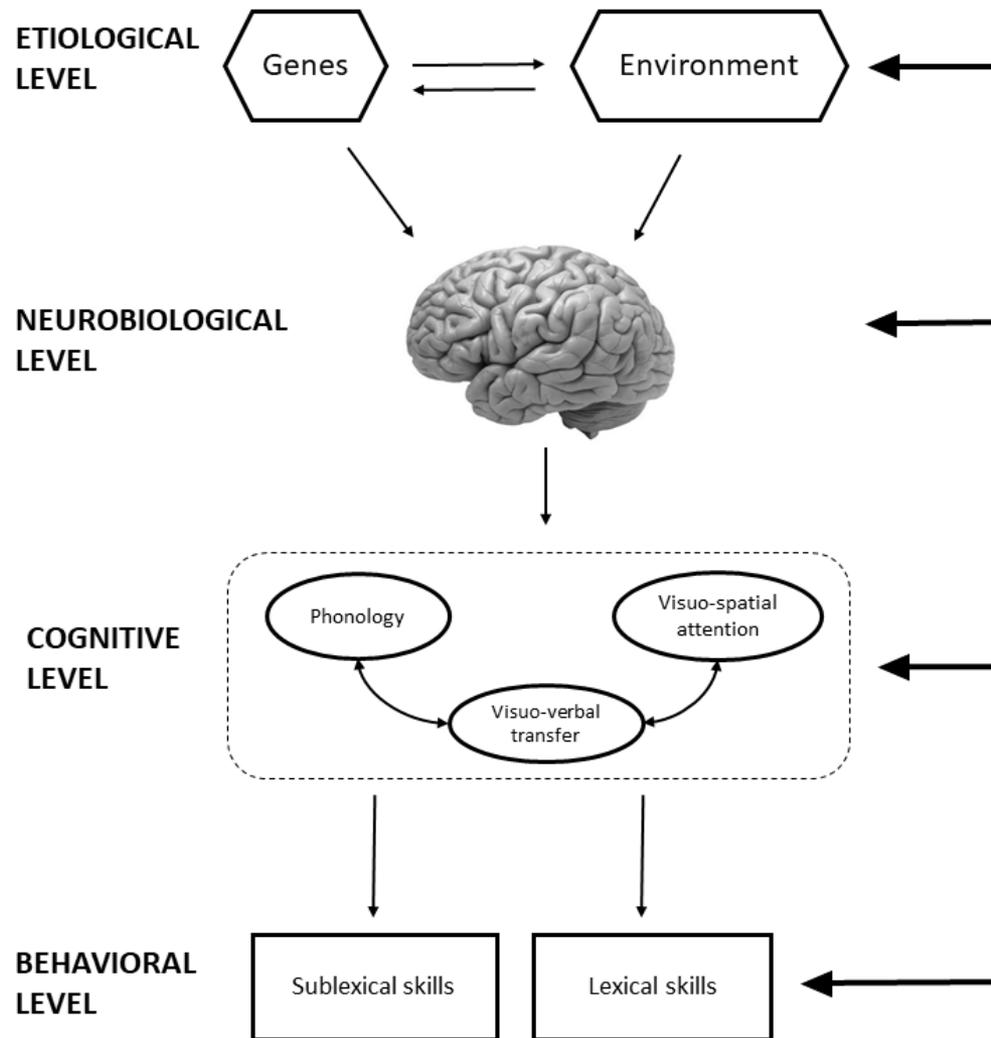
Manifestazione dei deficit

Studi di eye-tracking

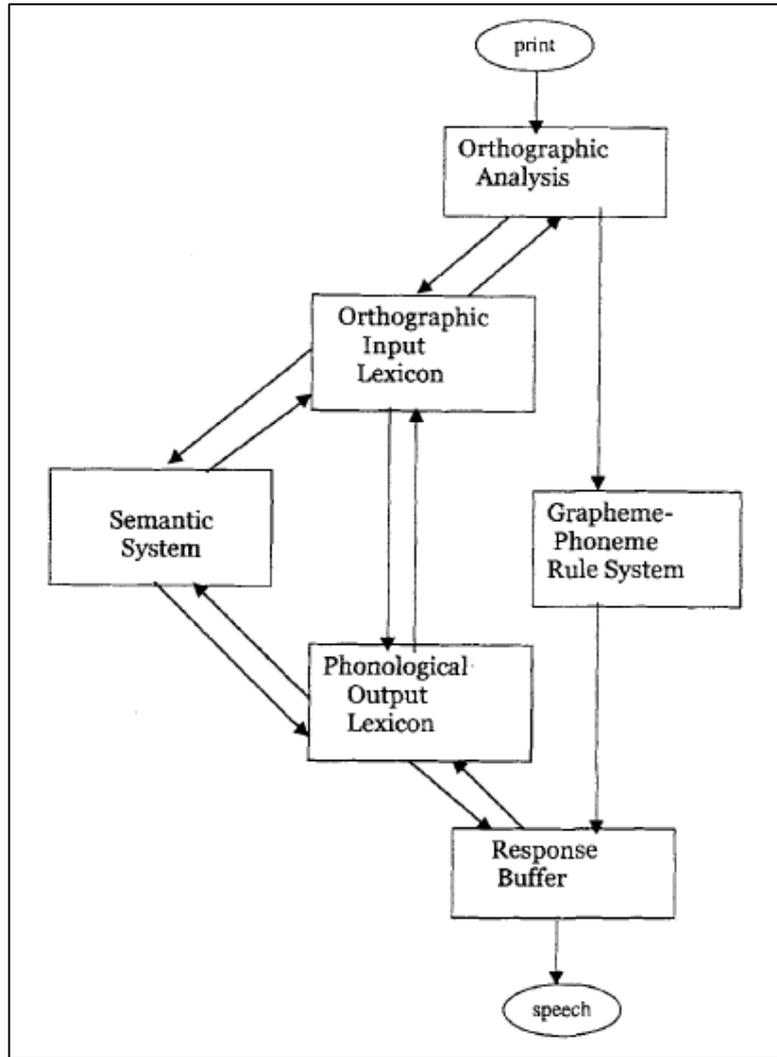
Neuroimaging funzionale

Neuroimaging strutturale

Perchè neuroimaging dei processi di letto-scrittura?

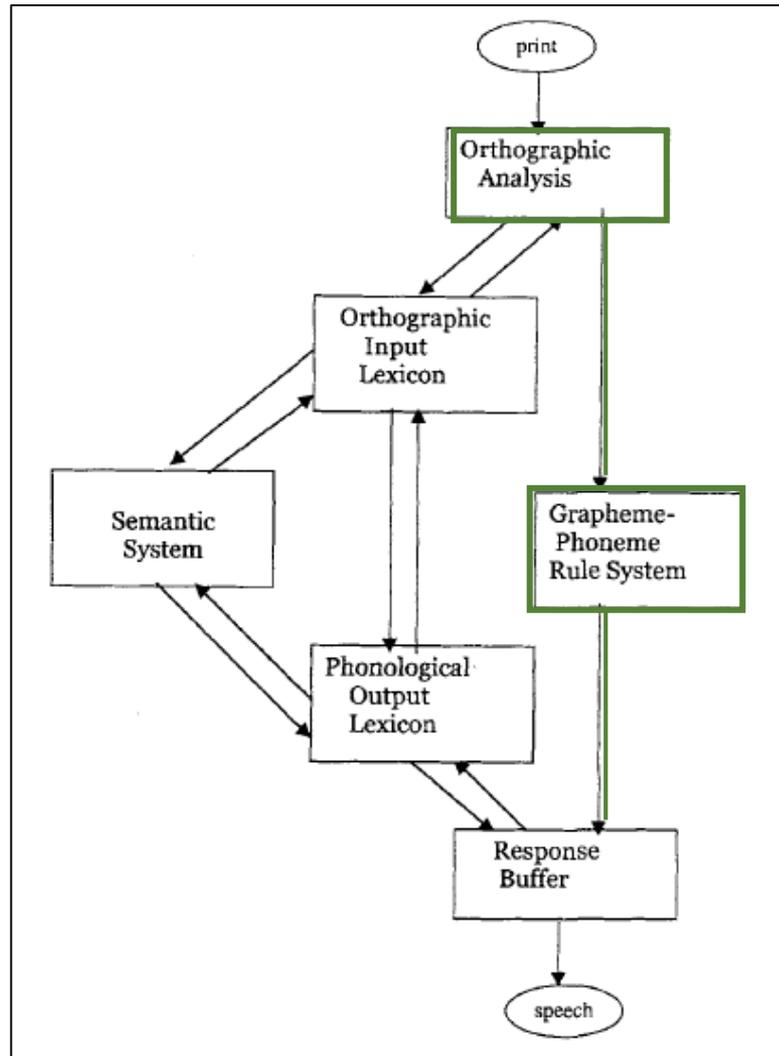


Modello a due vie



Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, and Ziegler (2001)

Modello a due vie



VIA SUBLESSICALE

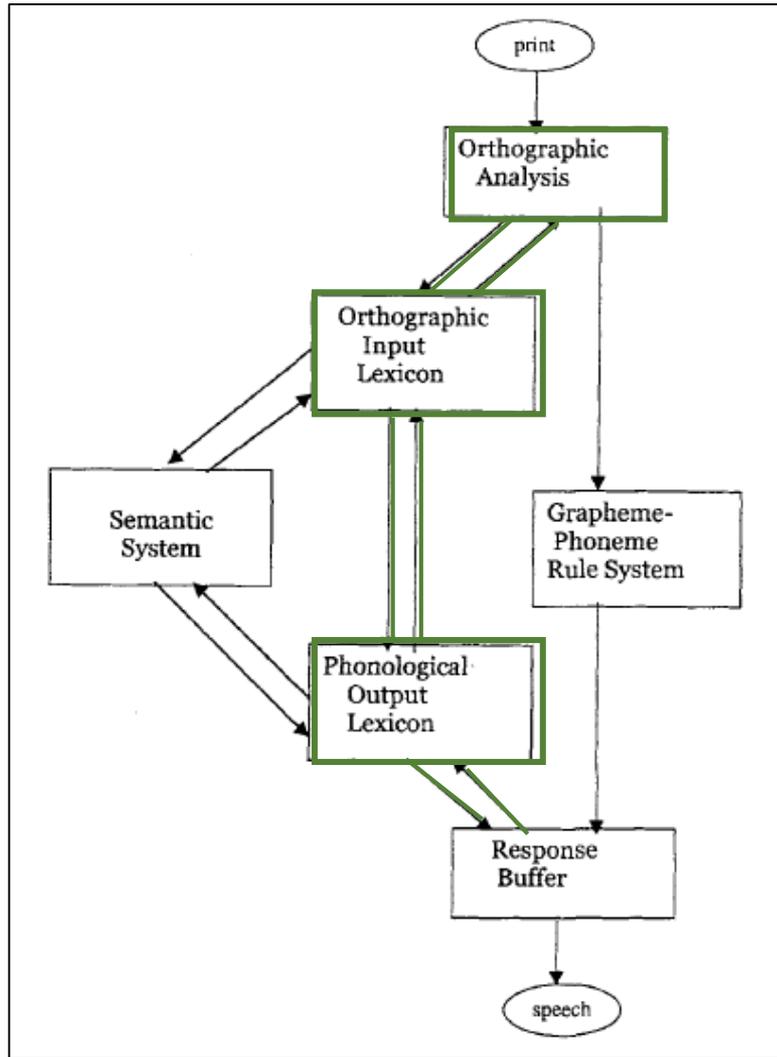
Parole nuove

Pseudo-omofone (es. Quadro)

Non-parole (es. Gulco)

Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, and Ziegler (2001)

Modello a due vie



VIA LESSICALE

Parole note

Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, and Ziegler (2001)

Apprendimento ortografico

Strategie sublessicali



Meccanismo self-teaching

(Share, 1995)

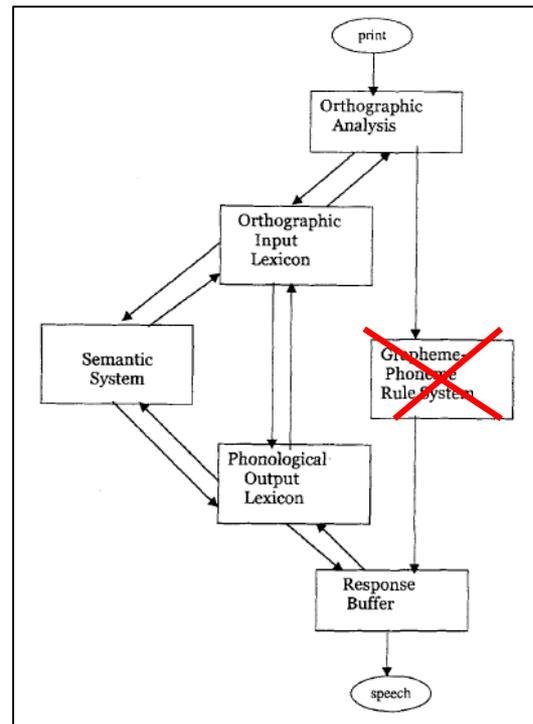


Strategie lessicali

Come si spiega il deficit di letto- scrittura?

Come si spiega il deficit di letto-scrittura?

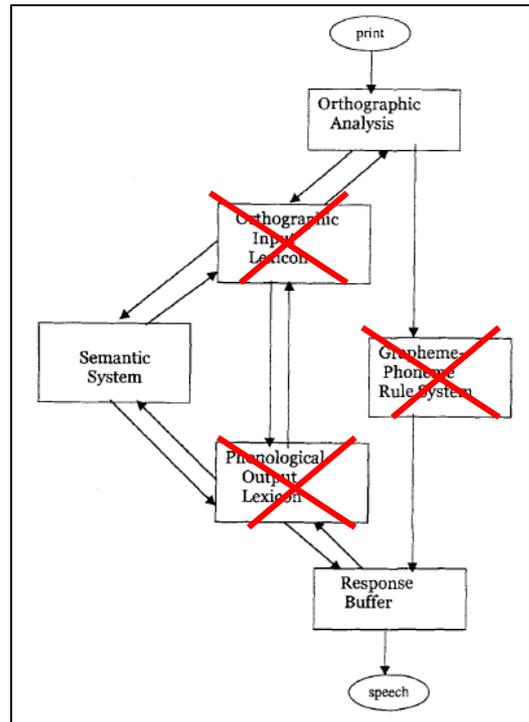
Ipotesi fonologica
(Shankweiler, 1999)



← Deficit fonologico

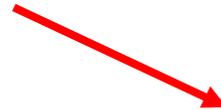
Come si spiega il deficit di letto-scrittura?

Ipotesi fonologica
(Shankweiler, 1999)



Come si spiega il deficit di letto-scrittura?

Ipotesi fonologica
(Shankweiler, 1999)



Ortografie non
trasparenti
(inglese)

through

Ortografie trasparenti
(italiano, tedesco...)

attraverso
durch

Constistenza ortografica in tedesco

Lettura \neq Scrittura

Constistenza ortografica in tedesco

Lettura: grafema → fonema

Mutter - /'mʊtɐ/

Consistenza ortografica in tedesco

Lettura: grafema → fonema

Mutter - /'mʊtɐ/

Inglese

U → PUT, BUY, SUCCEED

Consistenza ortografica in tedesco

Lettura: grafema → fonema

Mutter - /'mʊtɐ/



sviluppo veloce delle competenze
sublessicali → competenze lessicali

Consistenza ortografica in tedesco

Lettura: grafema → fonema

Mutter - /'mʊtɐ/



sviluppo veloce delle competenze
sublessicali → competenze lessicali

Lettura accurata anche per non-parole alla fine della 1^o
elementare (Landerl & Wimmer, 2008)

Consistenza ortografica in tedesco

Scrittura: fonema → grafema

/ja:ɐ/ → Jahr / Jaar

Consistenza ortografica in tedesco

Scrittura: fonema → grafema

/ja:ɐ/ → **Jahr** / ʝaʌ

Consistenza ortografica in tedesco

Scrittura: fonema → grafema

/ja:ɐ/ → **Jahr** / ʝaːɐ̯



Scrittura basata principalmente su richiamo di rappresentazioni ortografiche dalla memoria a lungo termine

= processo lessicale

Consistenza
ortografica



Deficit di
letto-scrittura

Manifestazione della dislessia nelle ortografie trasparenti

Deficit di lettura = fluenza
(accuratezza adeguata)

Manifestazione della dislessia nelle ortografie trasparenti

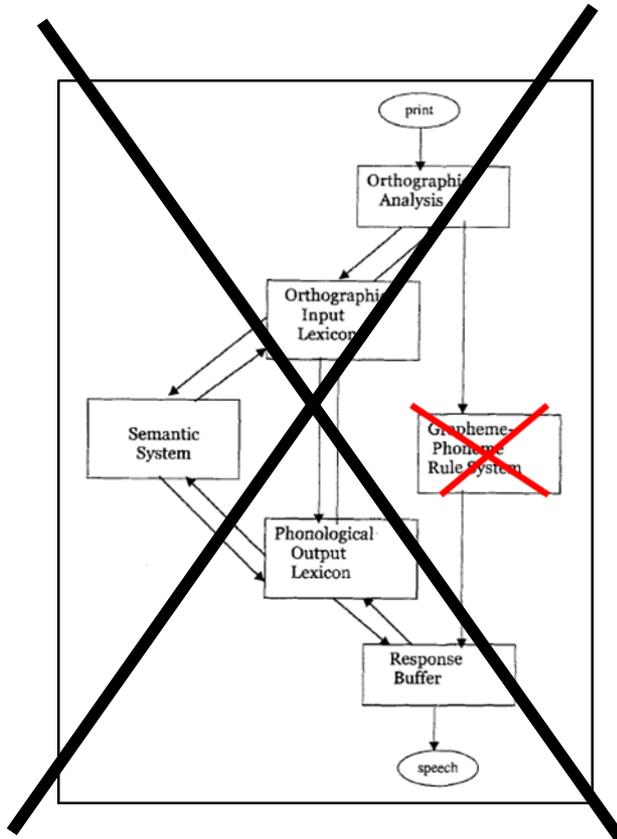
Deficit di lettura = fluenza

(accuratezza adeguata)

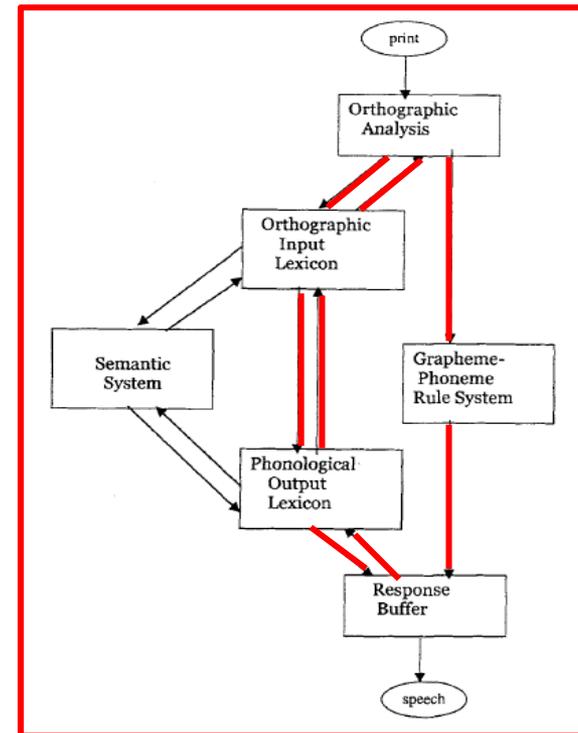
Phonological speed dyslexia (Wimmer, 1993)

= non si tratta di un problema fonologico di per se, ma di un deficit nell'**ACCESSO** alla fonologia e all'ortografia!!!!

Manifestazione della dislessia nelle ortografie trasparenti

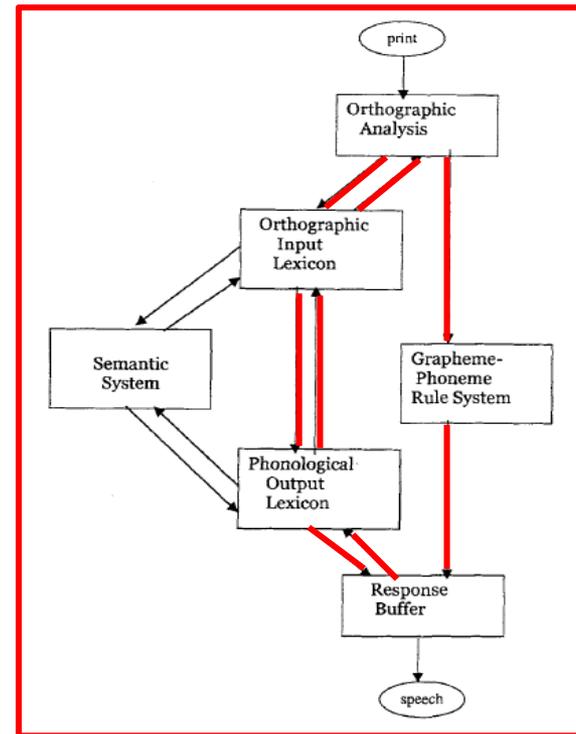
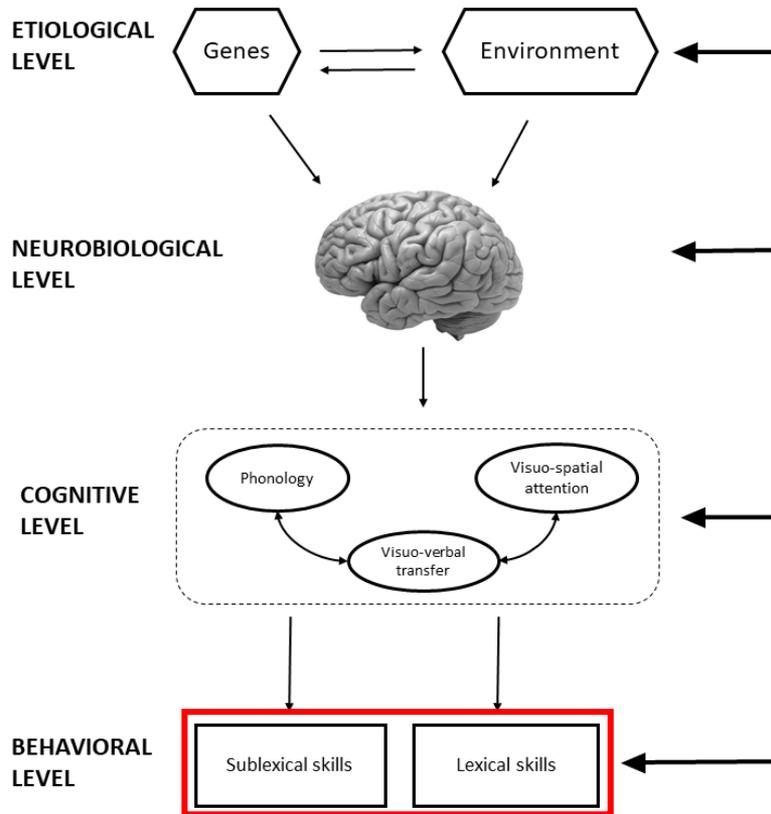


Deficit fonologico



Deficit di accesso

Manifestazione della dislessia nelle ortografie trasparenti



Deficit di accesso

Studi di eye-tracking



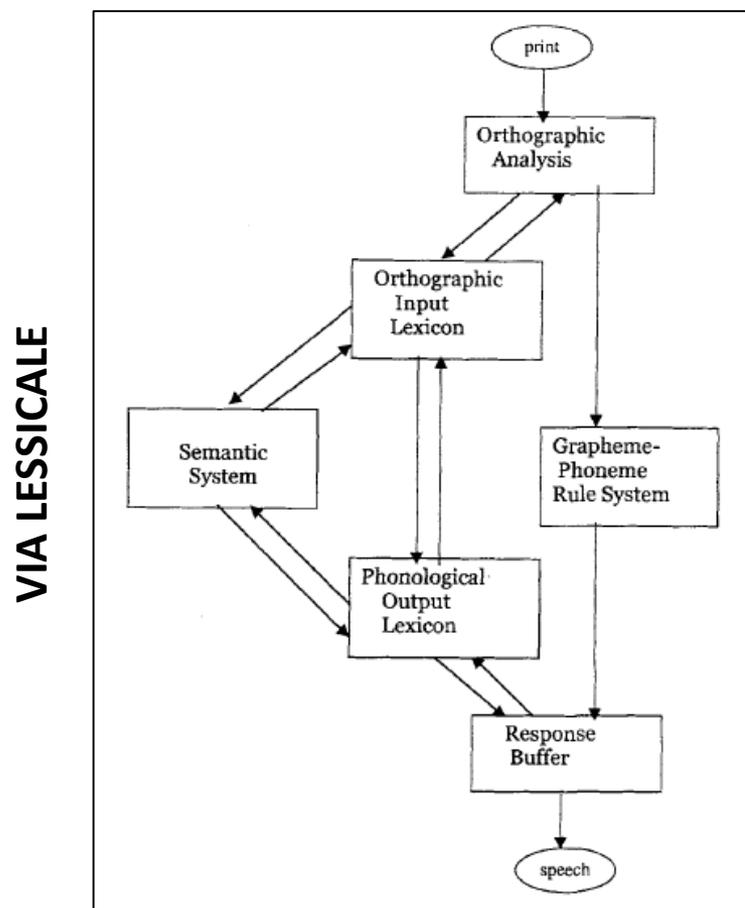
Studi di eye-tracking

The most widely used current designs are video-based eye-



Numero di fissazioni
Gaze duration (ms)
Numero di saccadi
Ampiezza saccadica
Numero di regressioni
Landing position
...

Studi di eye-tracking



Word length effect
Parole corte vs.
lunghe

Studi di eye-tracking

Lexicality effect

Parole vs. Non-parole

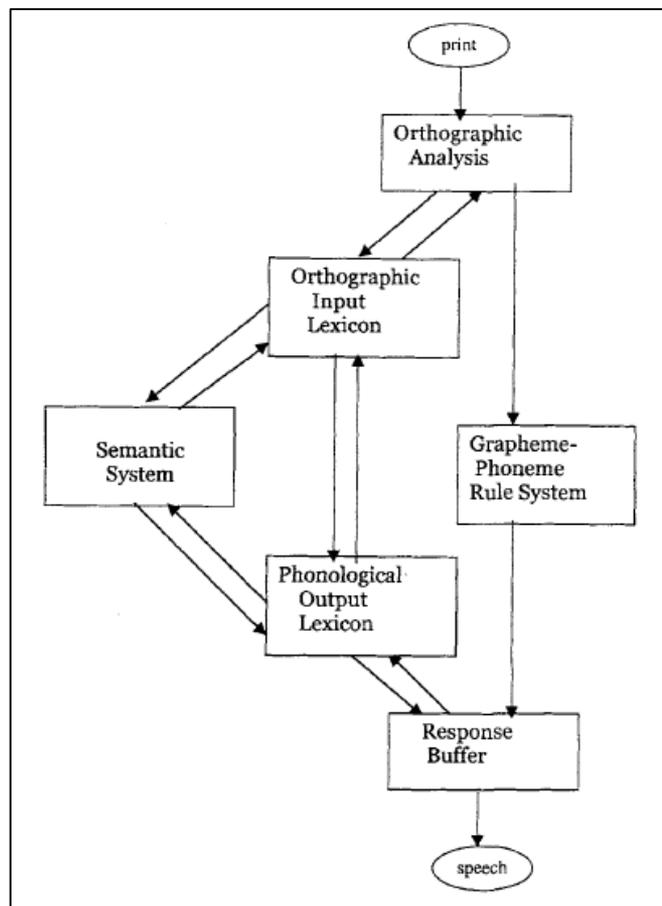
W-PH effect

Parole vs. Pseudo-omofone

Frequency effect

Parole AF vs. Parole BF

VIALESSICALE

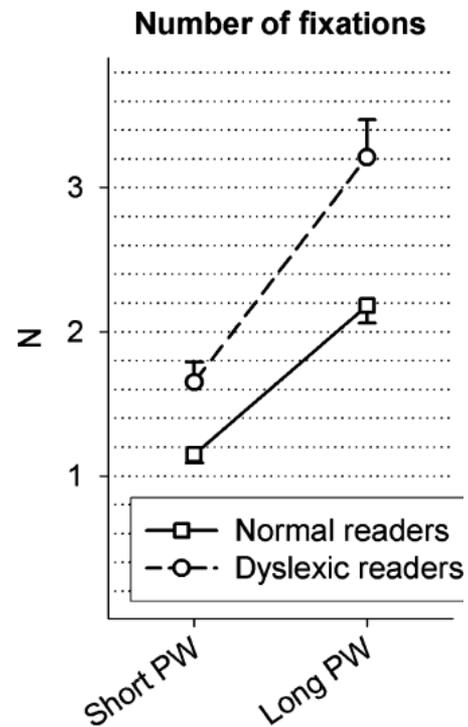
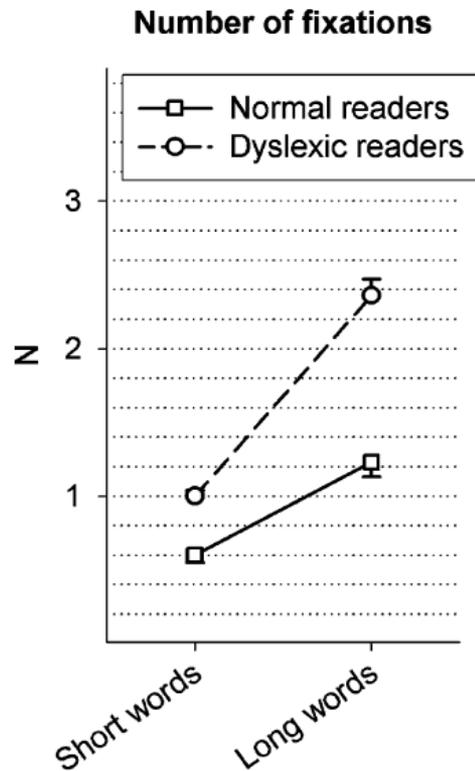


VIA SUBLESSICALE

Word length effect

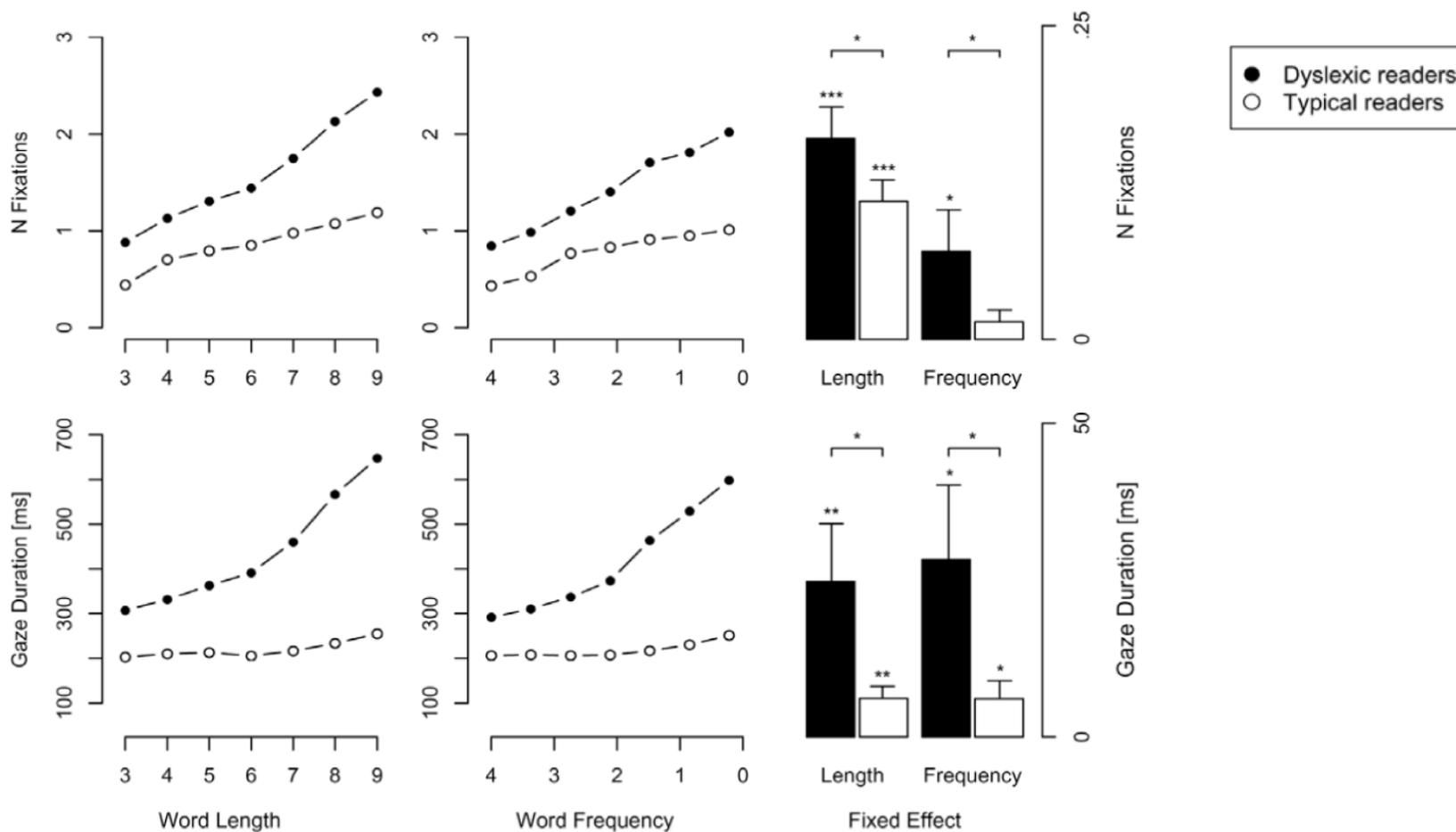
Parole corte vs. lunghe

Studi di eye-tracking



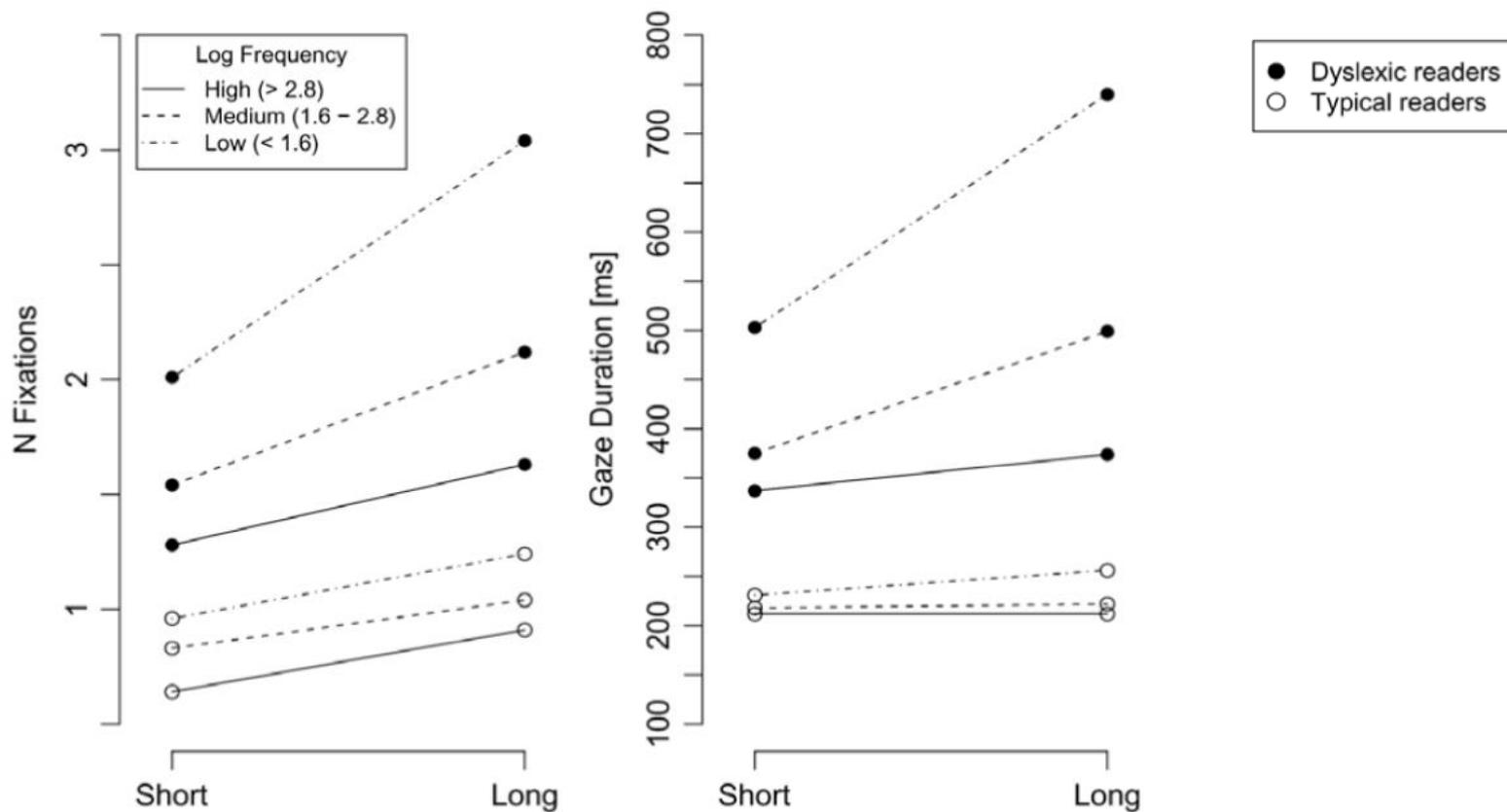
Hutzler and Wimmer (2004)

Studi di eye-tracking



Hawelka, Gagl and Wimmer (2010)

Studi di eye-tracking



Hawelka, Gagl and Wimmer (2010)

Lexical Reading in Dysfluent Readers of German

Melanie Gangl^a, Kristina Moll^b, Manon W. Jones^c, Chiara Banfi ^a, Gerd Schulte-Körne^b,
and Karin Landerl^a

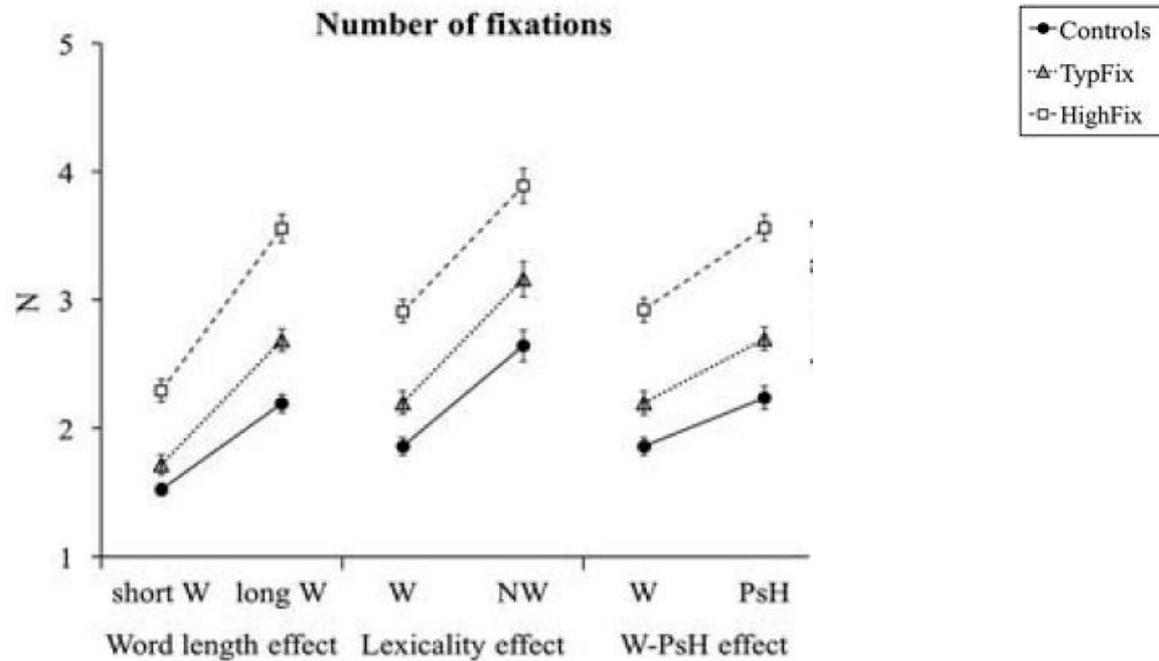
^aUniversity of Graz; ^bUniversity Hospital Munich; ^cBangor University



Table 1. Participant characteristics for Controls, TypFix-Readers, and HighFix-Readers.

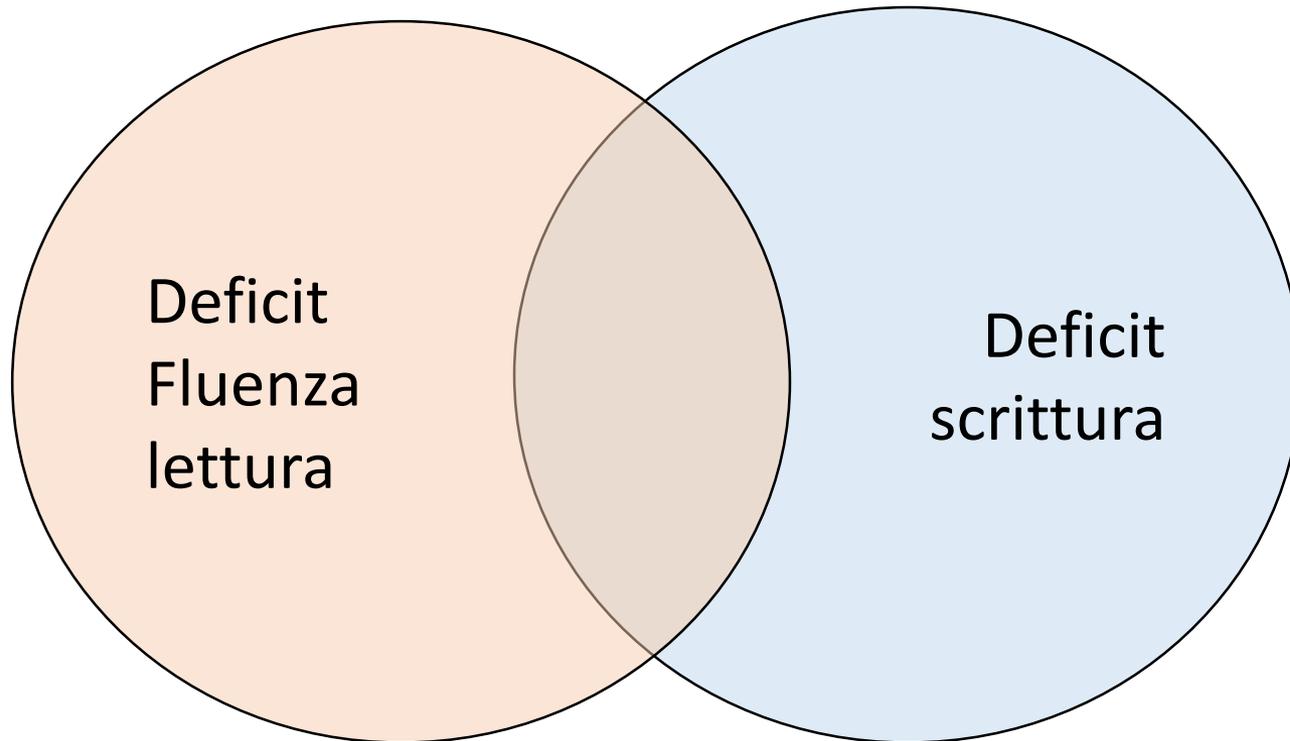
	Group			<i>F</i>	<i>p</i>
	Controls	TypFix-Readers	HighFix-Readers		
<i>N</i>	47	26	42		
Girls/Boys	24/23	15/11	22/20		
Age (months)	113.28 (3.87)	112.92 (5.60)	113.64 (6.09)	.16	.852
Total number of fixations	2.35 (.33) _{b,c}	2.75 (.23) _{a,c}	4.25 (.79) _{a,b}	149.46	< .001
Reading (% rank)					
Classroom reading	55.82 (13.76) _{b,c}	9.44 (5.79) _a	10.24 (8.31) _a	259.86	< .001
Word reading	50.47 (10.59) _{b,c}	14.71 (7.39) _{a,c}	5.74 (4.07) _{a,b}	378.47	< .001
Nonword reading	51.47 (16.99) _{b,c}	14.71 (7.52) _a	11.81 (8.98) _a	128.96	< .001
Spelling (% rank)	55.79 (12.44) _{b,c}	30.50 (20.53) _{a,c}	16.77 (16.13) _{a,b}	68.64	< .001
ADHD score	.49 (.37)	.51 (.29)	.42 (.29)	.96	.386
Nonverbal IQ	106.87 (9.72)	111.58 (13.22)	107.64 (12.65)	1.44	.242
Verbal IQ					
Digit span	10.38 (2.34)	10.04 (1.76)	9.69 (2.32)	1.09	.341
Vocabulary	12.32 (3.06)	12.69 (3.30)	12.40 (2.99)	.13	.882
PA (% correct)	80.96 (12.17) _{b,c}	63.55 (17.45) _a	68.67 (18.73) _a	11.60	< .001
RAN (items/sec) ^a					
Digits	2.12 (.41) _{b,c}	1.85 (.32) _a	1.76 (.26) _a	13.57	< .001
Objects	1.09 (.20) _{b,c}	.96 (.26) _a	.94 (.16) _a	6.88	< .01

Gangl et al. (2018a)

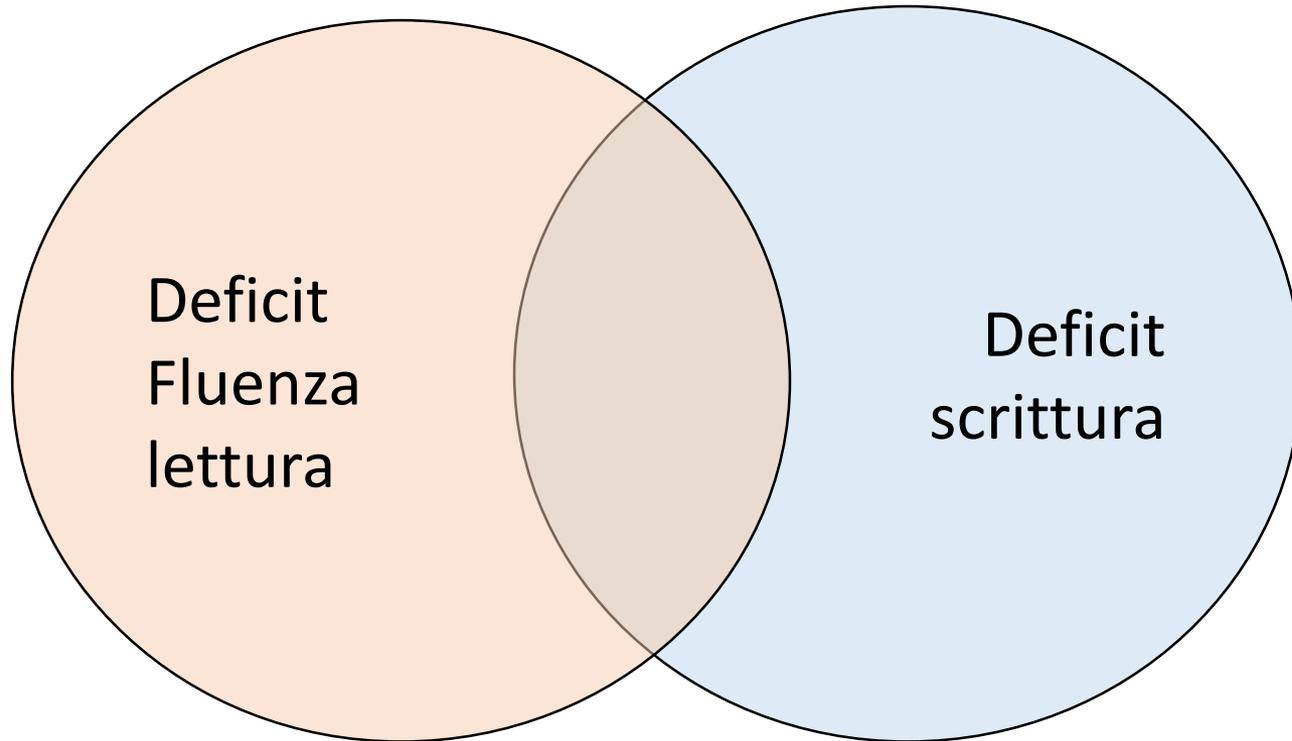


Gangl et al. (2018a)

Dislessia

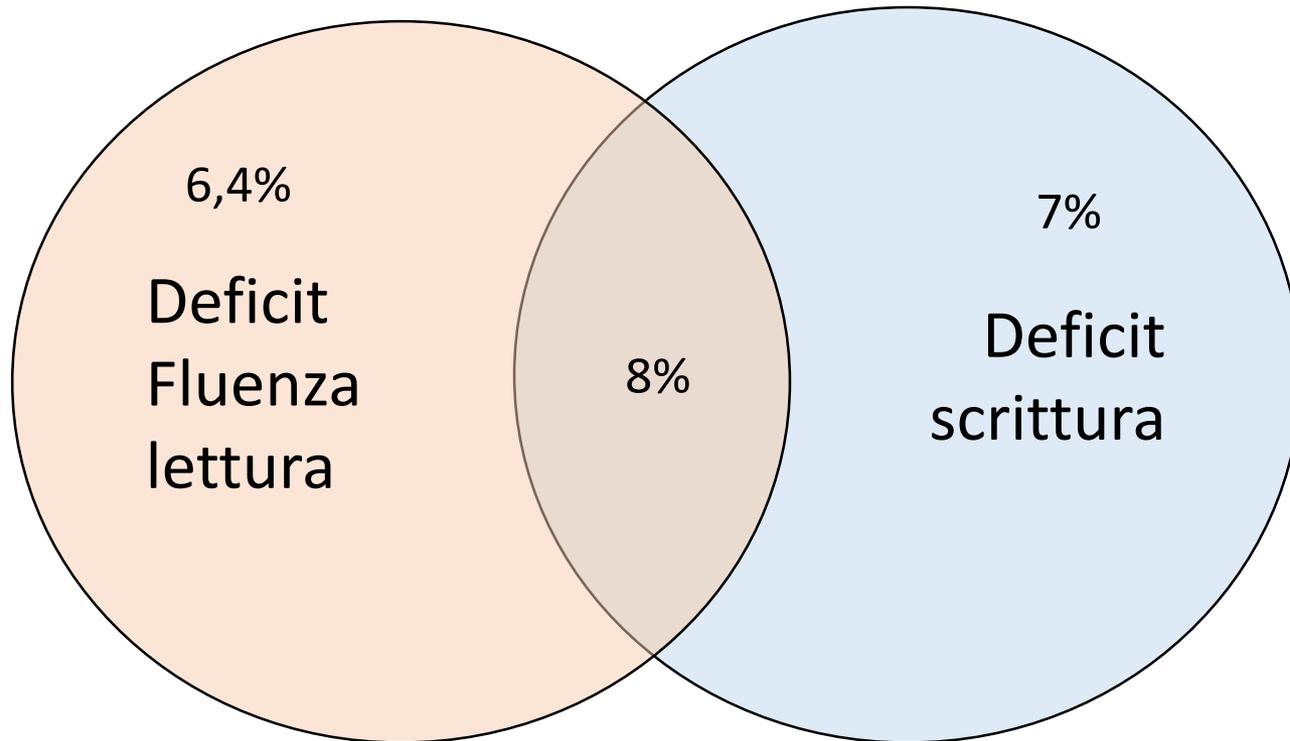


Dislessia



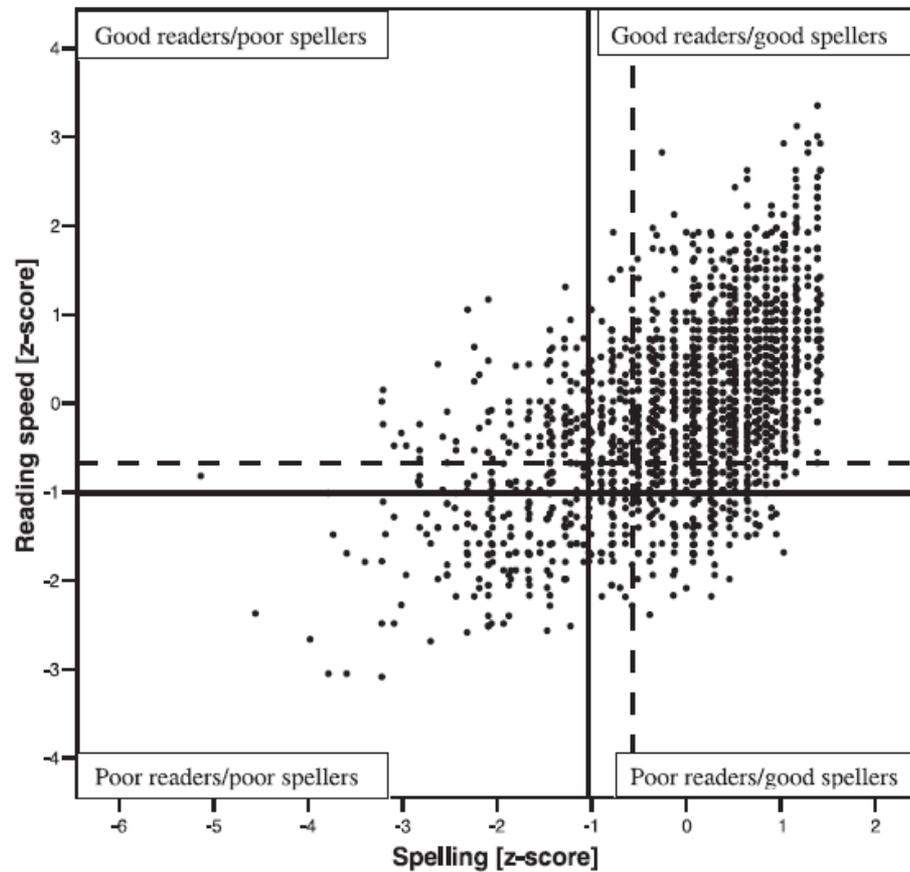
Correlazione fluenza di lettura e scrittura = .56
(Moll & Landerl, 2009)

Dislessia



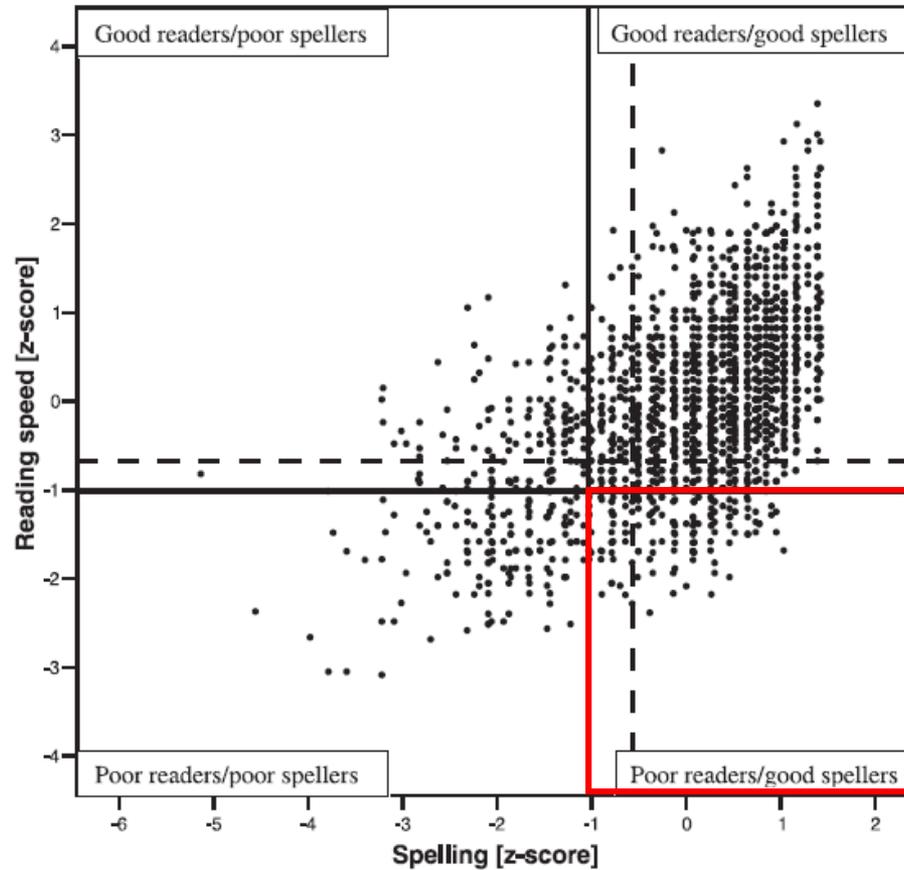
Correlazione fluenza di lettura e scrittura = .56
(Moll & Landerl, 2009)

Dissociazioni



Moll and Landerl (2009)

Dissociazioni



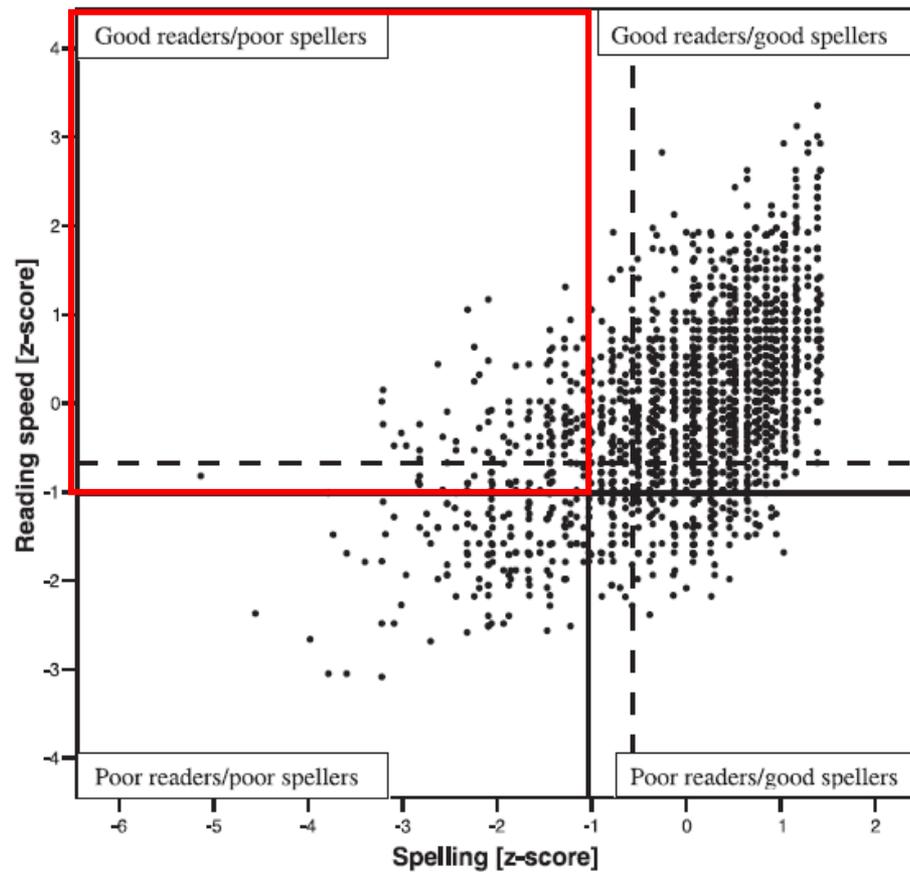
Deficit di lettura isolato

Moll and Landerl (2009)

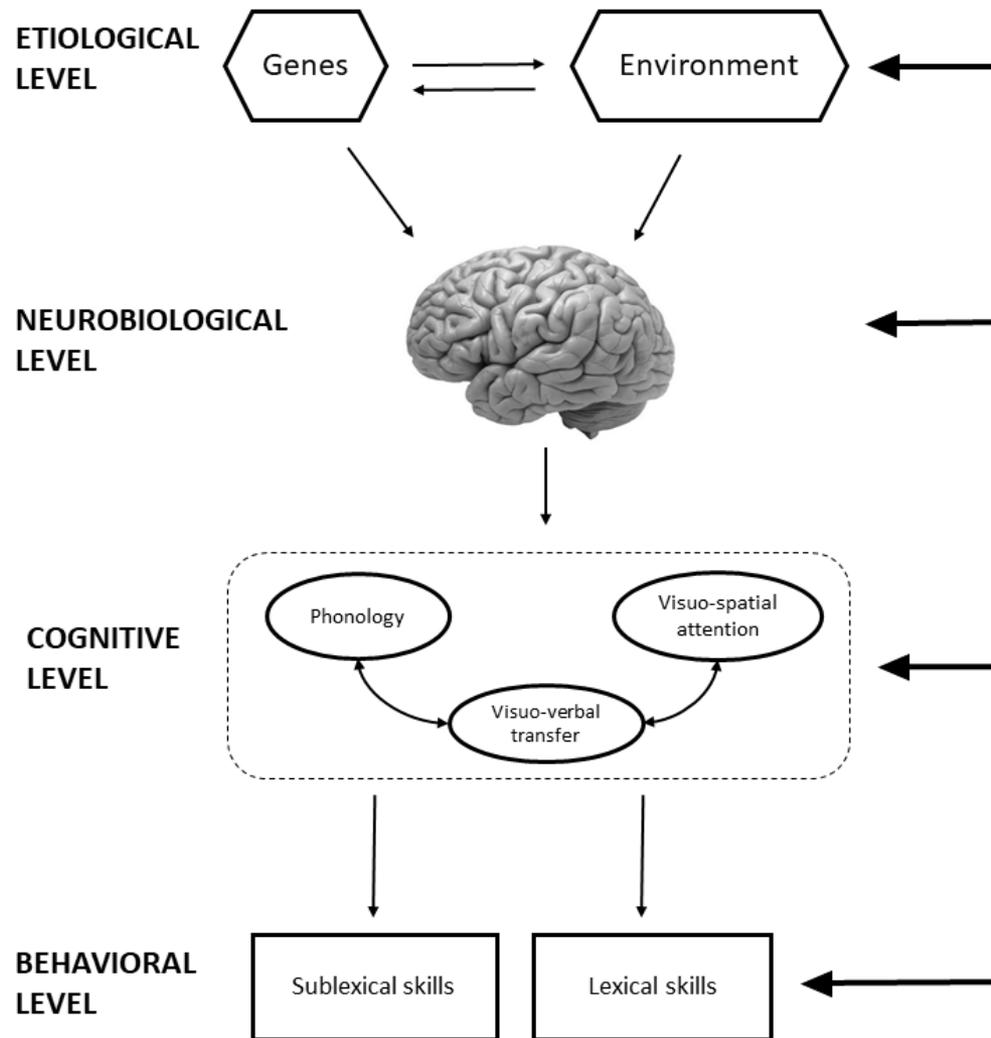
UNIVERSITY OF GRAZ

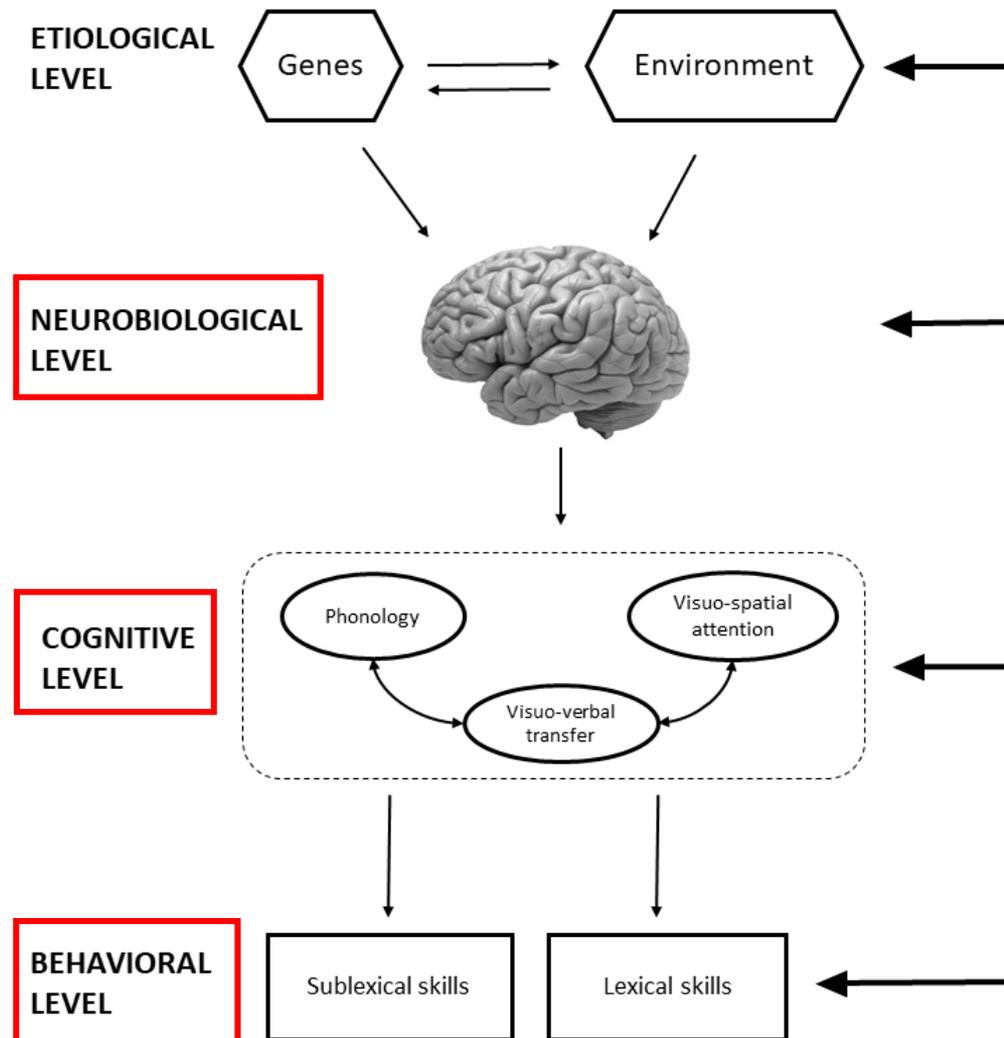
Dissociazioni

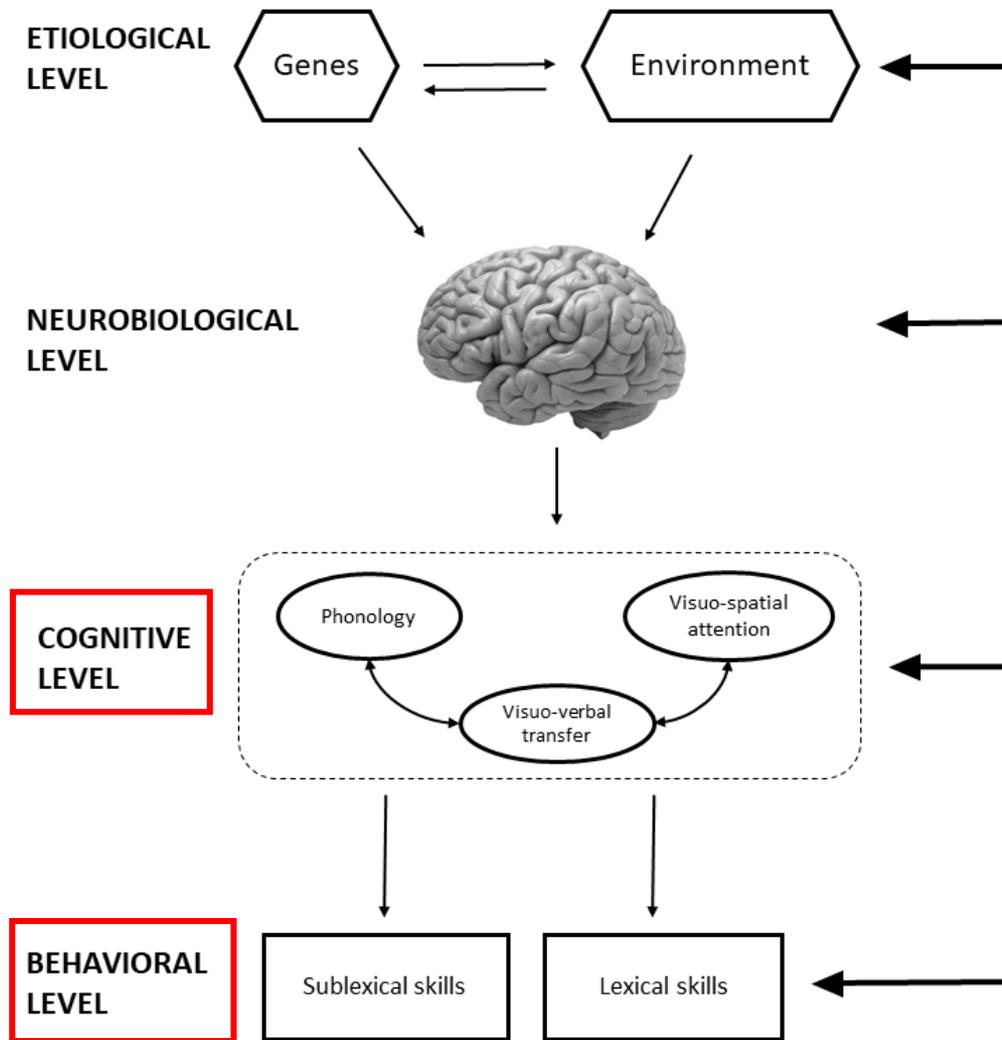
Deficit isolato di scrittura



Moll and Landerl (2009)







Deficit cognitivi

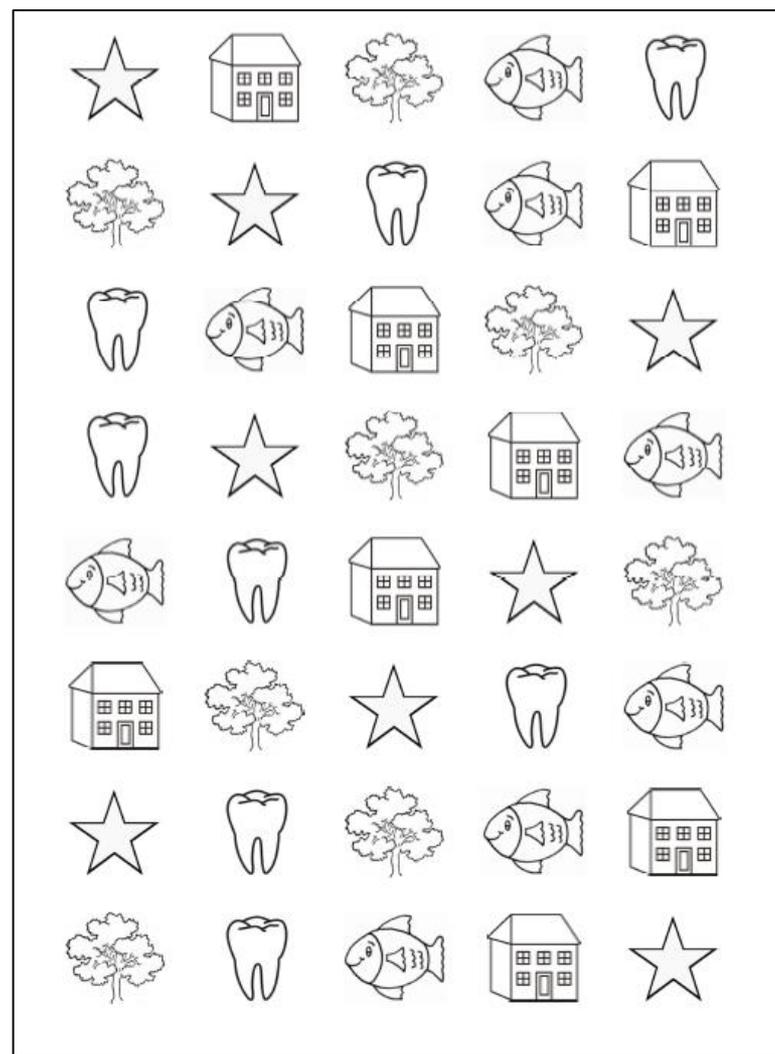
Disturbo di lettura isolato

Deficit RAN

Gangl et al. (2018)

Moll and Landerl (2009)

Wimmer and Mayringer (2002)



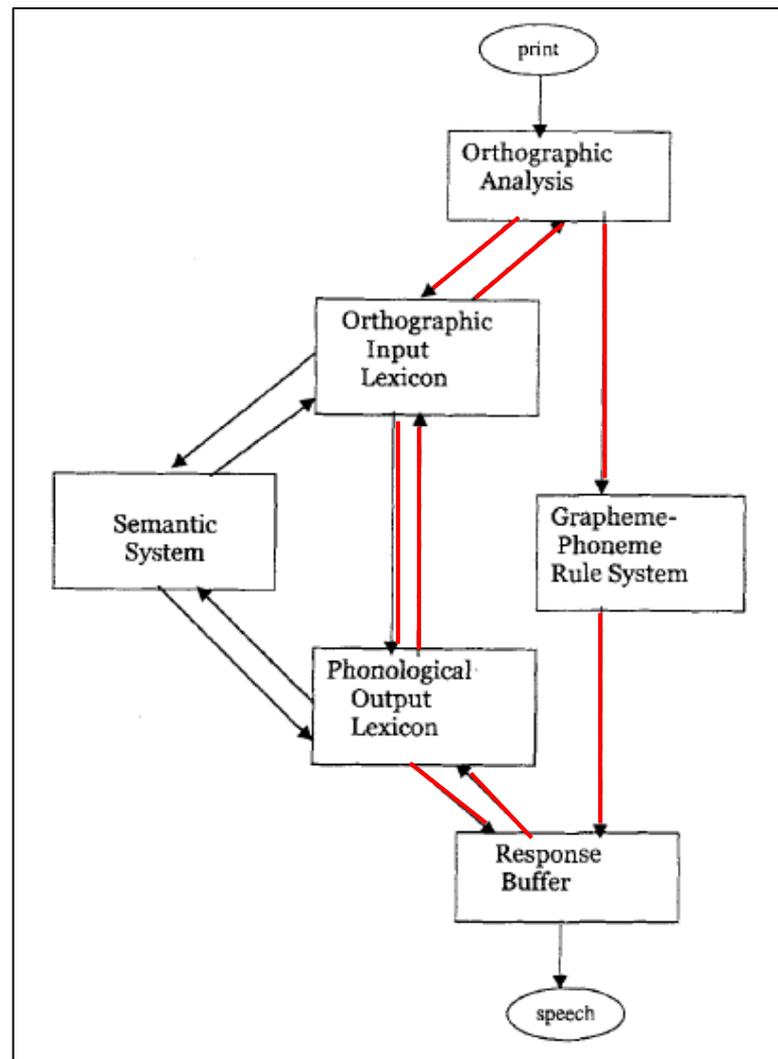
Deficit cognitivi

Disturbo di lettura isolato

= problema nel **transfer** dell'informazione alla sorgente visiva all'output verbale



Difficoltà sublessicali e lessicali



Deficit cognitivi

Disturbo di scrittura isolato

Nessun deficit RAN

Lettura nella norma

Deficit consapevolezza fonologica?

Gangl et al. (2018)

Moll and Landerl (2009)

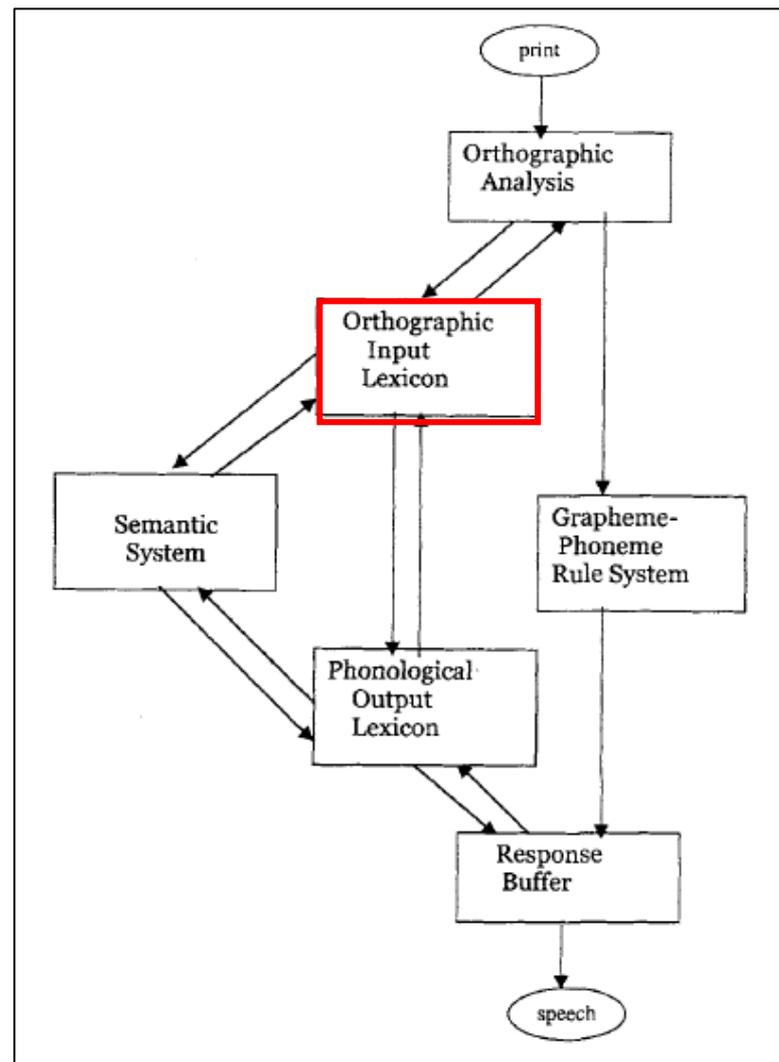
Wimmer and Mayringer (2002)

Deficit cognitivi

**Disturbo di scrittura
isolato**



Deficit nel bagaglio
ortografico



Deficit cognitivi

Disturbo misto di lettura e scrittura

Deficit RAN

Deficit di consapevolezza
fonologica

Gangl et al. (2018)
Moll and Landerl (2009)
Wimmer and Mayringer (2002)

Deficit cognitivi

Disturbo misto di lettura e scrittura

Deficit RAN

Deficit di consapevolezza fonologica

Esempi:

TALP senza P = TAL

PLAAF senza L = PAAF

Gangl et al. (2018)

Moll and Landerl (2009)

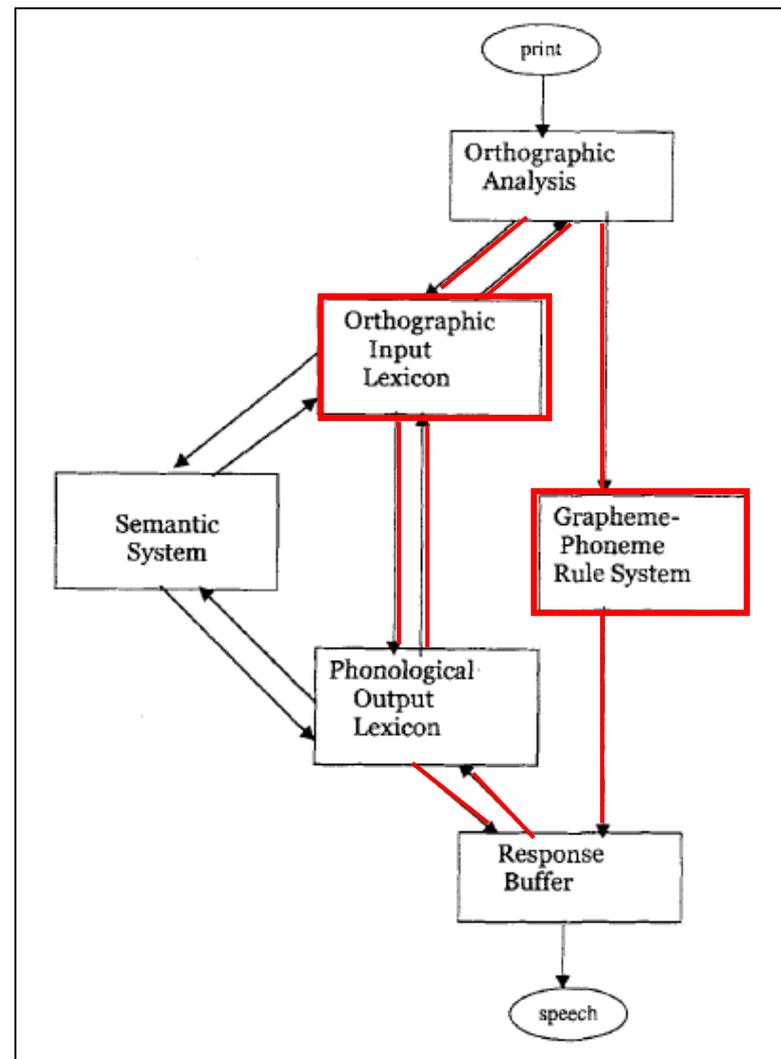
Wimmer and Mayringer (2002)

Deficit cognitivi

Disturbo misto di lettura e scrittura

Deficit RAN

Deficit di consapevolezza fonologica



Riassunto

Disturbo isolato di lettura (fluenza)

Deficit nel TRANSFER visuo-
verbale

Deficit di ACCESSO alle
rappresentazioni ortografiche

Deficit sublessicali e lessicali
solo in lettura

Riassunto

Disturbo isolato di lettura (fluenza)	Disturbo isolato di scrittura
Deficit nel TRANSFER visuo-verbale Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche	Deficit nel bagaglio ortografico
Deficit sublessicali e lessicali solo in lettura	Deficit lessicale selettivo

Riassunto

Disturbo isolato di lettura (fluenza)	Disturbo isolato di scrittura	Disturbo misto di letto-scrittura
Deficit nel TRANSFER visuo-verbale Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche	Deficit nel bagaglio ortografico	Deficit nel TRANSFER visuo-verbale Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche Deficit fonologico
Deficit sublessicali e lessicali solo in lettura	Deficit lessicale selettivo	Deficit sublessicali e lessicali per lettura e scrittura

Riassunto

Disturbo isolato di lettura (fluenza)	Disturbo isolato di scrittura	Disturbo misto di letto-scrittura
Deficit nel TRANSFER visuo-verbale	Deficit nel bagaglio ortografico	Deficit nel TRANSFER visuo-verbale
Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche		Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche
		Deficit fonologico
Deficit sublessicali e lessicali solo in lettura	Deficit lessicale selettivo	Deficit sublessicali e lessicali per lettura e scrittura



Riassunto

Disturbo isolato di lettura (fluenza)	Disturbo isolato di scrittura	Disturbo misto di letto-scrittura
<p>Deficit nel TRANSFER visuo-verbale</p> <p>Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche</p>	<p>Deficit nel bagaglio ortografico</p>	<p>Deficit nel TRANSFER visuo-verbale</p> <p>Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche</p> <p>Deficit fonologico</p>
<p>Deficit sublessicali e lessicali solo in lettura</p>	<p>Deficit lessicale selettivo</p>	<p>Deficit sublessicali e lessicali per lettura e scrittura</p>
		

Riassunto

Disturbo isolato di lettura (fluenza)	Disturbo isolato di scrittura	Disturbo misto di letto-scrittura
Deficit nel TRANSFER visuo-verbale	Deficit nel bagaglio ortografico	Deficit nel TRANSFER visuo-verbale
Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche		Deficit di ACCESSO alle rappresentazioni ortografiche
		Deficit fonologico
Deficit sublessicali e lessicali solo in lettura	Deficit lessicale selettivo	Deficit sublessicali e lessicali per lettura e scrittura
		

Deficit isolato di scrittura

Frith (1980): partial cue hypothesis = indizi parziali
Difficoltà sublessicali → rappresentazioni ortografiche di
bassa qualità

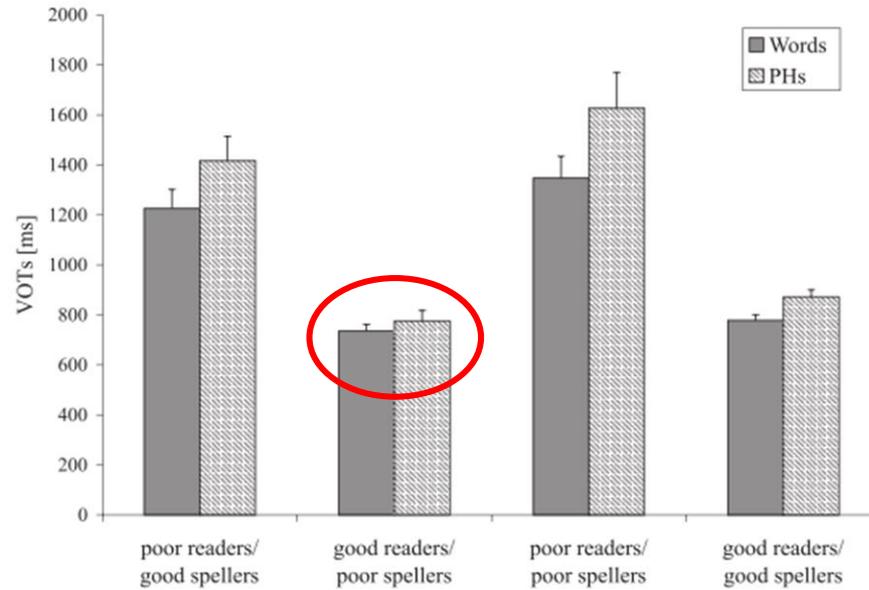


lettura



scrittura

Deficit isolato di scrittura



Moll and Landerl (2009)

Deficit isolato di scrittura

PAROLE

JAHR

Rappresentazione
ortografica nota

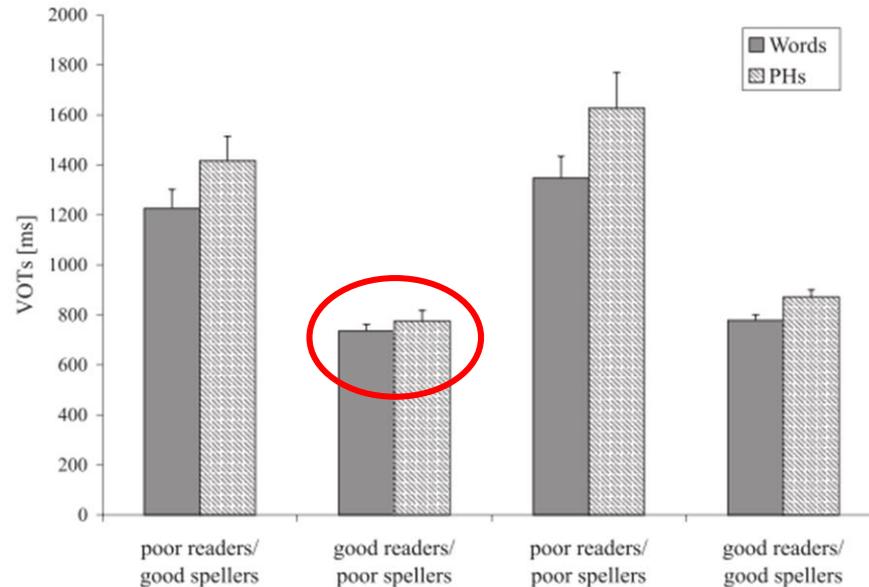
→ Lettura veloce lessicale

PSEUDO-OMOFONE

JAAR

Rappresentazione
ortografica non nota

→ Lettura lenta sublessicale



Moll and Landerl (2009)

Deficit isolato di scrittura

Frith (1980): partial cue hypothesis = indizi parziali
Difficoltà sublessicali → rappresentazioni ortografiche di
bassa qualità

 lettura

 scrittura

Moll and Landerl (2009): compensazione delle difficoltà
ortografiche attraverso strategie sublessicali



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Experimental Child Psychology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jecp



Reading strategies of good and poor readers of German with different spelling abilities



Melanie Gangl^a, Kristina Moll^b, Chiara Banfi^a, Stefan Huber^c,
Gerd Schulte-Körne^b, Karin Landerl^{a,*}

^a *Institute of Psychology, University of Graz, 8010 Graz, Austria*

^b *Department of Child and Adolescent Psychiatry, Psychosomatics and Psychotherapy, University Hospital, LMU Munich, 80336 Munich, Germany*

^c *Knowledge Media Research Center, 72076 Tübingen, Germany*

Indagine eye-tracking delle dissociazioni lettura/scrittura
Lettura di parole, pseudo-omofone e non-parole

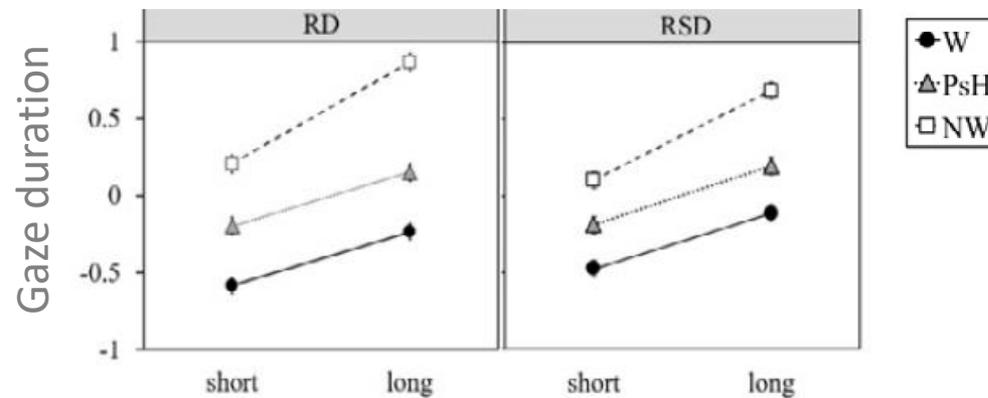
	Gruppo tipico	Deficit isolato di scrittura	Deficit isolato di lettura	Deficit misto
Gaze duration (ms)	672	673	878	1130
N fissazioni	1,63	1,59	1,86	1,97
Parole fissate una sola volta	33,71	32,55	21,69	17,83

Gangl et al. (2018b)

	Gruppo tipico	Deficit isolato di scrittura	Deficit isolato di lettura	Deficit misto
Gaze duration (ms)	672	673	878	1130
N fissazioni	1,63	1,59	1,86	1,97
Parole fissate una sola volta	33,71	32,55	21,69	17,83

Gangl et al. (2018)

	Gruppo tipico	Deficit isolato di scrittura	Deficit isolato di lettura	Deficit misto
Gaze duration (ms)	672	673	878	1130
N fissazioni	1,63	1,59	1,86	1,97
Parole fissate una sola volta	33,71	32,55	21,69	17,83



Gangl et al. (2018)

	Gruppo tipico	Deficit isolato di scrittura	Deficit isolato di lettura	Deficit misto
Gaze duration (ms)	672	673	878	1130
N fissazioni	1,63	1,59	1,86	1,97
Parole fissate una sola volta	33,71	32,55	21,69	17,83

→ Deficit di accesso

Gangl et al. (2018)

	Gruppo tipico	Deficit isolato di scrittura	Deficit isolato di lettura	Deficit misto
Gaze duration (ms)	672	673	878	1130
N fissazioni	1,63	1,59	1,86	1,97
Parole fissate una sola volta	33,71	32,55	21,69	17,83

Gangl et al. (2018)

Deficit ortografico isolato

Frith (1980): partial cue hypothesis = indizi parziali
Difficoltà sublessicali → rappresentazioni ortografiche di
bassa qualità

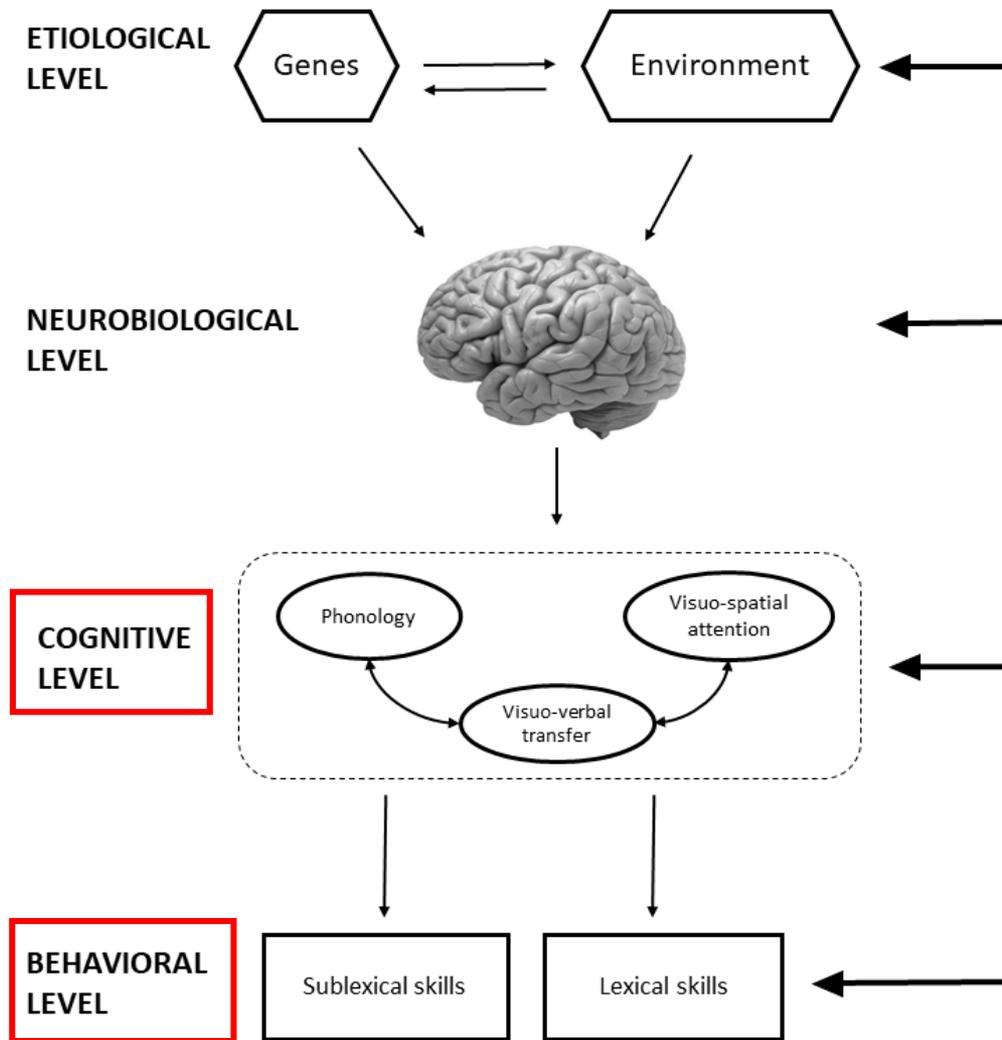


lettura

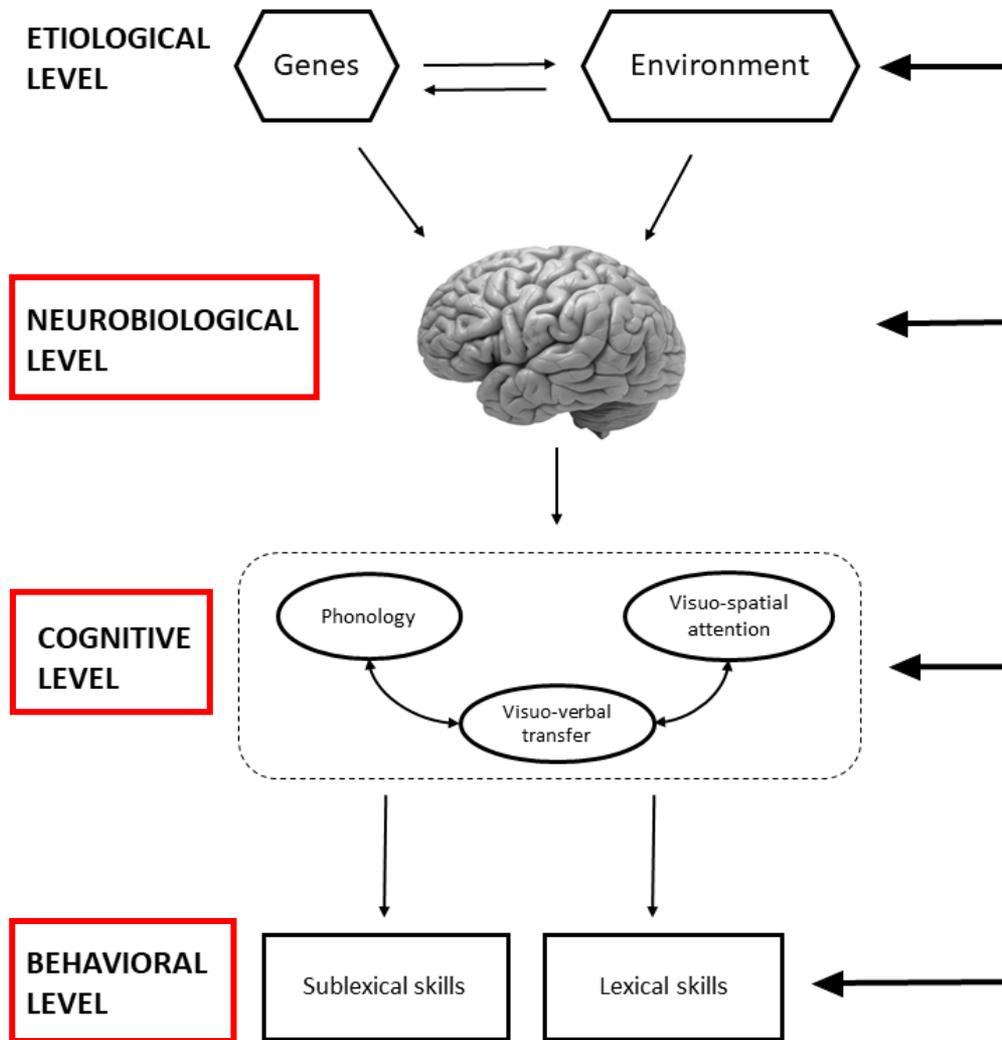


scrittura

Moll and Landerl (2009): compensazione delle difficoltà
ortografiche attraverso strategie sublessicali



Domande?



Livello neurobiologico

Funzione

**Attività cerebrale
in relazione ad un
task**

Livello neurobiologico

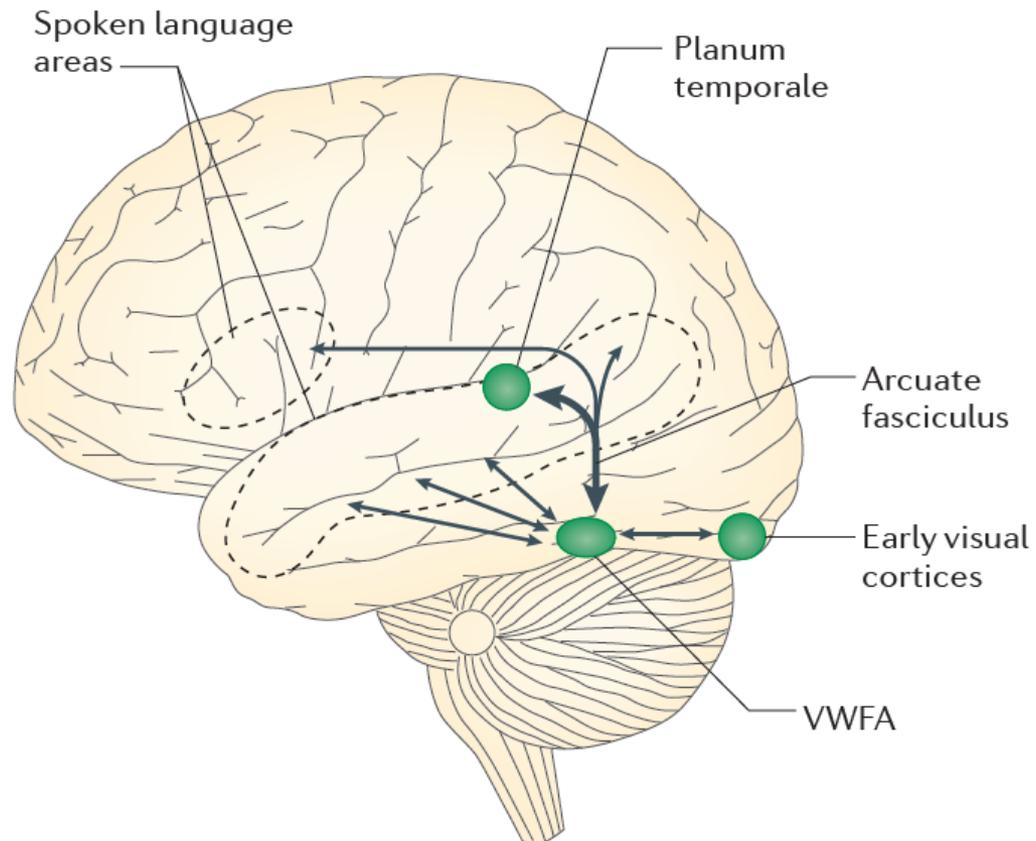
Funzione

**Attività cerebrale
in relazione ad un
task**

Struttura

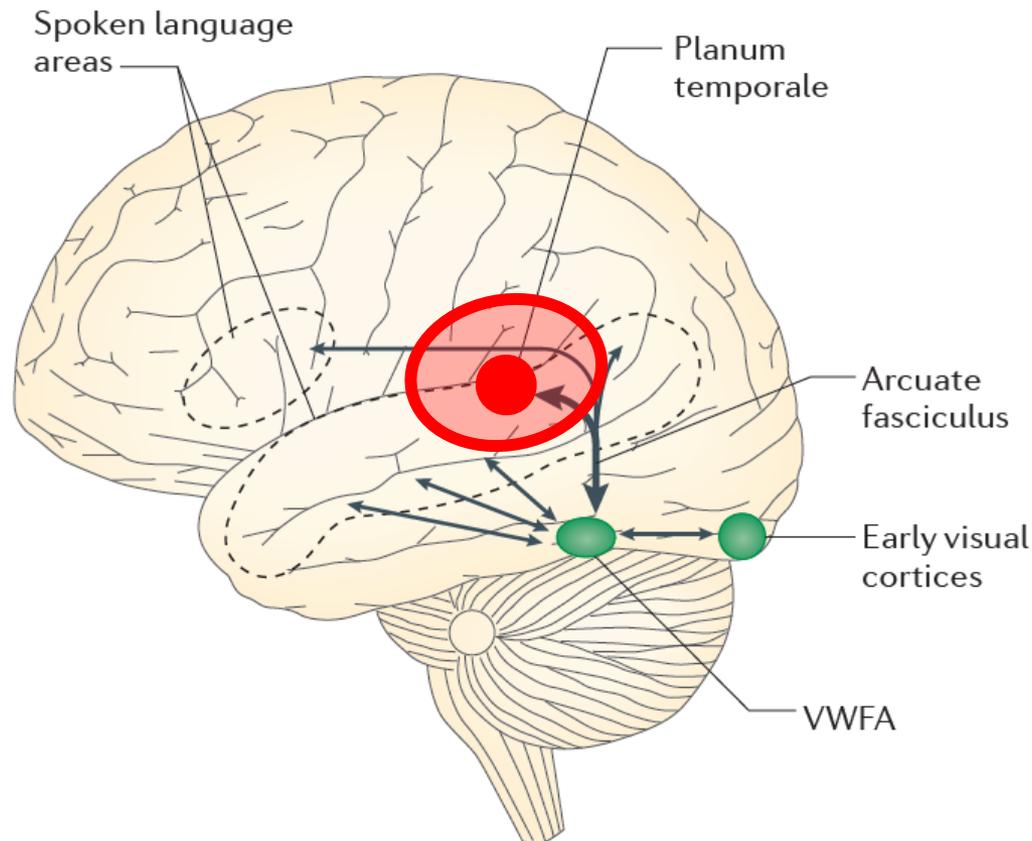
**Organizzazione
della materia
bianca**

Basi neurali



Dehaene, Cohen, Morais, & Kolinsky (2015)

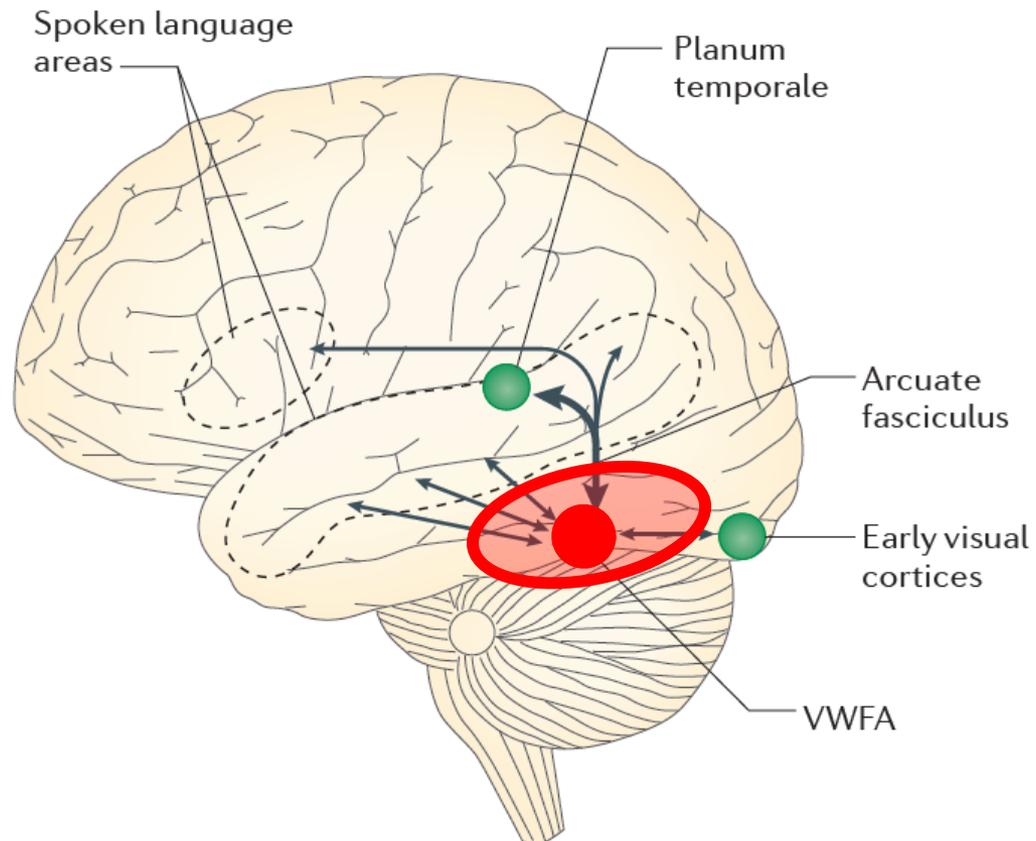
Basi neurali



Elaborazione
sublessicale basata su
processi fonologici

Dehaene, Cohen, Morais, & Kolinsky (2015)

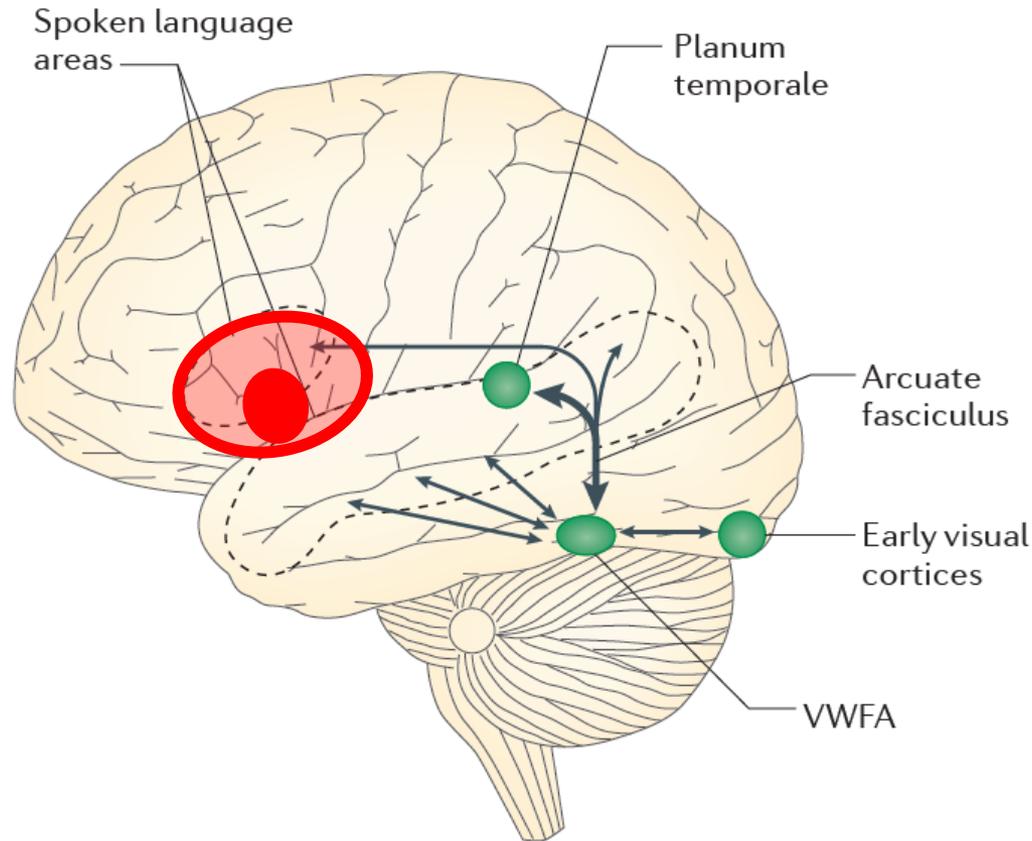
Basi neurali



Tuning selettivo per elaborazione ortografica

Dehaene, Cohen, Morais, & Kolinsky (2015)

Basi neurali

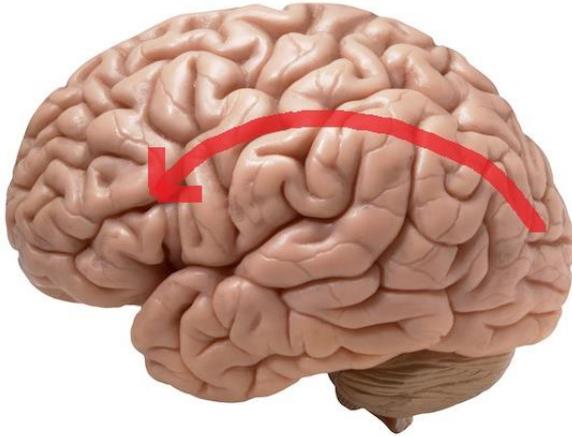


Accesso alle rappresentazioni fonologiche per la produzione

Network collegato alla difficoltà del task

Dehaene, Cohen, Morais, & Kolinsky (2015)

Basi neurali strutturali

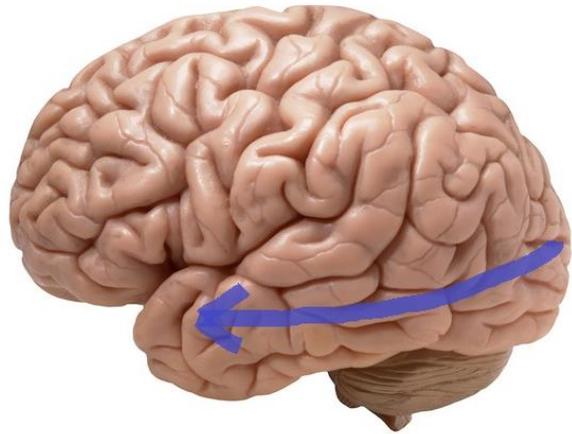


Circuito dorsale

Elaborazione fonologica dell'informazione

Fascicolo arcuato

Fascicolo longitudinale superiore



Circuito ventrale

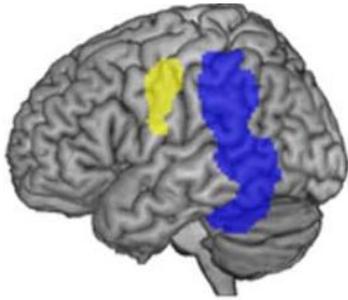
Elaborazione ortografica dell'informazione

Fascicolo longitudinale inferiore

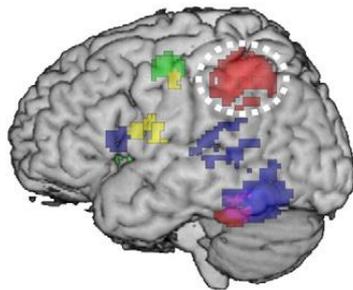
Fascicolo fronto-occipitale inferiore

Alterazioni neurali nella dislessia

Funzione



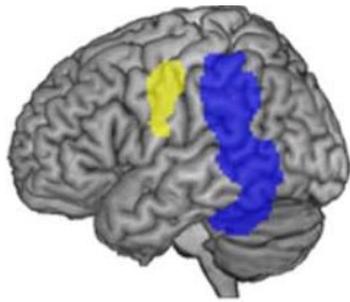
Martin, Kronbichler, & Richlan. (2016)



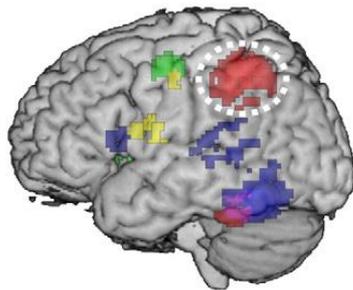
Richlan, Kronbichler, & Wimmer (2011)

Alterazioni neurali nella dislessia

Funzione

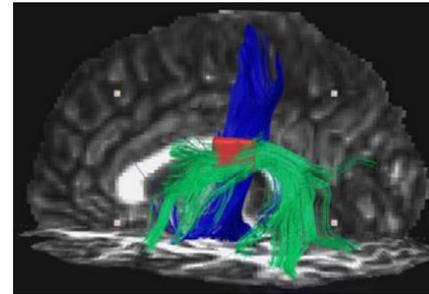


Martin, Kronbichler, & Richlan. (2016)

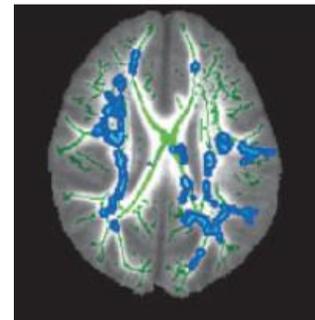


Richlan, Kronbichler, & Wimmer (2011)

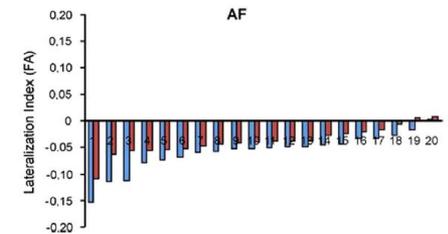
Struttura



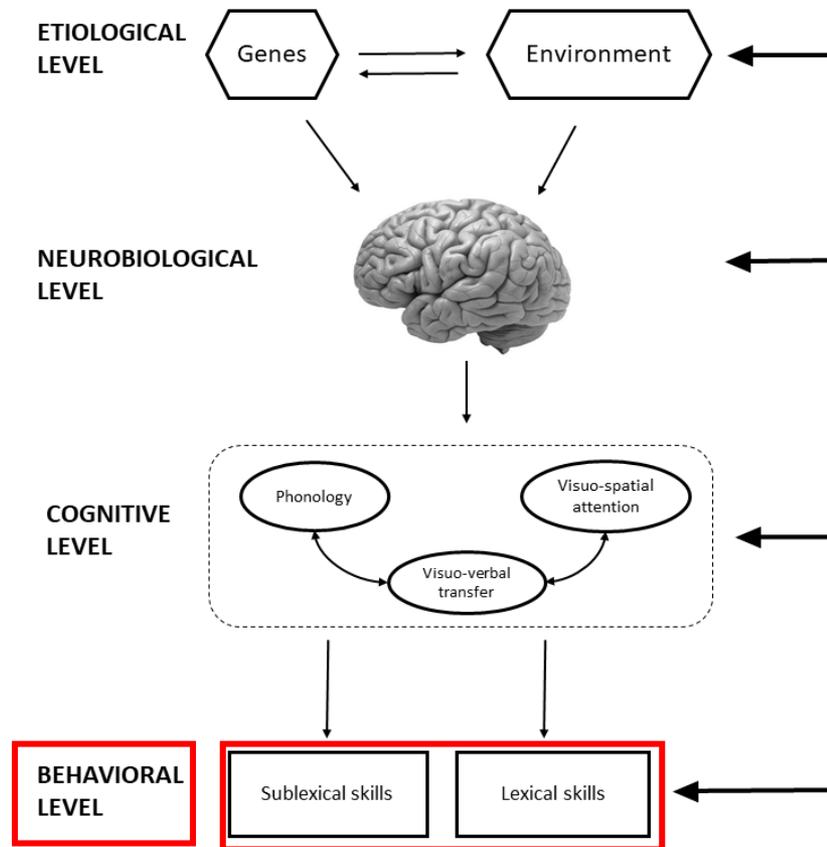
Vandermosten, Boets, Wouters, and Ghesquière (2012)



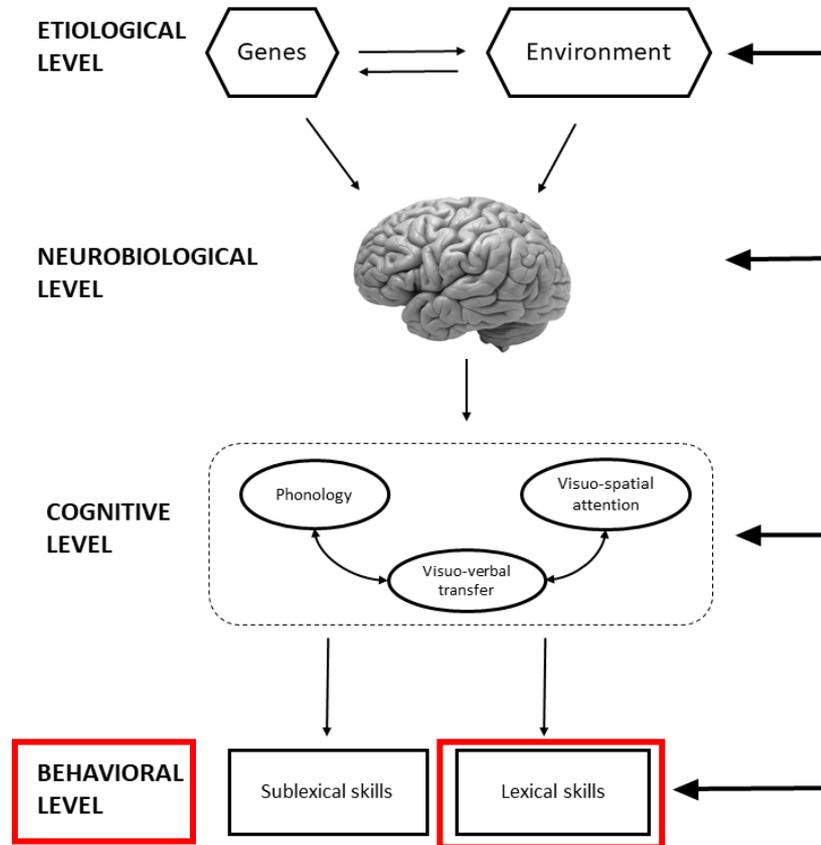
De Moura et al. (2016)



Vandermosten, Poelmans, Sunaert, Ghesquière, and Wouters (2013)

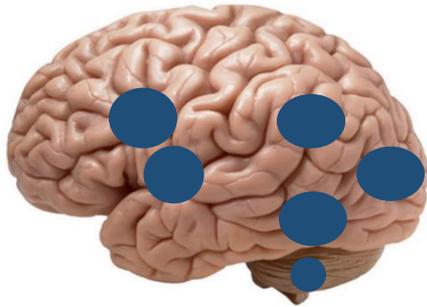


Dislessia = deficit combinato di lettura e scrittura



Deficit isolato di scrittura

Deficit ortografico isolato



Gebauer et al. (2012a, 2012b)
Borowska et al. (2014)
Richards et al. (2009)

Campioni sperimentali piccoli

Ampio range di età

Paradigmi differenti spesso
indiretti

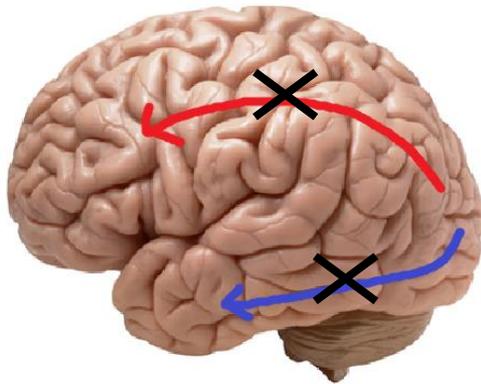
Competenze di lettura non
vengono riportate o i gruppi
differiscono in lettura



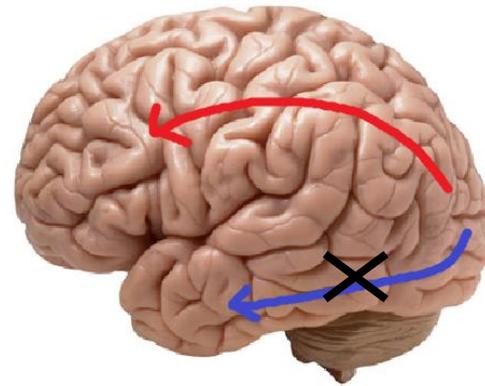


Indagine strutturale: ipotesi

Dislessia
(deficit di lettura e
scrittura)

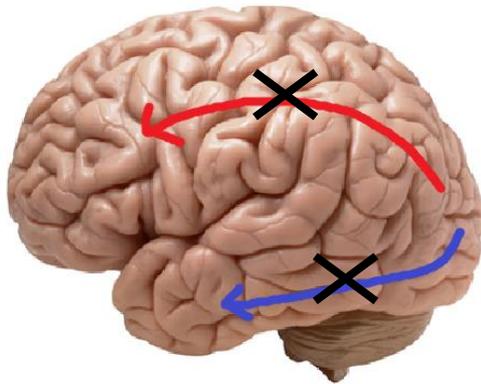


Deficit ortografico
isolato

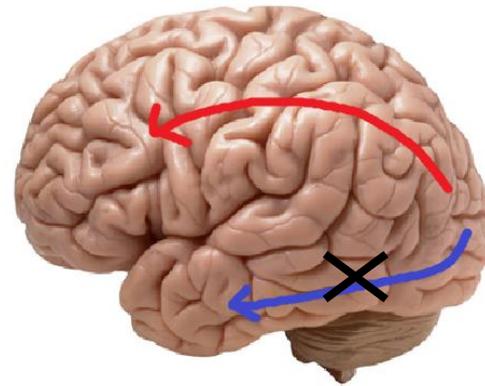


Indagine strutturale: ipotesi

Dislessia
(deficit di lettura e
scrittura)

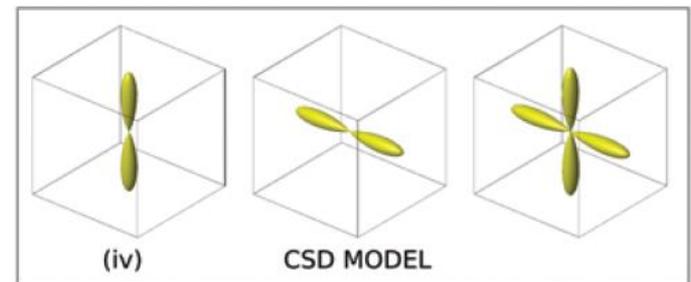
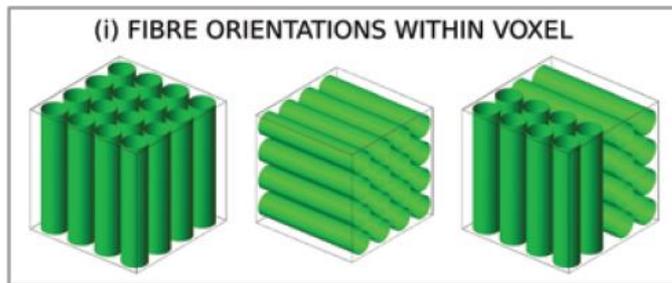
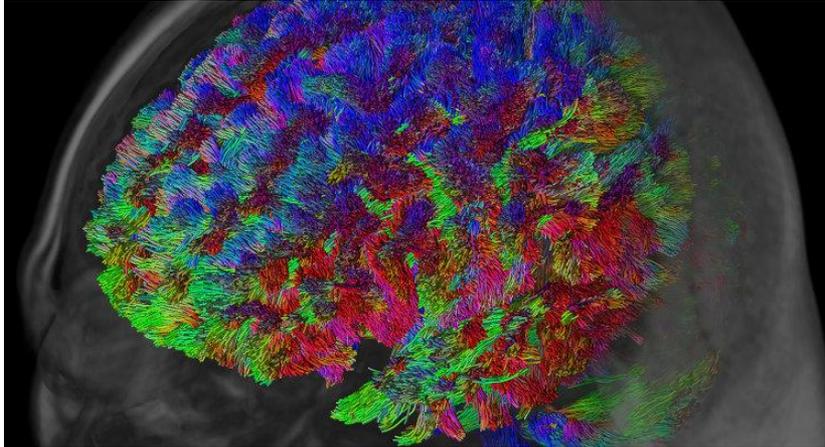


Deficit ortografico
isolato



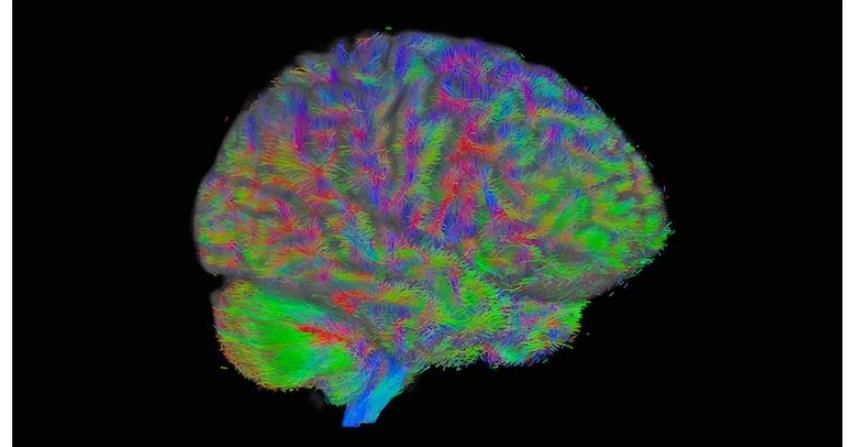
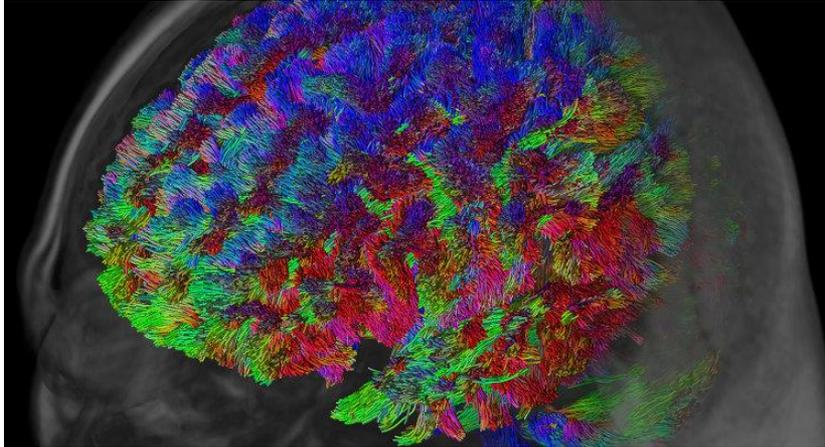
Simmetria strutturale dei fasci di bianca

Analisi di trattografia



Farquharson et al. (2013)

Analisi di trattografia

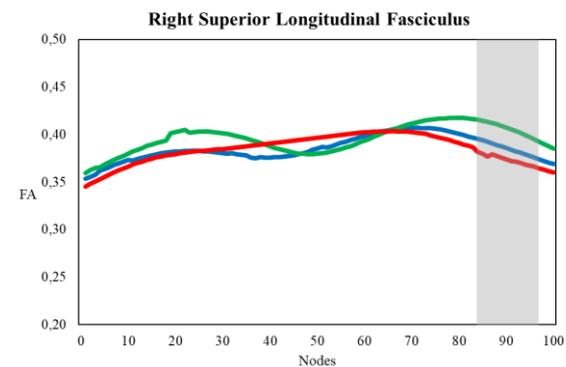
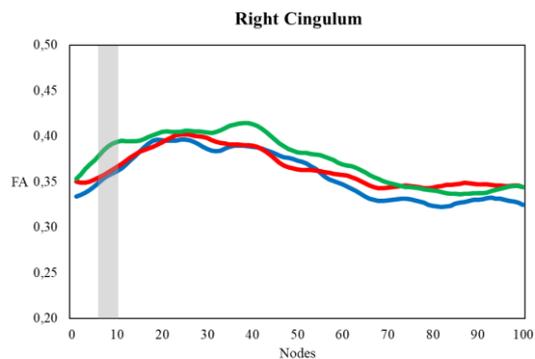
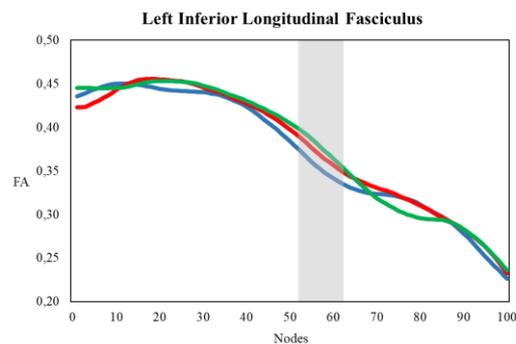
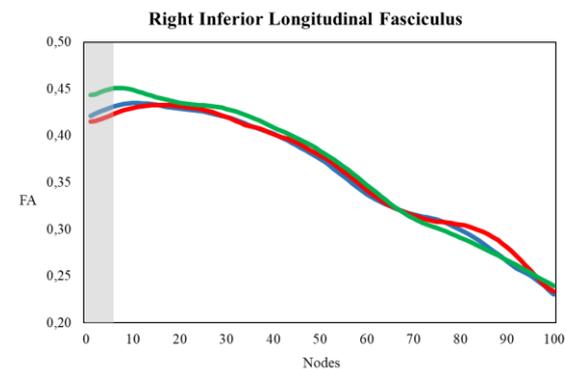
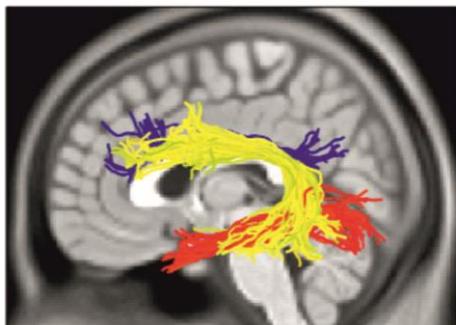


Anisotropia frazionaria (FA) → integrità della materia bianca

Farquharson et al. (2013)

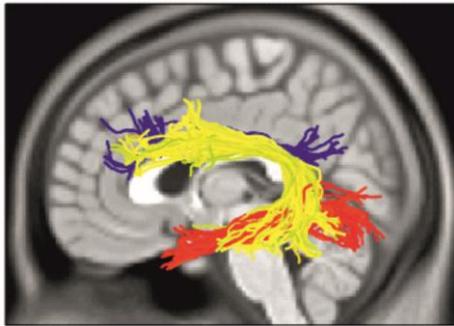
UNIVERSITY OF GRAZ

DISLESSIA

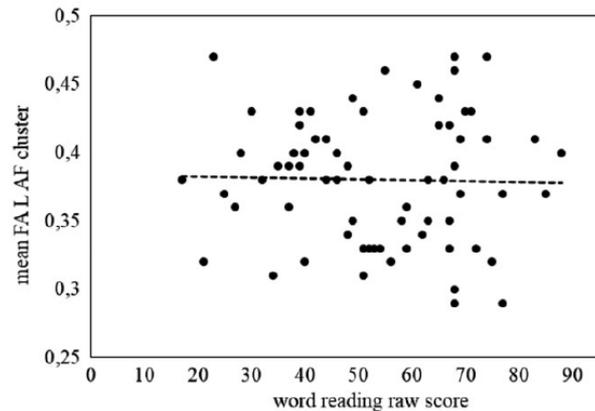
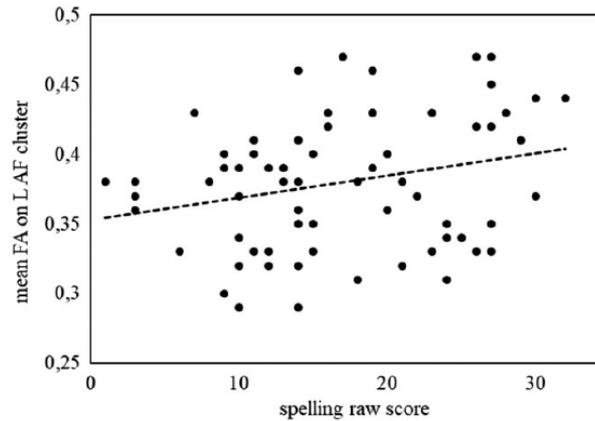
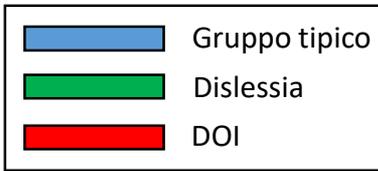
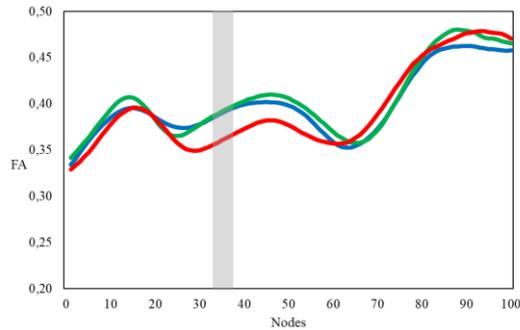


Banfi et al., (2018)

DEFICIT ISOLATO DI SCRITTURA

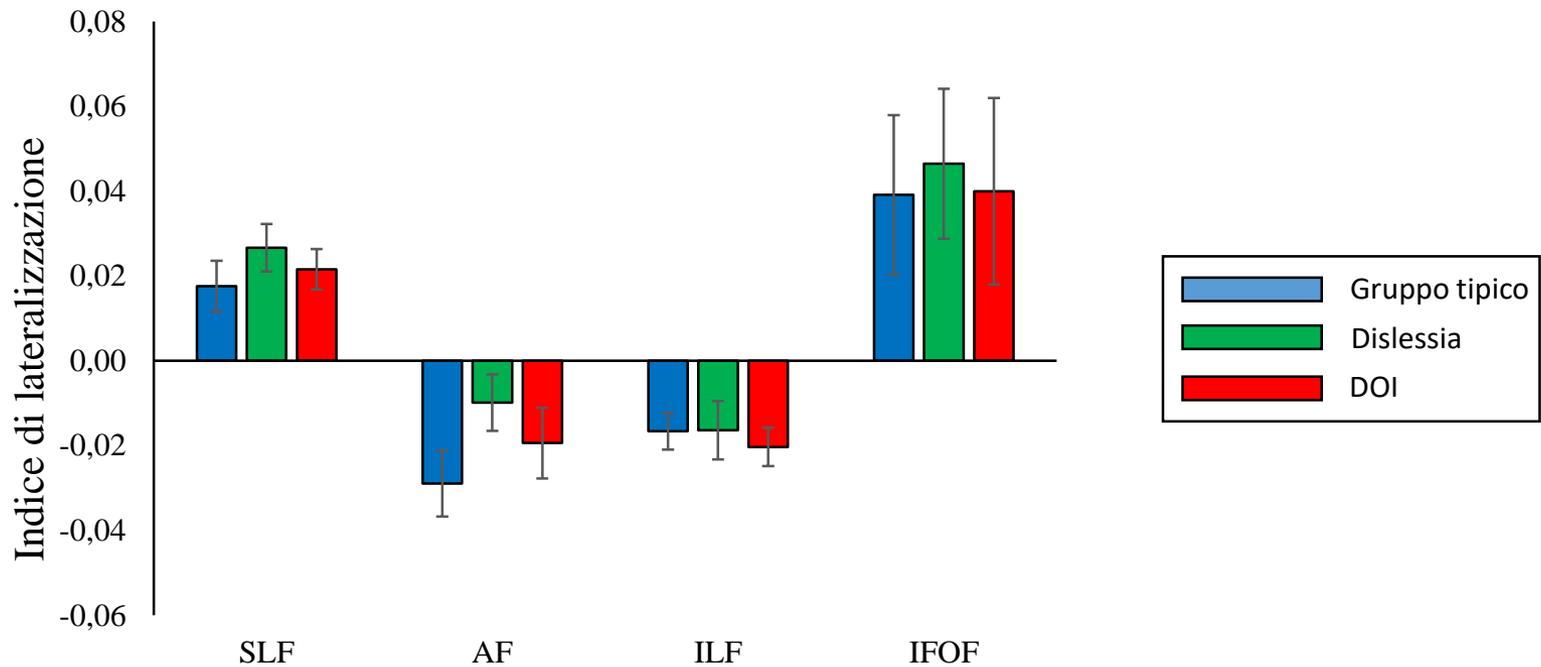


Left Arcuate Fasciculus



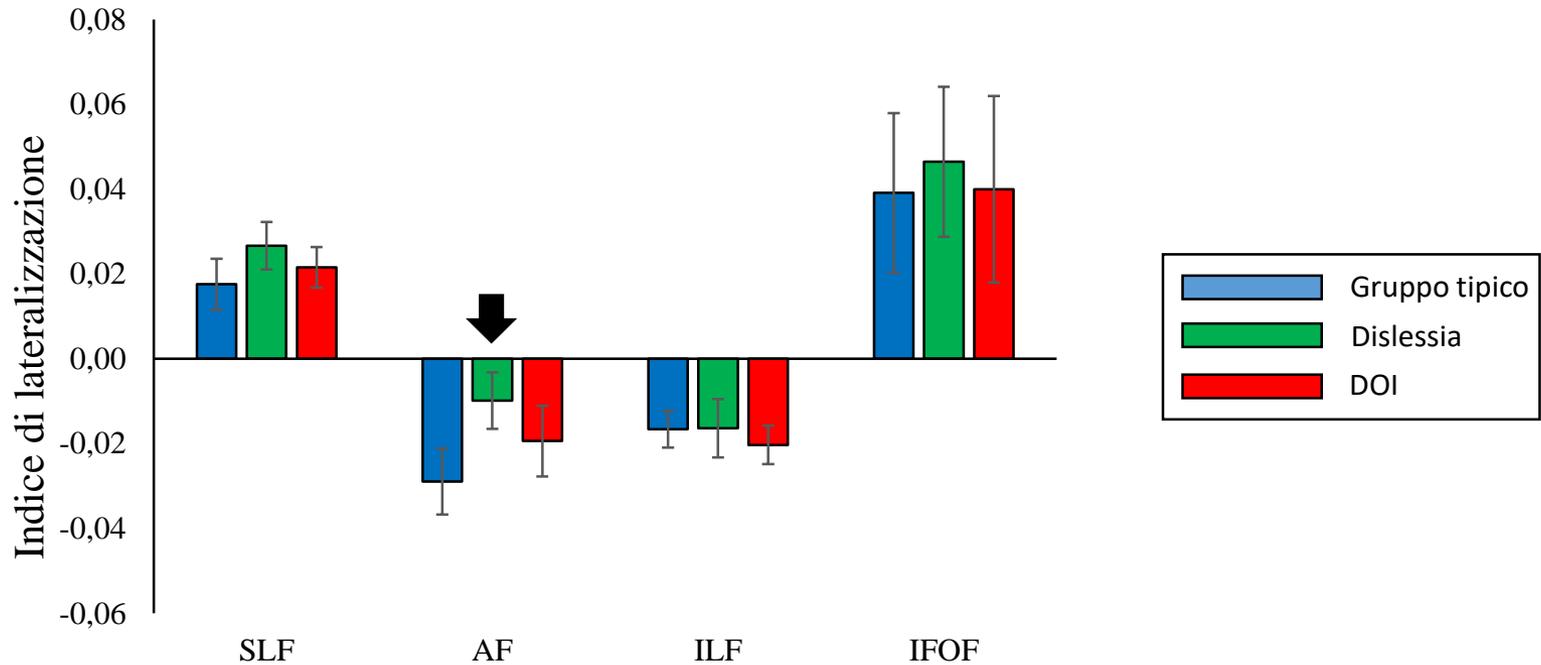
Banfi et al., (2018)

Asimmetria strutturale



Banfi et al., (2018)

Asimmetria strutturale

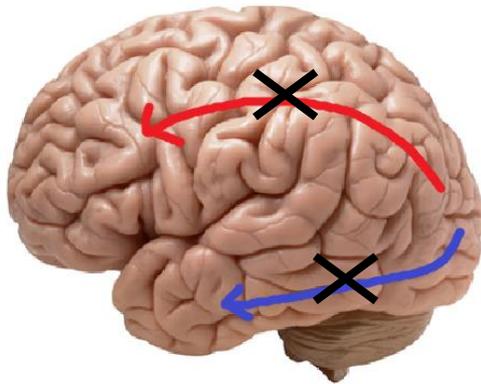


Banfi et al., (2018)

Indagine strutturale: conclusione



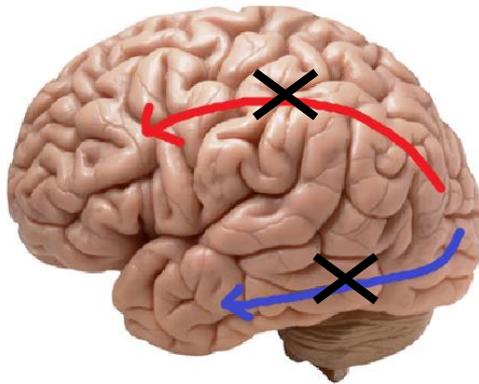
Dislessia



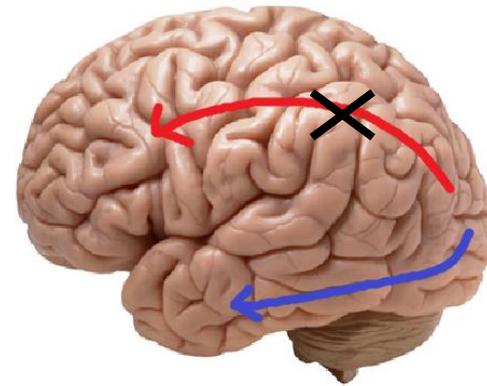
Indagine strutturale: conclusione



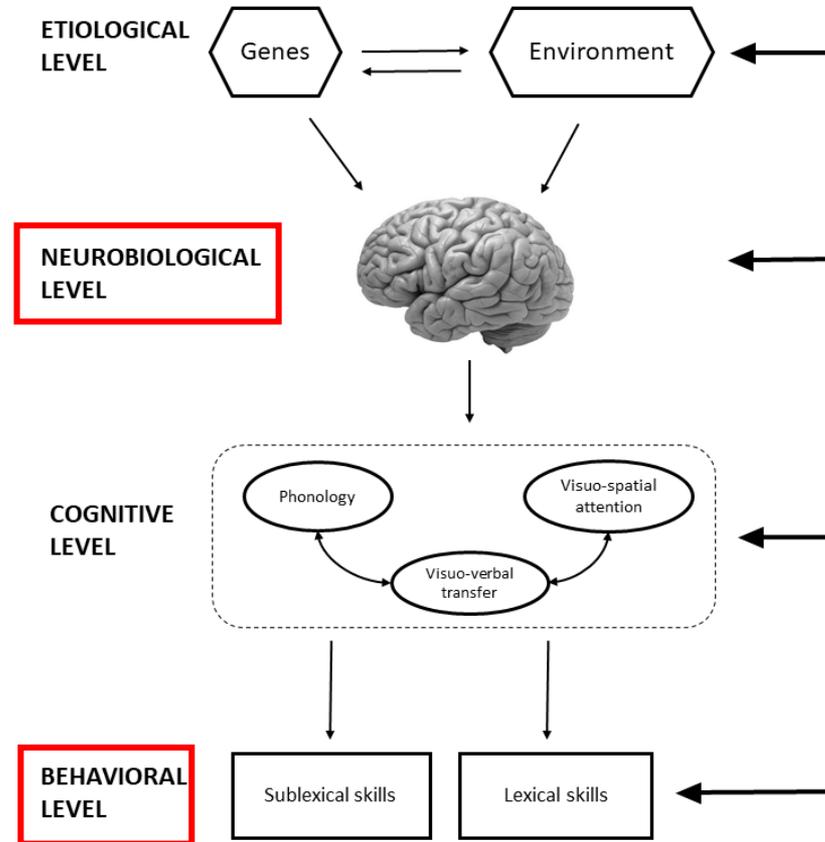
Dislessia



Deficit isolato
di scrittura



Conclusioni



Perché neuroimaging della letto-scrittura?

Perché neuroimaging della letto-scrittura?

Sviluppo
tipico

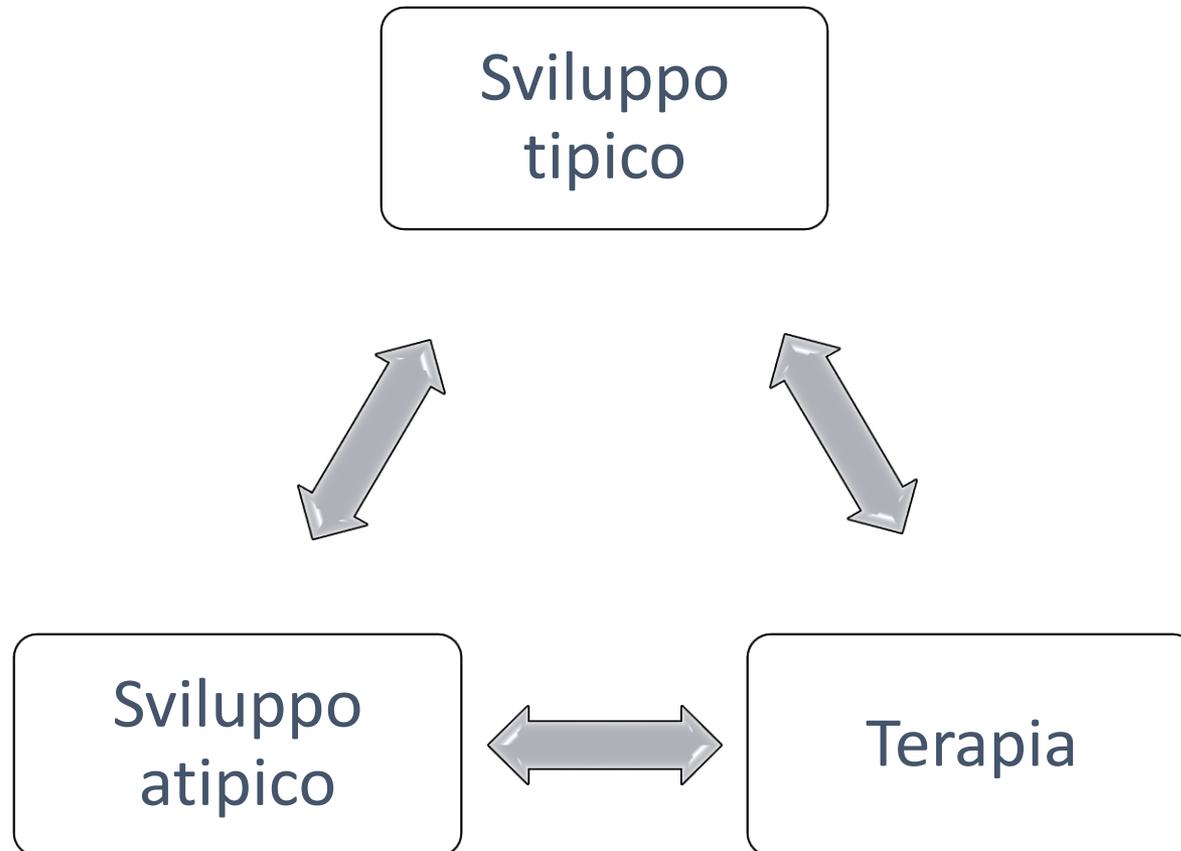
Perché neuroimaging della letto-scrittura?

Sviluppo
tipico

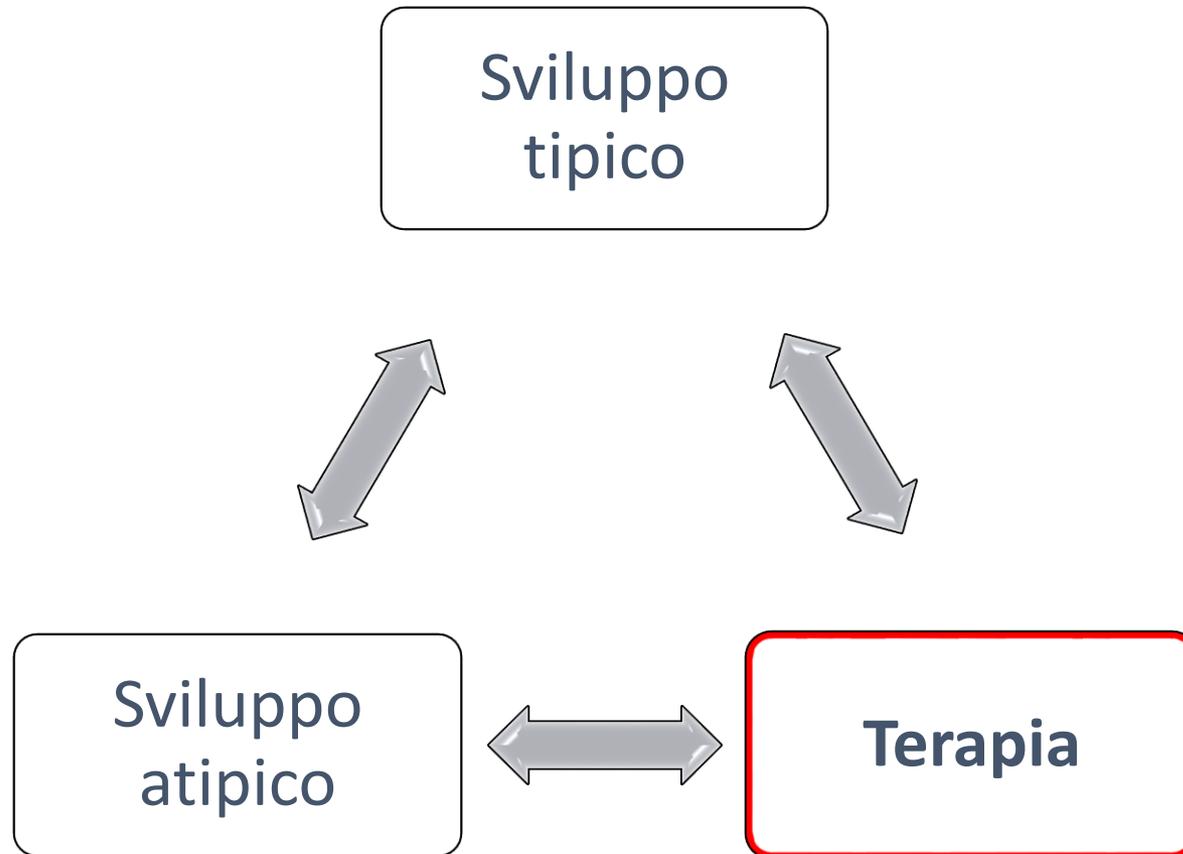


Sviluppo
atipico

Perché neuroimaging della letto-scrittura?

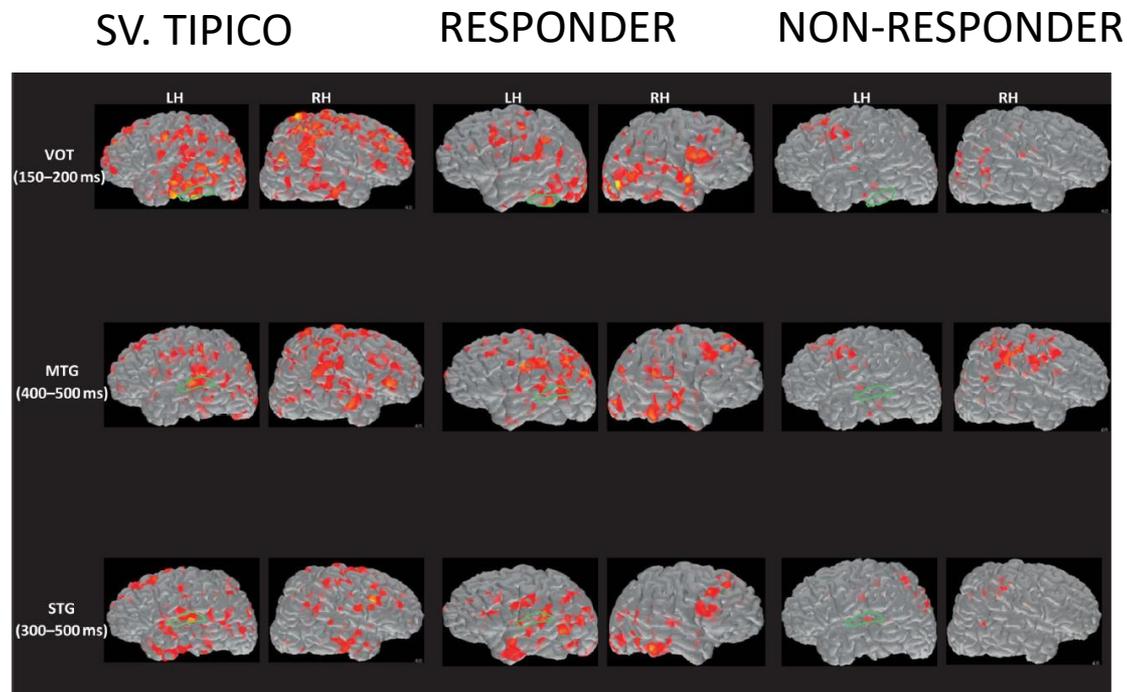


Perché neuroimaging della letto-scrittura?



Perché neuroimaging della terapia della letto-scrittura?

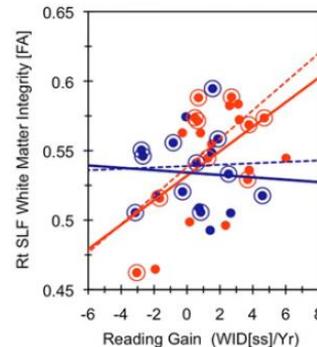
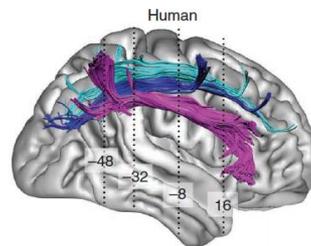
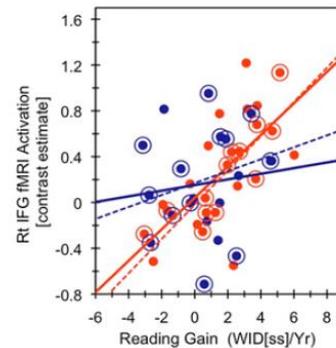
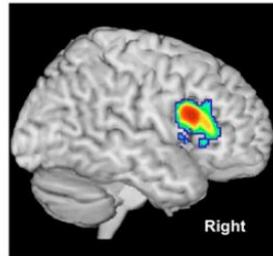
1. Distinzione neurobiologica tra responders vs. Non-responders



Rezaie et al. (2011)

Perché neuroimaging della terapia della letto-scrittura?

2. Quali substrati neurali per la compensazione?

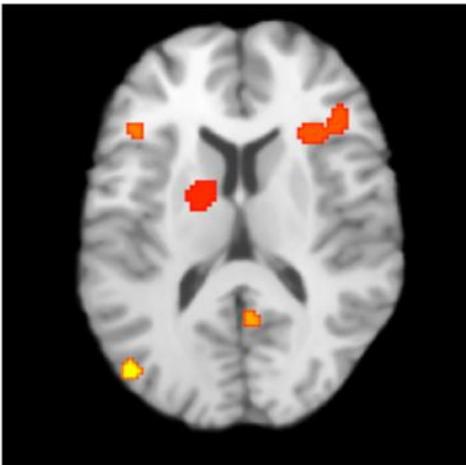


Theibaut de Schotten et al. (2011)

Hoefl et al. (2011)

Perché neuroimaging della terapia della letto-scrittura?

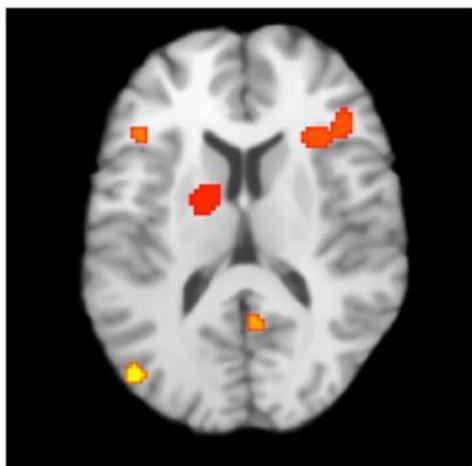
3. Compensazione o „normalizzazione“?



Barquero et al. (2014)

Perché neuroimaging della terapia della letto-scrittura?

3. Compensazione o „normalizzazione“?



Barquero et al. (2014)

Ipotesi: interazione tra risposta all'intervento e neuroplasticità

PD Kristina Moll



Prof. Schulte-Körne



Prof. Karin Landerl
e il gruppo di ricerca a Graz



Prof. Andreas Fink



Dr. Karl Koschutnig



**Grazie per
l'attenzione!**

chiara.banfi@uni-graz.at

References

- Banfi, C., Koschutnig, K., Moll, K., Schulte-Körne, G., Fink, A., & Landerl, K. (2018). White matter alterations and tract lateralization in children with dyslexia and isolated spelling deficits. *Human Brain Mapping*, 1–12. <https://doi.org/10.1002/hbm.24410>
- Barquero, L. A., Davis, N., & Cutting, L. E. (2014). Neuroimaging of reading intervention: A systematic review and activation likelihood estimate meta-analysis. *PLoS ONE*, 9(1), e83668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083668>
- Borowska, Rita, A., Francuz, P., Soluch, P., & Wolak, T. (2014). Brain activation in teenagers with isolated spelling disorder during tasks involving spelling assessment and comparison of pseudowords . fMRI study. *Brain and Development*, 36(9), 786–793. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2013.10.010>
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204.
- de Moura, L. M. De, Cogo-Moreira, H., de Avila, C. R. B., Pan, M. P., Gadelha, A., Moriyama, T., ... Jackowski, A. P. (2016). Children with Poor Reading Skills at the Word Level Show Reduced Fractional Anisotropy in White Matter Tracts of Both Hemispheres. *Brain Connectivity*, 6(7), 519–523. <https://doi.org/10.1089/brain.2016.0430>
- Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J., & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate: Behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience*, 16, 234–244. <https://doi.org/10.1038/nrn3924>
- Frith, U. (1980). Unexpected spelling problems. In U. Frith (Ed.), *Cognitive processes in spelling* (Academic P, pp. 495–515). London, England.
- Gangl, M., Moll, K., Banfi, C., Huber, S., Schulte-Körne, G., & Landerl, K. (2018). Reading strategies of good and poor readers of German with different spelling abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 174, 150–169. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.05.012>
- Gangl, M., Moll, K., Jones, M. W., Banfi, C., Schulte-Körne, G., & Landerl, K. (2018). Lexical reading in dysfluent readers of German. *Scientific Studies of Reading*, 22(1), 24–40. <https://doi.org/10.1080/10888438.2017.1339709>
- Gebauer, D., Enzinger, C., Kronbichler, M., Schurz, M., Reishofer, G., Koschutnig, K., ... Fink, A. (2012). Distinct patterns of brain function in children with isolated spelling impairment: New insights. *Neuropsychologia*, 50(7), 1353–1361. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.02.020>

References

- Gebauer, D., Fink, A., Filippini, N., Johansen-Berg, H., Reishofer, G., Koschutnig, K., ... Enzinger, C. (2012). Differences in integrity of white matter and changes with training in spelling impaired children: a diffusion tensor imaging study. *Brain Struct Funct*, *217*(3), 747–760. <https://doi.org/10.1007/s00429-011-0371-4>.Differences
- Hawelka, S., Gagl, B., & Wimmer, H. (2010). A dual-route perspective on eye movements of dyslexic readers. *Cognition*, *115*(3), 367–379. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.11.004>.A
- Hoeft, F., Mccandliss, B. D., Black, J. M., Gantman, A., Zakerani, N., & Hulme, C. (2011). Neural systems predicting long-term outcome in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(1), 361–366. <https://doi.org/10.1073/pnas.1008950108>
- Landerl, K., & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology*, *100*(1), 150–161. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.1.150>
- Moll, K., & Landerl, K. (2009). Double dissociation between reading and spelling deficits. *Scientific Studies of Reading*, *13*(5), 359–382. <https://doi.org/10.1080/10888430903162878>
- Rezaie, R., Simos, P. G., Fletcher, J. M., Cirino, P. T., Vaughn, S., & Papanicolau, A. C. (2011). Engagement of temporal lobe regions predicts response to educational interventions in adolescent struggling readers. *Dev Neuropsychol.*, *36*(7), 869–888. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Richards, T. L., Berninger, V. W., & Fayol, M. (2009). fMRI activation differences between 11-year-old good and poor spellers' access in working memory to temporary and long-term orthographic representations. *Journal of Neurolinguistics*, *22*(4), 327–353. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2008.11.002>
- Vandermosten, M., Boets, B., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A qualitative and quantitative review of diffusion tensor imaging studies in reading and dyslexia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*(6), 1532–1552. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.04.002>
- Vandermosten, M., Poelmans, H., Sunaert, S., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2013). White matter lateralization and interhemispheric coherence to auditory modulations in normal reading and dyslexic adults. *Neuropsychologia*, *51*(11), 2087–2099. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.07.008>
- Wimmer, H., & Mayringer, H. (2002). Dysfluent reading in the absence of spelling difficulties: A specific disability in regular orthographies. *Journal of Educational Psychology*, *94*(2), 272–277. <https://doi.org/10.1037//0022-0663.94.2.272>