

刘勇，博士，研究员，博士生导师。主要研究兴趣为脑网络及其临床应用。

所有的工作都以脑网络为核心，以脑网络在重大神经精神疾病中的应用为导向展开研究。到目前为止，以共同通讯作者发表 SCI 论文 13 篇、第一作者(共同第一作者)发表 SCI 论文 16 篇，包括 Brain (IF: 10.292, 2 篇), Cerebral Cortex (IF: 6.559, 2 篇), Neuroimage (IF: 5.835, 2 篇), IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing (IF: 5.301); 其它作者发表 SCI 论文 40 余篇。到目前为止论文被 SCI 他引 2565 次，8 篇单篇 SCI 引用超 100 次，单篇最高 SCI 引用 514 次，H-index = 29。2 篇

(Brain, 2008(第一作者); PLoS Computational Biology, 2009 (共同第一作者)) 为 ESI 高引用论文。引文具有广泛性和权威性，施引刊物包括 Nature Reviews Neuroscience, Neuron, PNAS 等，施引者包括美国科学院院士 B. Wandell 教授、M. Raichle 教授、加拿大皇家科学院院士 A. Evans 等发达国家院士为代表的来自国内外 100 多所著名大学、研究机构的近 1000 位研究者。



- Email: yliu@nlpr.ia.ac.cn or yong.liu@ia.ac.cn
- Telephone: 86-10-8254 4768 Fax: 86-10-8254 4777
- ResearchID: <http://www.researcherid.com/rid/F-2682-2011>
- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1862-3121>
- ScoPus ID: [55742196400](https://scopus.com/authorid/55742196400)

教育经历

- 1998 年 9 月至 2002 年 7 月，曲阜师范大学数学系 学士
- 2002 年 9 月至 2005 年 7 月，北京工业大学应用数理学院 硕士
- 2005 年 9 月至 2008 年 7 月，中国科学院自动化研究所模式识别国家重点实验室 博士

工作经历

- 2008 年 7 月至 2011 年 9 月，中国科学院自动化研究所，模式识别国家重点实验室，助理研究员
- 2011 年 10 月至 2014 年 3 月，中国科学院自动化研究所，模式识别国家重点实验室，副研究员
- 2011 年 4 月至 2012 年 3 月，剑桥大学，Brain Mapping Unit，访问学者
- 2014 年 4 月至 2016 年 9 月，中国科学院自动化研究所，模式识别国家重点实验室，项目研究员
- 2016 年 10 月至今，中国科学院自动化研究所，模式识别国家重点实验室，研究员
- 2017 年 10 月至今，中国科学院大学，人工智能学院，岗位教授

研究项目

项目类别	项目名称 (批准号)	起止时间	经费 (万元)	项目 状态	本人 角色
国家重点研发计划重点专项	遗传和环境因素交互作用下神经环路的沉默与早期 AD 发病(2016YFC1305904)	2016.9-2020.12	150	在研	主持
国家自然科学基金面上项目	基于多中心多模态磁共振影像的阿尔茨海默病及高危人群的情景记忆脑网络表征研究 (81571062)	2016.1-2019.12	68.4	在研	主持
国家自然科学基金面上项目	盲人视皮层跨模态感觉重组的脑网络表征研究 (81270020)	2013.1-2016.12	70	结题	主持
北京市自然科学基金	基于磁共振影像早期识别阿尔茨海默病的原型辅助系统研究(7152096)	2015.1-2017.12	17	结题	主持
北京市科学技术委员会	北京市科技新星	2015.1-2017.12	10	结题	主持
中国科学院	中国科学院青年促进会专项	2014.1-2017.12	40	结题	主持
国家自然科学基金青年基金	盲人脑网络可塑性的磁共振影像研究 (30900476)	2010.1-2012.12	24	结题	主持
中国科学院	中国科学院优秀博士论文启动基金	2010.6-2012.6	20	结题	主持
中国科学院	中国科学院院长奖启动基金	2009.6-2010.6	10	结题	主持
国家自然科学基金国际合作项目	医学影像计算与计算机辅助干预国际会议 (81010308014)	2010.8-2010.12	8	结题	主持
国家自然科学基金重点项目子项	轻度认知损害及阿尔茨海默病的多模态脑影像研究和早期诊断系统 (60831004)	2009.1-2012.12	总 180 承担 72	结题	主持

研究论文

期刊论文（通讯作者/共同通讯，*表示通讯作者）

- [1] Zhan, Y., Ma, J.* , Alexander-Bloch, A., Xu, K., Cui, Y., Feng, J.F., T., J., Liu, Y.*, and ADNI, Longitudinal study of impaired intra- and inter-network brain connectivity in subjects at high risk for Alzheimer's disease. J Alzheimers Dis. 52(3):913-27. 2016.
- [2] Zhan, Y. F., Yao, H. X., Wang, P., Zhou, B., Zhang, Z. Q., Guo, Y. E., An, N. Y., Ma, J. H., Zhang, X*., Liu, Y* Network-Based Statistic Show Aberrant Functional Connectivity in Alzheimer's Disease. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 10:1182-1188, 2016.
- [3] Liu, J., Zhang, X*., Yu, C., Duan, Y., Zhuo, J., Cui, Y., Liu, B., Li, K., Jiang, T., and Liu, Y.*, Impaired Parahippocampus Connectivity in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease. J Alzheimers Dis. 49(4): 1051-1064. 2015.
- [4] Yang, S. Q., Xu, Z. P., Xiong, Y., Zhan, Y. F., Guo, L. Y., Zhang, S., Jiang, R. F., Yao, Y. H., Qin, Y. Y., Wang, J. Z*., Liu, Y*, Zhu, W. Z*. Altered Intranetwork and Internetwork Functional Connectivity in Type 2 Diabetes Mellitus With and Without Cognitive Impairment. Sci Rep, 6:32980, 2016.
- [5] Chen, J., Shu, H., Wang, Z., Zhan, Y., Liu, D., Liao, W., Xu, L., Liu, Y*., Zhang, Z*. Convergent and divergent intranetwork and internetwork connectivity patterns in patients with remitted late-life depression and amnesic mild cognitive impairment. Cortex, 83:194-211, 2016.
- [6] Wang, P., Zhou, B., Yao, H., Zhan, Y., Zhang, Z., Cui, Y., Xu, K., Ma, J., Wang, L., An, N., Zhang, X*., Liu, Y.*, and Jiang, T., Aberrant intra- and inter-network connectivity architectures in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. Sci Rep. 5: 14824. 2015.
- [7] Zhou, B., Yao, H., Wang, P., Zhang, Z., Zhan, Y., Ma, J., Xu, K., Wang, L., An, N., Liu, Y.*, and Zhang, X*., Aberrant Functional Connectivity Architecture in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment: A Whole-Brain, Data-Driven Analysis. BioMed Research International. 2015: 9. 2015.
- [8] Zhang, Z., Liu, Y*., Zhou, B., Zheng, J., Yao, H., An, N., Wang, P., Guo, Y., Dai, H., Wang, L., Shu, S., Zhang, X. *, Jiang, T.* , Altered functional connectivity of the marginal division in Alzheimer's disease. Curr Alzheimer Res 11, 145-155. 2014.
- [9] Yao, H., Zhou, B., Zhang, Z., Wang, P., Guo, Y., Shang, Y., Wang, L., Zhang, X. *, An, N. *, Liu, Y.*, Alzheimer's Disease Neuroimaging, I., Longitudinal alteration of amygdalar functional connectivity in mild cognitive impairment subjects revealed by resting-state fMRI. Brain Connect 4, 361-370. 2014.

- [10] Guo, Y., Zhang, Z., Zhou, B., Wang, P., Yao, H., Yuan, M., An, N., Dai, H., Wang, L., Zhang, X. *, Liu, Y. *, Grey-matter volume as a potential feature for the classification of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: an exploratory study. *Neurosci Bull* 30, 477-489. 2014.
- [11] Zhou, B., Liu, Y. *, Zhang, Z., An, N., Yao, H., Wang, P., Wang, L., Zhang, X. *, Jiang, T. , Impaired functional connectivity of the thalamus in alzheimer' s disease and mild cognitive impairment: a resting-state FMRI study. *Curr Alzheimer Res* 10, 754-766. 2013.
- [12] Yao, H., Liu, Y. *, Zhou, B., Zhang, Z., An, N., Wang, P., Wang, L., Zhang, X. *, Jiang, T., Decreased functional connectivity of the amygdala in Alzheimer's disease revealed by resting-state fMRI. *Eur J Radiol* 82, 1531-1538. 2013.
- [13] Ding, K., Liu, Y. *, Yan, X., Lin, X. *, Jiang, T. *, Altered Functional Connectivity of the Primary Visual Cortex in Subjects with Amblyopia. *Neural Plast* 2013, 612086. 2013.
- [14] Lin, X. *, Ding, K., Liu, Y. *, Yan, X., Song, S., Jiang, T. *, Altered spontaneous activity in anisometric amblyopia subjects: revealed by resting-state FMRI. *PLoS ONE* 7, e43373. 2012.

期刊论文（第一/共同第一，*表示通讯作者）

- [15] Liu, Y., Yu, C., Zhang, X., Liu, J., Duan, Y., Alexander-Bloch, A.F., Liu, B., Jiang, T. *, Bullmore, E., Impaired long distance functional connectivity and weighted network architecture in Alzheimer's disease. *Cereb Cortex* 24, 1422-1435. 2014.
- [16] Wang, D., Qin, W., Liu, Y., Zhang, Y., Jiang, T., Yu, C. *, Altered resting-state network connectivity in congenital blind. *Hum Brain Mapp* 35, 2573-2581. 2014. (共同第一作者)
- [17] He, X., Qin, W., Liu, Y., Zhang, X., Duan, Y., Song, J., Li, K., Jiang, T., Yu, C. *, Abnormal salience network in normal aging and in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Hum Brain Mapp* 35, 3446-3464. 2014. (共同第一作者)
- [18] Qin, W., Liu, Y., Jiang, T., Yu, C. *, The development of visual areas depends differently on visual experience. *PLoS ONE* 8, e53784. 2013. (共同第一作者)
- [19] Li, J., Liu, Y., Qin, W., Jiang, J., Qiu, Z., Xu, J., Yu, C., Jiang, T. *, Age of onset of blindness affects brain anatomical networks constructed using diffusion tensor tractography. *Cereb Cortex* 23, 542-551. 2013. (共同第一作者)
- [20] He, X., Qin, W., Liu, Y. *, Zhang, X., Duan, Y., Song, J., Li, K., Jiang, T., Yu, C. *, Age-related decrease in functional connectivity of the right fronto-insular cortex with the central executive and default-mode networks in adults from young to middle age. *Neurosci Lett* 544, 74-79. 2013. (共同第一作者)

- [21] Zhao, X., Liu, Y., Wang, X., Liu, B., Xi, Q., Guo, Q., Jiang, H., Jiang, T. *, Wang, P. *, Disrupted small-world brain networks in moderate Alzheimer's disease: a resting-state fMRI study. PLoS ONE 7, e33540. 2012. (共同第一作者)
- [22] Zhang, Z., Liu, Y., Jiang, T., Zhou, B., An, N., Dai, H., Wang, P., Niu, Y., Wang, L. *, Zhang, X. *, Altered spontaneous activity in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment revealed by Regional Homogeneity. Neuroimage 59, 1429-1440. 2012. (共同第一作者)
- [23] Yu, C. *, Zhou, Y., Liu, Y., Jiang, T., Dong, H., Zhang, Y., Walter, M., Functional segregation of the human cingulate cortex is confirmed by functional connectivity based neuroanatomical parcellation. Neuroimage 54, 2571-2581. 2011. (共同第一作者)
- [24] Liu, C., Liu, Y., Li, W., Wang, D., Jiang, T., Zhang, Y., Yu, C. *, Increased regional homogeneity of blood oxygen level-dependent signals in occipital cortex of early blind individuals. Neuroreport 22, 190-194. 2011. (共同第一作者)
- [25] Shu, N., Liu, Y., Li, J., Li, Y., Yu, C., Jiang, T., Altered anatomical network in early blindness revealed by diffusion tensor tractography. PLoS ONE 4, e7228. 2009. (共同第一作者)
- [26] Li, Y., Liu, Y., Li, J., Qin, W., Li, K., Yu, C., Jiang, T., Brain anatomical network and intelligence. PLoS Comput Biol 5, e1000395. 2009. (ESI 高引用论文)
- [27] Liu, Y., Liang, M., Zhou, Y., He, Y., Hao, Y., Song, M., Yu, C., Liu, H., Liu, Z., and Jiang, T., Disrupted small-world networks in schizophrenia. Brain. 131(Pt 4): 945-961. 2008. (ESI 高引用论文)
- [28] Liu, Y., Wang, K., Yu, C., He, Y., Zhou, Y., Liang, M., Wang, L., and Jiang, T., Regional homogeneity, functional connectivity and imaging markers of Alzheimer's disease: a review of resting-state fMRI studies. Neuropsychologia. 46(6): 1648-1656. 2008. (特邀综述)
- [29] Yu, C., Liu, Y., Li, J., Zhou, Y., Wang, K., Tian, L., Qin, W., Jiang, T., and Li, K., Altered functional connectivity of primary visual cortex in early blindness. Hum Brain Mapp. 29(5): 533-543. 2008. (共同第一作者)
- [30] Liu, Y., Yu, C., Liang, M., Li, J., Tian, L., Zhou, Y., Qin, W., Li, K., and Jiang, T., Whole brain functional connectivity in the early blind. Brain. 130(Pt 8): 2085-2096. 2007.

期刊论文（合作作者，*表示通讯作者）

- [31] Ma, G., Yang, D., Qin, W., Liu, Y., Jiang, T., Yu, C. Enhanced Functional Coupling of Hippocampal Subregions in Congenitally and Late Blind Subjects. Front Neurosci, 10:612, 2017.

- [32] Zhuo, J., Fan, L., Liu, Y., Zhang, Y, Yu, C., Jiang, T*. Connectivity Profiles Reveal a Transition Subarea in the Parahippocampal Region That Integrates the Anterior Temporal-Posterior Medial Systems. *J Neurosci* 36, 2782-2795. 2016
- [33] Shi, F., Liu, Y., Li, S., Li, X., Walter, M. Brain Network Architecture and Plasticity: MR Neuroimaging Perspectives. *Neural Plast*, 2016:6952169, 2016.
- [34] Fan, X., Wang, Y., Wang, K., Liu, S., Liu, Y., Ma, J., Li, S., Jiang, T*. Anatomical specificity of vascular endothelial growth factor expression in glioblastomas: a voxel-based mapping analysis. *Neuroradiology*, 58:69-75, 2016.
- [35] Fan, X., Wang, Y., Liu, Y., Liu, X., Zhang, C., Wang, L., Li, S., Ma, J., Jiang, T. Brain regions associated with telomerase reverse transcriptase promoter mutations in primary glioblastomas. *J Neurooncol*, 128:455-462, 2016.
- [36] Wang, P., Wing, Y. K., Xing, J., Liu, Y., Zhou, B., Zhang, Z., Yao, H., Guo, Y., Shang, Y., Zhang, X. Rapid eye movement sleep behavior disorder in patients with probable Alzheimer's disease. *Aging Clin Exp Res*, 28:951-957, 2016.
- [37] Jiang, A., Tian, J., Li, R., Liu, Y., Jiang, T., Qin, W., and Yu, C*., Alterations of Regional Spontaneous Brain Activity and Gray Matter Volume in the Blind. *Neural Plast*. 2015: 141950. 2015.
- [38] Wang, W.Y., Yu, J.T., Liu, Y., Yin, R.H., Wang, H.F., Wang, J., Tan, L., Radua, J., and Tan, L. *, Voxel-based meta-analysis of grey matter changes in Alzheimer's disease. *Transl Neurodegener*. 4: 6. 2015.
- [39] Chu, C., Fan, L., Eickhoff, C.R., Liu, Y., Yang, Y., Eickhoff, S.B., and Jiang, T. *, Co-activation Probability Estimation (CoPE): An approach for modeling functional co-activation architecture based on neuroimaging coordinates. *Neuroimage*. 117: 397-407. 2015.
- [40] Li, Q., Song, M., Fan, L., Liu, Y., and Jiang, T. *, Parcellation of the primary cerebral cortices based on local connectivity profiles. *Front Neuroanat*. 9: 50. 2015.
- [41] Wang, P., Wing, Y.K., Xing, J., Liu, Y., Zhou, B., Zhang, Z., Yao, H., Guo, Y., Shang, Y., and Zhang, X. *, Rapid eye movement sleep behavior disorder in patients with probable Alzheimer's disease. *Aging Clin Exp Res*. 2015.
- [42] Wang, J., Yang, Y., Fan, L., Xu, J., Li, C., Liu, Y., Fox, P.T., Eickhoff, S.B., Yu, C., and Jiang, T., Convergent functional architecture of the superior parietal lobule unraveled with multimodal neuroimaging approaches. *Hum Brain Mapp*. 36(1): 238-257. 2015.
- [43] Qin, W., Xuan, Y., Liu, Y., Jiang, T., Yu, C. *, Functional Connectivity Density in Congenitally and Late Blind Subjects. *Cereb Cortex*. 25(9): 2507-2516. 2015.

- [44] Yin, R.H., Tan, L., **Liu, Y.**, Wang, W.Y., Wang, H.F., Jiang, T., Zhang, Y., Gao, J., Canu, E., Migliaccio, R., Filippi, M., Gorno-Tempini, M.L., and Yu, J.T*., Multimodal Voxel-Based Meta-Analysis of White Matter Abnormalities in Alzheimer's Disease. *J Alzheimers Dis.* 47(2): 495-507. 2015.
- [45] Wang, P., Zhang, X., **Liu, Y.**, Liu, S., Zhou, B., Zhang, Z., Yao, H., Zhang, X. *, Jiang, T. *, Perceptual and response interference in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Clin Neurophysiol* 124, 2389-2396. 2013.
- [46] Wang, D., Qin, W., **Liu, Y.**, Zhang, Y., Jiang, T., Yu, C. *, Altered white matter integrity in the congenital and late blind people. *Neural Plast* 2013, 128236. 2013.
- [47] Song, J., Qin, W., **Liu, Y.**, Duan, Y., Liu, J., He, X., Li, K., Zhang, X., Jiang, T., Yu, C. *, Aberrant Functional Organization within and between Resting-State Networks in AD. *PLoS ONE* 8, e63727. 2013.
- [48] Lin, C.S., **Liu, Y.**, Huang, W.Y., Lu, C.F., Teng, S., Ju, T.C., He, Y., Wu, Y.T., Jiang, T. *, Hsieh, J.C. *, Sculpting the Intrinsic Modular Organization of Spontaneous Brain Activity by Art. *PLoS ONE* 8, e66761. 2013.
- [49] Jiang, T. *, Zhou, Y., Liu, B., **Liu, Y.**, Song, M., Brainnetome-wide association studies in schizophrenia: The advances and future. *Neurosci Biobehav Rev* 37, 2818-2835. 2013.
- [50] Jiang, T. *, **Liu, Y.**, Liu, B., Brainnetome Studies of Alzheimer's Disease Using Neuroimaging. *Science Pathways to Cures: Neurodegenerative Diseases in China*, 43-45. 2013.
- [51] Wang, J., Fan, L., Zhang, Y., **Liu, Y.**, Jiang, D., Yu, C., Jiang, T. *, Tractography-based parcellation of the human left inferior parietal lobule. *Neuroimage* 63, 641-652. 2012.
- [52] Fan, Y. *, **Liu, Y.**, Wu, H., Hao, Y., Liu, H., Liu, Z., Jiang, T. , Discriminant analysis of functional connectivity patterns on Grassmann manifold. *Neuroimage* 56, 2058-2067. 2011.
- [53] Zhou, Y., Wang, K., **Liu, Y.**, Song, M., Song, S.W., Jiang, T.Z. *, Spontaneous brain activity observed with functional magnetic resonance imaging as a potential biomarker in neuropsychiatric disorders. *Cognitive Neurodynamics* 4, 275-294. 2010.
- [54] Zhou, Y., Yu, C., Zheng, H., **Liu, Y.**, Song, M., Qin, W., Li, K., Jiang, T. *, Increased neural resources recruitment in the intrinsic organization in major depression. *J Affect Disord* 121, 220-230. 2010.
- [55] Liu, B., Song, M., Li, J., **Liu, Y.**, Li, K., Yu, C., Jiang, T. *, Prefrontal-related functional connectivities within the default network are modulated by COMT val158met in healthy young adults. *J Neurosci* 30, 64-69. 2010.

- [56] Liu, B., Li, J., Yu, C., Li, Y., **Liu, Y.**, Song, M., Fan, M., Li, K., Jiang, T. *, Haplotypes of catechol-O-methyltransferase modulate intelligence-related brain white matter integrity. *Neuroimage* 50, 243-249. 2010.
- [57] Song, M., **Liu, Y.**, Zhou, Y., Wang, K., Yu, C., Jiang, T., Default network and intelligence difference. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development* 1, 101-109. 2009.
- [58] Liu, Y., **Liu, Y.**, Wang, K., Jiang, T., Yang, L., Modified periodogram method for estimating the Hurst exponent of fractional Gaussian noise. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys* 80, 066207. 2009.
- [59] Li, J., Yu, C., Li, Y., Liu, B., **Liu, Y.**, Shu, N., Song, M., Zhou, Y., Zhu, W., Li, K., Jiang, T., COMT val158met modulates association between brain white matter architecture and IQ. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet* 150B, 375-380. 2009.
- [60] Jiang, J., Zhu, W., Shi, F., **Liu, Y.**, Li, J., Qin, W., Li, K., Yu, C., Jiang, T. *, Thick visual cortex in the early blind. *J Neurosci* 29, 2205-2211. 2009.
- [61] Jiang, T., **Liu, Y.**, Shi, F., Shu, N., Liu, B., Jiang, J., and Zhou, Y., Multimodal Magnetic Resonance Imaging for Brain Disorders: Advances and Perspectives. *Brain Imaging and Behaviors*. 2: 249-257. 2008.
- [62] Song, M., Zhou, Y., Li, J., **Liu, Y.**, Tian, L., Yu, C., and Jiang, T., Brain spontaneous functional connectivity and intelligence. *Neuroimage*. 41(3): 1168-1176. 2008.
- [63] Wang, K., Jiang, T., Yu, C., Tian, L., Li, J., **Liu, Y.**, Zhou, Y., Xu, L., Song, M., and Li, K., Spontaneous activity associated with primary visual cortex: a resting-state fMRI study. *Cereb Cortex*. 18(3): 697-704. 2008.
- [64] Zhou, Y., Shu, N., **Liu, Y.**, Song, M., Hao, Y., Liu, H., Yu, C., Liu, Z., and Jiang, T., Altered resting-state functional connectivity and anatomical connectivity of hippocampus in schizophrenia. *Schizophr Res*. 100(1-3): 120-132. 2008.
- [65] Yu, C., Li, J., **Liu, Y.**, Qin, W., Li, Y., Shu, N., Jiang, T., and Li, K., White matter tract integrity and intelligence in patients with mental retardation and healthy adults. *Neuroimage*. 40(4): 1533-1541. 2008.
- [66] Tian, L., Jiang, T., **Liu, Y.**, Yu, C., Wang, K., Zhou, Y., Song, M., and Li, K., The relationship within and between the extrinsic and intrinsic systems indicated by resting state correlational patterns of sensory cortices. *Neuroimage*. 36(3): 684-690. 2007.
- [67] Hou, C., Liu, J., Wang, K., Li, L., Liang, M., He, Z., **Liu, Y.**, Zhang, Y., Li, W., and Jiang, T., Brain responses to symptom provocation and trauma-related short-term memory recall in coal mining accident survivors with acute severe PTSD. *Brain Res*. 1144: 165-174. 2007.

会议论文 (*代表通讯作者)

- [68] Zhao K, Ding Y, Wang P, Dou X, Zhou B, Yao H, An N, Zhang Y, Zhang X, **Liu Y***. Early classification of Alzheimer's disease using hippocampal texture from structural MRI. In: Gimi AKB, editor. Proc. SPIE 10137, Medical Imaging 2017: Biomedical Applications in Molecular, Structural, and Functional Imaging, 101372E; 2017; Orlando, Florida, United States 2017. p. 101372E-E-7.
- [69] Zhan, Y., Ma, J., Xu K., Ding Y., Cui Y., Yang Z., Liu, Y*, ADNI, Impaired Episodic Memory Network in Subjects at High Risk for Alzheimer's disease, Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2016.
- [70] Fan, Y. *, **Liu, Y.**, Jiang, T., Liu, Z., Hao, Y., Liu, H., 2010. Discriminant analysis of resting-state functional connectivity patterns on the Grassmann manifold. Medical Imaging 2010: Image Processing. SPIE, San Diego, California, USA, pp. 76231J-76238.
- [71] Song, M., **Liu, Y.**, Zhou, Y., Wang, K., Yu, C., and Jiang, T.*. Default network and intelligence difference. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2009: 2212-2215. 2009.
- [72] Shi, F., **Liu, Y.**, Jiang, T*, Zhou, Y., Zhu, W., Jiang, J., Liu, H., and Liu, Z., Regional homogeneity and anatomical parcellation for fMRI image classification: application to schizophrenia and normal controls. Med Image Comput Comput Assist Interv. 10(Pt 2): 136-143. 2007.

研究奖励

- [1] 2008 年, 北京市科技进步三等奖 (排名第三, 证书编号: 2008 基-3-001-03)
- [2] 2008 年, 中国科学院院长优秀奖 (200 人/年)
- [3] 2008 年, 领域会议 Organization for Human Brain Mapping travel award(<5%)。
- [4] 2009 年, 中国科学院优秀博士论文 (50 人/年)
- [5] 2010 年, 全国百篇优秀博士论文提名奖
- [6] 2010 年, “SCOPUS 青年科学之星新人奖”
- [7] 2011 年, 剑桥大学 访问学者
- [8] 2012 年, 中国科学院自动化研究所十佳员工称号
- [9] 2013 年, 卢嘉锡青年人才奖
- [10] 2014 年, 中国科学院青年促进会会员
- [11] 2015 年, 北京市科技新星-A 类
- [12] 2016 年, 中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心青年骨干

参与学术活动

• 学术任职

- [1] 期刊 Journal of Alzheimer Disease 的 Associate Editor, 2015,11--
- [2] 期刊 PLoS One 的 Academic Editor, 2013,5—
- [3] 期刊 Neural Plasticity 的 special issue: Brain Network Architecture and Plasticity: MR Neuroimaging Perspectives 任 Guest Editor (<http://www.hindawi.com/journals/np/si/317657/cfp/>)
- [4] 期刊 Brain Connectivity 的专题 Special Issue on Alzheimer's Disease in the journal of (<http://online.liebertpub.com/toc/brain/4/5>) Guest Editor
- [5] 中国图象图形学会医学影像分会, 委员, 2013.3-
- [6] 中国研究型医院学会神经科学专业委员会, 青年委员, 2015.11-
- [7] 北京神经学会, 青年理事, 2015.1-

• 学术报告

- [1] 2008 年 11 月 7 日至 8 日, 北京参加“International Symposium on Computational Medicine”并作“Damaged Brain Networks in Cognitive Disorders”的报告。
- [2] 2009 年 7 月 8 日至 9 日, 赴澳大利亚布里斯本参加“LIAMA-QBI 神经影像研讨会” (LIAMA-QBI Symposium on Neuroimaging), 并作题为“Disrupted network properties in schizophrenia”的报告。
- [3] 2009 年 4 月 5 日至 6 日, 赴北京师范大学参加第一届静息功能磁共振影像国际研讨会(1st RS-fMRI symposium), 并作题为“Altered Network Properties in Schizophrenia”的报告。
- [4] 2009 年 7 月 24 日至 25 日, 应邀参加在清华大学举办的第一届计算神经学国际研讨会 (International Symposium for Computational Neuroscience), 并作“Altered Network Properties in the Blind”的报告。
- [5] 2009 年 9 月 6 日至 10 日, 应邀访问台湾阳明大学和国立交通大学并作题为“Disrupted Network Properties in Schizophrenia” 的报告。
- [6] 2010 年 8 月 17 至 20 日, 应邀参加在北京举办的 7th International Conference on Cognitive Science (ICCS2010), 并作“Altered Network Properties in the Schizophrenia”的大会报告。
- [7] 2012 年 5 月 3 至 4 日, 应邀参加在澳大利亚昆士兰大学举办的 Symposium on Brainnetome meets Genome (SBMG 2012), 并作“Impaired Distance Related Functional Connectivity and Weighted Network Architecture in Alzheimer’s Disease”的大会报告。

- [8] 2012年8月17日, 赴大连参加第二届全国功能神经影像学 and 神经信息学研讨会, 并作题为: “Impaired Long Distance Functional Connectivity and Weighted Network Architecture in Alzheimer’s Disease”的大会报告。
- [9] 2012年9月22日, 赴天津参加第二届医学成像分析与应用论坛, 并作题为: “基于功能影像的老年痴呆功能连接/网络异常研究”的大会报告。
- [10] 2012年11月15至17日, 应邀参加在韩国大田的 International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA 2012), 作“Impaired Long Distance Functional Connectivity and Weighted Network Architecture in Alzheimer’s Disease”的大会报告。
- [11] 2013年5月11日到12日, 应邀赴天津参加第十五届全国神经放射学会议, 做题为“基于影像的AD脑网络异常研究”的报告。
- [12] 2013年6月6日到9日, 应邀赴以色列希伯来大学参加“Sensory substitution, visual rehabilitation and brain plasticity”国际研讨会, 做题为“Altered Brain Networks in the Early Blind”的报告。
- [13] 2013年7月17日, 应邀赴华中科技大学附属同济医院访问交流, 做题为“基于磁共振影像的复杂脑网络及其在阿尔茨海默病中的应用”的报告。
- [14] 2013年9月12日到13日, 应邀参加“The Second International Symposium on Brainnetome Meets Genome (SBMG’2013)”国际研讨会, 做题为“Brainnetome studies of Alzheimer's disease with neuroimaging”的报告。
- [15] 2013年10月16日到19日, 应邀赴意大利比萨参加“The blind brain workshop”国际研讨会, 做题为“Brainnetome-Wide Association Studies in the Blind”的报告。
- [16] 2014年7月22日, 应邀访问河北医科大学附属第一医院, 做题为“基于磁共振影像的复杂脑网络及其在阿尔茨海默病中的应用”的报告。
- [17] 2014年9月11日到13日, 应邀赴波士顿参加“Fourth Biennial Conference on Resting State / Brain Connectivity”国际研讨会。
- [18] 2014年12月18日, 应邀赴天津参加 GE China MRI Academy Tianjin fMRI Seminar, 做题为“Brainnetome fMRI toolkit”的学术报告。
- [19] 2015年6月26日到27日, 应邀赴武汉参加中华医学会放射学分会第十五届全国磁共振学术大会, 做题为“基于磁共振影像的阿尔茨海默病脑网络研究初探”的学术报告。
- [20] 2015年7月1日到2日, 应邀赴济南参加第二届医学图像计算青年研讨会, 做题为“基于磁共振影像的阿尔茨海默病脑网络研究初探”的学术报告。

- [21] 2015 年 11 月 21 日，应邀赴合肥参加阿尔茨海默病与学习记忆障碍高峰论坛，做题为“Impaired AD connectomics based on multi-center MRI”的学术报告。
- [22] 2016 年 3 月 31 日-4 月 1 日，应邀赴上海参加中国-荷兰 Future of Brain & Cognition 学术研讨会，做题为“Impaired Brain Network Architecture of Alzheimer Disease based on Multimodal MRI”的学术报告。
- [23] 2016 年 9 月 18-24 日，应邀奥地利维也纳参加“Fifth Biennial Conference on Resting State / Brain Connectivity”国际研讨会，并张贴题为 Impaired Brain Network Architecture of Alzheimer Disease based on Multicenter resting fMRI 的墙报。
- [24] 2016 年 10 月 20-23 日，应邀赴杭州参加 10th Asian Society Against Dementia (ASAD) International Congress，做题为“Impaired Brain Network in Alzheimer Disease based on Multicenter fMRI data”的学术报告。
- [25] 2017 年 8 月 23 日，应邀参加 VALSE Webinar 会，做题为“基于多中心磁共振影像的阿尔茨海默病脑网络可重复性研究及动态变化”的学术报告。
- [26] 2017 年 9 月 23 日到 24 日，应邀赴成都参加 2017 年图像计算与数字医学国际研讨会 (ISICDM 2017)，做题为“阿尔茨海默病脑功能网络异常多中心研究初探”的学术报告。
- [27] 2018 年 3 月 8 日，应邀访问天津安定医院，做题为“基于多中心磁共振影像的阿尔茨海默病异常表征研究”的学术报告。
- [28] 2018 年 3 月 27 日，应邀访问山东师范大学，做题为“基于多中心磁共振影像的阿尔茨海默病异常影像组学研究”的学术报告。

• **会议口头报告**

- [29] 2008 年 6 月 15 至 19 日，到澳大利亚墨尔本参加 15 届 Organization of Human Brain Mapping (OHBM) 大会，并作大会报告“Decreased Information Transmission Efficiency in Schizophrenia”。
- [30] 2012 年 10 月 25 至 27 日，到北京参加 The 15th Asia-Pacific Regional Conference of Alzheimer's Disease 大会，并作报告“Impaired Long Distance Functional Connectivity and Weighted Network Architecture in Alzheimer Disease”。

社会服务

• **论文评阅**

- [1] Brain, Biological Psychiatry, Neuroimage, Human Brain Mapping, Journal of Alzheimer Disease, Brain Image and Behaviour, Cerebral Cortex etc. (30+ Journals)

- [2] International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI, 2009, 2010)
- [3] International Workshop on Medical Imaging and Augmented Reality (MIAR, 2008)
- [4] Annual Conference of Organization of Human Brain Mapping (2008, 2009)

• **会议组织**

- [1] 2008 年，参与组织 “International Symposium on Computational Medicine 2008”。
- [2] 2009 年，参与组织 “International Symposium on Computational Medicine 2009”。
- [3] 2010 年，参与组织 “13th International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI 2010)”。
- [4] 2010 年，组织 “Multi-modal imaging of Brain Connectivity 2010” 。
- [5] 2012 年，组织 “International Symposium on Computational Medicine 2012”。

• **研究生培养**

- [1] 詹亚峰，南方医科大学生物医学工程学院，2014.4-2016.6，访问研究生，第一作者 IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Journal of Alzheimer Disease 论文各一篇，IEEE EMBC 会议论文一篇，2016 年 7 月加入中国科学院上海神经所，2017 年 7 月，中国科学院上海神经所 博士研究生
- [2] 金丹，中国科学院自动化研究所，2015 年 9 月-2017.8 月，硕士生，2017 年 9 月开始读博士（联合导师：蒋田仔研究员），第一作者 IEEE EMBC 会议论文一篇
- [3] 窦雪娇，中国科学院自动化研究所，2016 年 9 月-，硕士生
- [4] 任家骥，中国科学院自动化研究所，2017 年 9 月-，硕士生
- [5] 唐孝鹏，中国科学院自动化研究所，2018 年 9 月-，硕士生
- [6] 赵坤，山东师范大学计算机学院，2017 年 9 月--，访问研究生，第一作者 SPIE Medical Image 论文一篇
- [7] 李卓然，山东师范大学计算机学院，2017 年 11 月--，访问研究生

主要学术成绩、创新点及其科学意义

1. 基于磁共振影像的重大神经精神疾病的脑网络组研究

基于静息态功能磁共振影像，建立了脑功能连接分析的方法体系（包括单个脑区的功能连接分析、局部脑网络分析和全脑网络分析），并推广到阿尔茨海默病(AD)和轻度认知障碍(MCI)、精神分裂症等重大神经精神疾病的研究中，获得了这些功能连接和功能网络的异常模式的新发现。主要工作总结如下：

1.1 发现了 AD 等重大脑疾病在脑功能网络上的异常表征，并发现了脑疾病严重程度与脑网络信息传递效率之间的关系，为脑疾病早期诊断、预后判断、疗效评价奠定了基础。

问题：已有研究表明，除了特定脑区的萎缩以外，各脑区之间联系的不畅也可能是 AD 患者很多临床表现的原因之一。已有研究提示提示 AD、MCI 是一种“功能失连接综合征”。功能核磁共振成像(fMRI)已经被越来越多的应用于研究大脑的正常功能以异常，因为其易操作性尤其适用于 AD 研究。

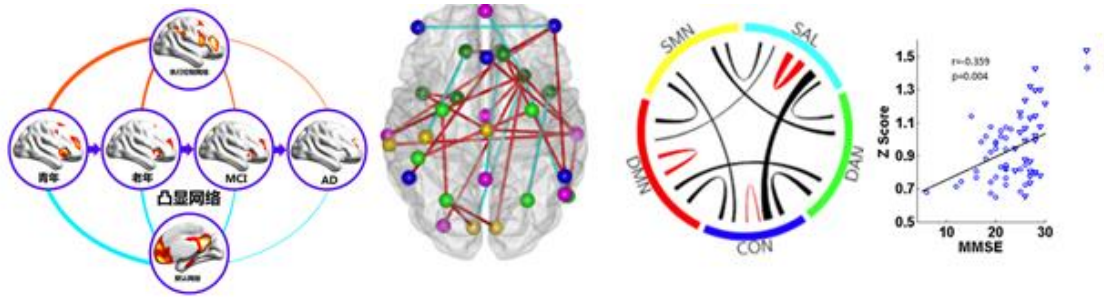


图 1. 青年人、老年人、MCI、AD 患者的凸显网络等功能连接异常改变示意图，据 Human Brain Mapping, Cortex, Scientific reports, Journal of Alzheimer Disease 等文章总结

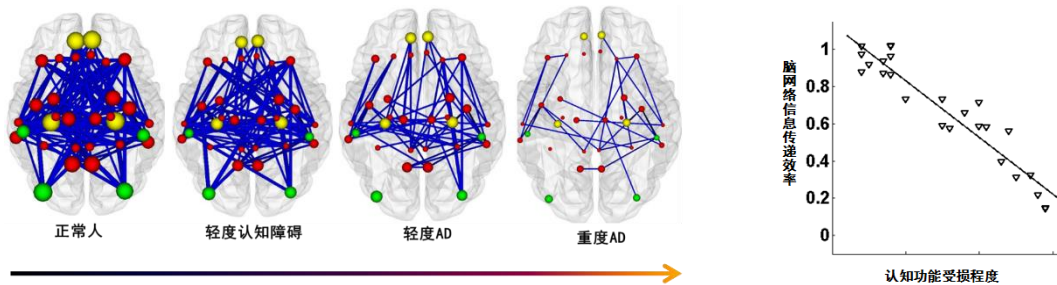


图 2. 正常老年人、MCI 和 AD 患者功能连接改变示意图，据 Cerebral Cortex 2014 总结

方法和主要结果：基于静息状态的 fMRI，系统分析了 AD 病人中各脑区之间的功能连接异常在全脑的分布规律。通过这些异常模式，有望能为 AD 病人的早期诊断提供一种新的提示。主要的发现有：1) 皮层下核团（丘脑、海马旁回、杏仁核、边缘叶等）横向和纵向异常功能连接，AD 和 aMCI 的默认网络和额顶网络与这些脑区的功能连接显著的降低，为 AD、MCI 是一种“功能失连接综合征”假说提供证据。2) 通过分析 AD 网络内及网络间功能连损害特点，发现了 AD 患者认知相关网络(默认网络、执行控制网络、注意网络)内部及网络间功能连接均减低，这种减低与患者认知功能下降直接相关(Scientific Reports, 2015)；另

外，联合灰质体积分析和功能连接分析发现 AD 患者突显网络内灰质体积和突显网络内功能连接减低，且这种减低早在正常老化阶段（从青年到老年）已经非常显著 (Human Brain Mapping, 2014)；研究高危人群恢复期老年抑郁患者、伴随有糖尿病的认知障碍患者和单纯的 aMCI 患者，发现 aMCI 特异性的脑网络改变模式(Cortex, 2016, Scientific Reports, 2016)；跟踪研究 MCI 的脑网络连接，发现脑内重要网络间的连接强度改变和患者认知能力改变密切相关(Journal of Alzheimer Disease, 2016)。3) 系统的研究了 AD 患者的脑连接、脑网络异常模式，提出了长距离功能连接损害是网络效率减低的主要原因，并从全脑的角度提示 AD 的脑功能网络的全局组织结构紊乱和信息传递效率下降，且异常的功能连接、异常的脑网络表征和患者的认知能力显著地相关(Cerebral Cortex, 2014, IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2016)，与此同时，发现携带 ApoE4 基因与未携带 ApoE4 基因的 AD 患者脑功能网络各参数总体上虽然整体上不具有显著差异，但是 ApoE4 基因阳性与阴性的 AD 患者在颞叶、额叶和前额叶内侧皮层网络效率具有显著差异(Plos One, 2012)。4) 利用静息态功能磁共振 (RS-fMRI) 的人脑自发的局部活动模式为特征，可以以 71.4% 的准确率区分正常人、MCI 和 AD(NeuroImage, 2012；共同第一作者，SCI 他引 87 次)。

创新性和科学价值：这一系列的研究表明疾病越严重，功能连接和功能网络改变越严重，为 AD 是的首连接症的假说提供直接的证据，进一步加深了我们对 AD 症病理机制的理解和认识，提示脑网络组研究为 AD 和 aMCI 早期识别提供潜在指标。

相关研究发表在如 Cerebral Cortex, NeuroImage, IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Human Brain Mapping, Cortex, Journal of Alzheimer Diseases, Current Alzheimer Research 等领域期刊，目前累计 SCI 他引超过 400 次。审稿人认为发表在 Cerebral Cortex 上的研究用 fMRI 对 AD 进行了详尽的研究 (“*...provides a comprehensive study of Alzheimer’s Diseases using fMRI data*”), 另一个审稿人认为这是一个雄心勃勃的研究，涉猎范围广泛并具有创新性的可应用性：“*... is an ambitious undertaking, broad in scope and innovative in application*”)。Cerebral Cortex 上文章发表后得到了国外媒体的广泛关注，JOVE (<https://www.jove.com/>), Highbeam Research (<https://www.highbeam.com/>), MDLinx (<https://www.mdlinx.com/>) 等媒体迅速报道。研究得到了国内外同行的认可，被邀请在 Science 2013 年的增刊 Pathways to Cures: Neurodegenerative Diseases in China 上详细综述已经取得的研究发现。应国际脑连接专业期刊 Brain Connectivity 主编 B. B. Biswal 教授邀请为共同编委组织 Special Issue on Brain Connectivity in Alzheimer’s Disease. 邀请国内外学者系统的讨论 AD 的脑连接和脑网络组异常，同时被邀请加入期刊 Journal of Alzheimer Disease 的编委会。

1.2 发现了精神分裂症疾病严重程度与脑网络信息传递效率之间的关系，为脑疾病早期诊断、预后判断、疗效评价奠定了基础。

问题：精神分裂症等重大脑疾病累及多个脑区及其连接构成的脑网络。然而，在脑疾病状态下，脑网络信息处理如何异常改变以及这些异常改变与脑疾病的发生和发展的关系尚不清楚。这些问题的解决对理解脑网络信息处理规律和脑疾病早期诊断、预后判断、疗效评价具有重要意义。

方法和结果：利用功能磁共振成像技术构建了精神分裂症患者和正常对照的全脑功能网络，发现了精神分裂症患者主要表现为全脑范围内而非局限于某几个特定的脑区功能连接的降低，这一结果支持了精神分裂症源于广泛分布的脑区之间功能整合紊乱，即功能失连接假说；更重要的是，发现了精神分裂症患者

的脑网络信息传递效率显著降低，患病时间越长，信息传递效率越低，这是脑疾病如何影响脑网络信息传递效率的直接证据。

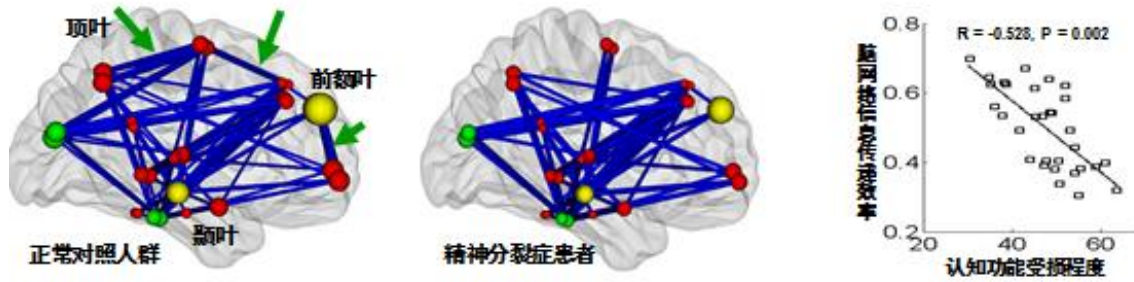


图 3. 脑网络效率和疾病的关系示意图，根据 Brain 2008 总结

创新性和科学价值：本研究揭示了脑网络信息处理在精神分裂症中的异常变化规律，为精神分裂症的失连接假说提供了新证据，提示脑网络可以作为鉴别诊断精神分裂症患者的一个生物学标记，为脑疾病早期诊断、预后判断、疗效评价奠定了基础。审稿人认为该研究在科学研究和临床应用方面都进了一大步，强烈建议接收该文章 (“...a major step both in scientific understanding as well as in potential clinical applications. I highly recommend acceptance for publication and look forward to see this article in print!）。该研究被国际神经影像组织年会(OHBM, 2000 人参加)接收并被推选为 2008 年的口头报告（会议大会发言比例约为 5%）。大会主席 P. Pietrini 教授将此研究作为大会的**年度亮点之一**进行评述。英国医学院院士 (Fellow)、剑桥大学著名精神病学专家、Biology Psychiatry 副主编 Ed Bullmore 教授认为研究**首次提供精神分裂症患者脑网络拓扑改变的证据** (“The first study to show evidence for altered network topology”) 并将其归类为特别关注论文(of special interest) (Curr Opin Neurol, 2009)。北京师范大学贺永研究员和加拿大皇家科学院院士 A. Evans 教授认为该研究**首次研究了精神分裂症的脑功能网络变化** (“This resting fMRI study provides the first graph analysis of brain functional networks in schizophrenia...”), 并将其归类为特别关注论文(of special interest) (Curr Opin Neurol, 2010)。英国爱丁堡大学 H. Whalley 教授等人认为基于 fMRI 的静息态数据研究精神分裂症的首个团队来自北京的中国科学院 (“The first group to publish on fMRI during ...were a group from the Chinese Academy of Sciences in Beijing.”)。德 Lubeck 大学的 T. Muentz 教授认为我们的工作与 E. Bullmore 教授的几个工作一起可以提供简洁定量的指标研究脑内的复杂交互活动 (“...it provides a **concise quantification** of the extraordinary complexity of interregional connectivity in the human brain”); 英国 University of Strathclyde 的 Judith Pratt 教授团队在其发表在 Schizophrenia Research, Cerebral Cortex, Neuropsychopharmacology 上发表论文，认为该研究和其他后续发表的一系列论文可以为精神分裂症的脑内信息交互研究提供了新的见解 (“**Provided added insight to...**”; **New insight into alteration in functional brain networks...**) 等。该研究发表在本领域的权威期刊 Brain (2016 年影响因子 10.292), SCI 他引 459 次。该文是 **2008-2017 年 10 年 Neuroscience and Behavior 领域中 ESI 高引论文之一**。

1.3 阐明了脑结构网络信息传递效率与人类智力之间的关系，发现了人类智力相关的核心脑区，为理解人类智力的产生提供了科学证据，为研究人类高级认知功能的脑网络表征提供启示

问题：智力的产生是自然界的奥秘之一，人脑是智力的物质基础。人脑结构和功能网络的高度复杂性决定了人类特有的智力水平。虽然脑结构和功能网络研究取得了重要进展，脑网络信息处理与人类智力之间的关系是未解之谜，特别是人们不清楚脑网络的什么属性决定了人类智力水平和个体差异。

方法和结果：利用弥散磁共振成像与脑白质纤维跟踪技术，构建了健康年轻被试个体的脑结构网络，利用图论方法获得了个体脑结构网络的拓扑结构属性和信息传递效率，在此基础上发现健康年轻被试脑结构网络具有小世界网络属性。更重要的是，发现个体的智力水平(韦氏智力)与其脑结构网络信息传递效率显著相关，个体的智力水平越高，脑结构网络信息传递效率越高。

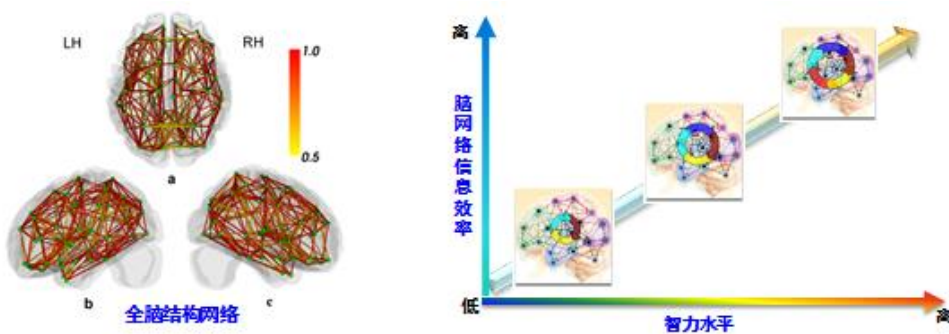


图 4. 构建脑网络和与智商关系示意图，根据 PLoS Computation Biology 2009 总结

创新性和科学价值：这一发现揭示了脑结构网络信息传递效率与人类智力之间的关系，提供了脑结构网络信息处理效率与智力相关的直接证据，提示了脑结构网络信息处理效率是人类智力的重要生物学基础。为了更深入探索人类智力的脑网络表征，作为主要参与者，利用功能磁共振成像，发现在脑功能网络中背外侧前额叶是智力的核心脑区，额叶和顶叶脑区之间功能连接是影响人类智力差异的最重要的因素之一(发表在医学影像领域 JCR 排名第一的 NeuroImage 上)。

荷兰著名神经病学专家 C. Stam 教授在国际重要学术期刊 Nature Reviews Neuroscience 系统介绍了该工作，认为该研究证实了脑结构网络拓扑属性与智力之间的直接联系(“*This study demonstrates a direct connection between the topological properties of structural brain networks and intelligence*”)。还认为该研究是一个非常漂亮的研究 (“...a very elegant study...”) (Int J Psychophysiol. 2010)。美国南加州大学 P. Thompson 教授等在《The Wiley-Blackwell Handbook of Individual Differences》这本书中认为该研究是一个令人振奋的研究 (“... *an exciting study testing the hypothesis that high levels of intelligence*”)。国际人类脑图谱 2013 年大会主席、美国 UCLA 大学 S. Bookheimer 教授认为该研究是首个脑结构网络和智力之间的关系的研究为该研究是首个脑结构网络和智力之间的关系的研究并用于解释他们的发现(“*The first study of DTI structural network properties and intelligence found ...*”) (PNAS, 2011)。美国印第安纳大学 O. Sporns 教授认为该研究为研究个体差异的生理学和认知功能基础提供了新的方向 (“... *shed new light on the biological bases of individual differences in psychological and cognitive function*”) (Science Bulletin, 2015)北京师范大学贺永研究员和加拿大皇家科学院院士 A. Evans 教授认为该研究首次利用弥散磁共振构建脑网络，并考察了脑网络效率和智商之间的关系(“*This is the first study to use diffusion tensor imaging tractography to...*”),并将其归类为

特别关注论文(**of special interest**) (Curr Opin Neurobiol, 2010)。英国科学院院士、皇家科学院沃尔夫森研究功勋奖得主、英国爱丁堡大学 I. Deary 教授认为该研究提示不仅是白质完整性，白质组织效率也对高智商至关重要 (“indicating that not only the integrity, but also the organizational efficiency of white matter is important for higher intelligence”)(Nat Rev Neurosci 2010)。此结果发表在计算神经生物学领域著名刊物 PLoS Computation Biology 上 (2016 年影响因子 4.587)，SCI 他引 258 次。根据 ESI 数据库的统计显示，该文是近 10 年 Neuroscience and Behavior 领域中高引论文之一。

2. 基于多模态磁共振影像的视觉网络可塑性研究

问题：人们一直试图通过各种技术手段研究大脑的工作机理。但是我们无法对人脑进行破坏性研究，因此盲人和弱视等视觉障碍数据可以提供一个有效的研究脑可塑性模型，特别是不同时间段失明的盲人、弱视等多模态影像数据为研究脑损伤后的脑可塑性提供了一个最为理想的数据模型。

方法和主要结果：利用多模态、多个中心、不同程度(全盲、弱视、高度近视弱视等)、不同失明时间的视觉障碍患者的影像学数据，系统的研究了视觉障碍人群的脑网络的复杂表征，概括来讲，主要发现在于：1) 基于磁共振的脑连接和脑网络研究发现视觉障碍人群的初级视觉皮层和其它感觉运动皮层的连接显著降低，(Hum Brain Mapp, 2008 共同第一作者; Neural Plast, 2013)，高级视觉皮层和前额叶语言皮层功能连接代偿性增加，视觉皮层的可塑性和后天的训练显著相关 (Brain, 2007)，同时发现盲人视觉皮层和凸显网络 (Salience network) 功能连接增强 (Hum Brain Mapp, 2013.共同第一作者) 等，为可塑性研究提供了直接证据。2) 基于弥散张量磁共振构建全脑网络，发现视觉皮层脑网络效率显著的降低(PLoS ONE, 2009 共同第一作者)，且失明年龄越长，效率越低，提示早期的视觉经验对脑网络拓扑结构至关重要 (Cereb Cortex, 2013;共同第一作者，协助指导研究生为第一作者; PLoS ONE, 2009;共同第一作者)为可塑性研究提供了补充证据。3) 结合视觉皮层厚度分析和功能连接分析，发现高级视觉皮层和初级视觉皮层的功能可塑性范式不同，提出不同视觉皮层的发育对视觉依赖不同的假说(PLoS ONE, 2013, 共同第一作者)，为可塑性研究提供了补充证据。

创新性和意义：这都提示盲人脑中存在显著的功能缺失，同时证明脑中存在显著的可塑性变化，为脑可塑性研究提供了新证据，验证了脑网络方法的有效性，加深了对人脑工作机理的理解。**基于全脑功能连接的早期盲人功能连接可塑性研究**发表在 Brain 上(2007)，权威期刊 Neuroscientist 在 2007 年 12 月以 “**Altered functional connectivity in the early blind**” 为题重点介绍该研究。到目前为止，已经发表相关研究论文 15 篇，被来自美国科学院院士 B. Wandell 教授、美国科学院院士 M. Raichle 教授等发表在 Nature Reviews Neuroscience, Current Biology, Neuron, PNAS, Brain, Trends in Cognitive Sciences 等杂志上多次正面引用。美国科学院院士、斯坦福大学 B. Wandell 教授在 Neuron 上撰写论文将我们的系列发现列为支持长期视觉剥夺后视觉康复存在问题的**三大证据体系之一** (“Three groups of studies suggest that **Second, there is a group of studies showing significant anatomical and functional connectivity changes in deafferented visual cortex...** (Jiang et al., 2009...).showing an increased diffusivity and decreased anisotropy (Shu et al., 2009).... Resting state studies demonstrated decreased functional connectivity within the visual cortex as well as between the occipital lobe and other lobes (Liu et al., 2007)”) (Neuron 2010)。美国杜克大学 C. Pizoli 教授和美国科学院院士 M. Raichle 教授认为关于失明后静息功能网络可塑性的发现支持“不间断神经元活动在损伤后功能康复

过程中发挥重要作用”的概念 (“RSNs are plastic and reorganize in response to altered sensory input...(Liu et al., 2007)... These results demonstrate that RSNs ...are **consistent with the notion that ongoing neuronal activity plays a role in recovery of function after injury**”) (PNAS 2011)。北京师范大学贺永研究员和加拿大皇家科学院院士 A. Evans 教授认为关于盲人的脑网络效率的论文首次研究了结构网络效率在盲人中的变化 (“... **the first study to use diffusion tensor imaging tractography** ...”), 并将其归类为特别关注论文(of special interest) (Curr Opin Neurobiol 2010)。

3. 研究平台和多中心多模态磁共振数据平台建设

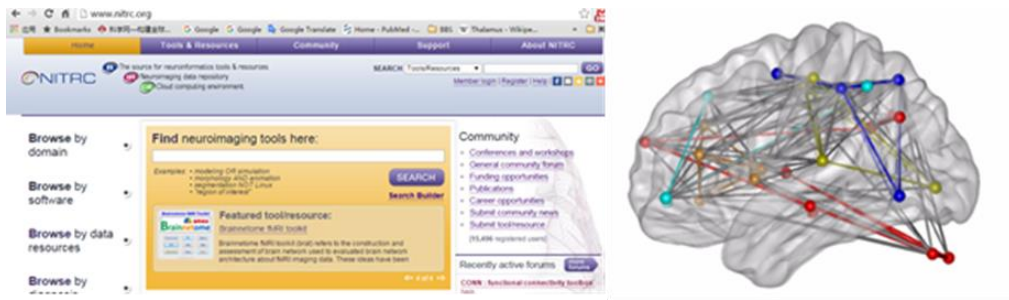


图 5. Brainnetome fMRI toolkit 截图

开发了一套脑网络属性的计算工具包，该软件提供了友好的用户操作界面。可对磁共振数据进行预处理、功能连接和功能网络研究，也提供基本的网络可视化功能，方便用户基于功能磁共振数据进行脑网络方面及临床医用的研究，查看所导入的网络矩阵的基本拓扑特征。目前该软件已经被下载 400 余次，是国际神经信息资源公开库 (<http://www.nitrc.org/projects/brant>) 2016 年 1-8 月的 featured tool/resource。已有 20 余位同行应用我们的工具发表研究论文，文章发表在 Cerebral Cortex, NeuroImage, Scientific Reports, Curr Alzheimer Res, Journal of Alzheimer disease 等国际刊物上。该软件申请软件著作权(证书号 2014SR159192)，已经举办了 5 次免费的培训，参加人数 500+，目前介绍性论文已经投稿，详细的说明文档和实例已经在网站上公开共享 (<http://brant.brainnetome.org>)。