

文献总结

研究背景

角度不变的人脸处理在婴儿早期就出现了，新生儿不能通过侧面视图认出先前在正面视图中学到的面孔的身份。婴儿识别面部特征的能力在生命的第一年逐渐发展，直到不受视角影响。

研究人员通过测量脑活动研究了婴儿期的面部处理，研究中使用近红外光谱技术(NIRS)，用于测量婴儿观察面部图像时脑血流动力学变化。研究发现，5个月大的婴儿在右侧颞区仅对正脸表现出增加的氧血红蛋白(oxy-Hb)反应。相比之下，8个月大的婴儿在右颞区对正脸和侧脸表现出增加的血红蛋白反应。这个差异意味着轮廓面孔的加工在生命的前5个月后逐渐出现。

NIRS也被用于研究某些脑区域的发育，本研究以角度不变的人脸处理为研究对象，旨在探讨生命早期对人脸血流动力学反应的纵向变化。我们纵向测量了14名婴儿在3-8个月大的6个时间点对正脸和侧脸的血流动力学反应。为了解释婴儿角度不变的人脸处理发展过程中的个体差异，我们使用线性回归函数 $y = ax + b$ ，模拟了在每个月测量的正脸和侧脸的血流动力学反应。然后我们检查了个体回归模型的斜率(a)和截距(b)的值。此外，为了研究角度不变的人脸处理能力发展的总体趋势，我们将讨论各个模型参数的分布。我们假设对正脸的血流动力学反应将在3个月大时出现，而对侧脸的血流动力学反应将在出生后5-8个月出现。侧脸条件下线性回归模型的斜率(a)大于正脸条件下模型的斜率(a)。此外，侧脸的线性回归模型的截距(b)比正脸条件下模型的截距(b)小。

研究方法

被试

研究对象为14名健康婴儿(男11名，女3名)。由于可用试验次数不足或运动伪影，有两名婴儿被排除在最终分析之外。

刺激物

刺激呈现包括测试期和基线期。测试期间的刺激是5个女性面部的全彩色照片图像，正侧脸均有。一半的婴儿侧脸视图是右侧的，其余的婴儿侧脸视图是左侧的。面部刺激为是 $17.5^{\circ} \times 21^{\circ}$ ，蔬菜刺激为 $16.8^{\circ} \times 16.8^{\circ}$ 尺寸。

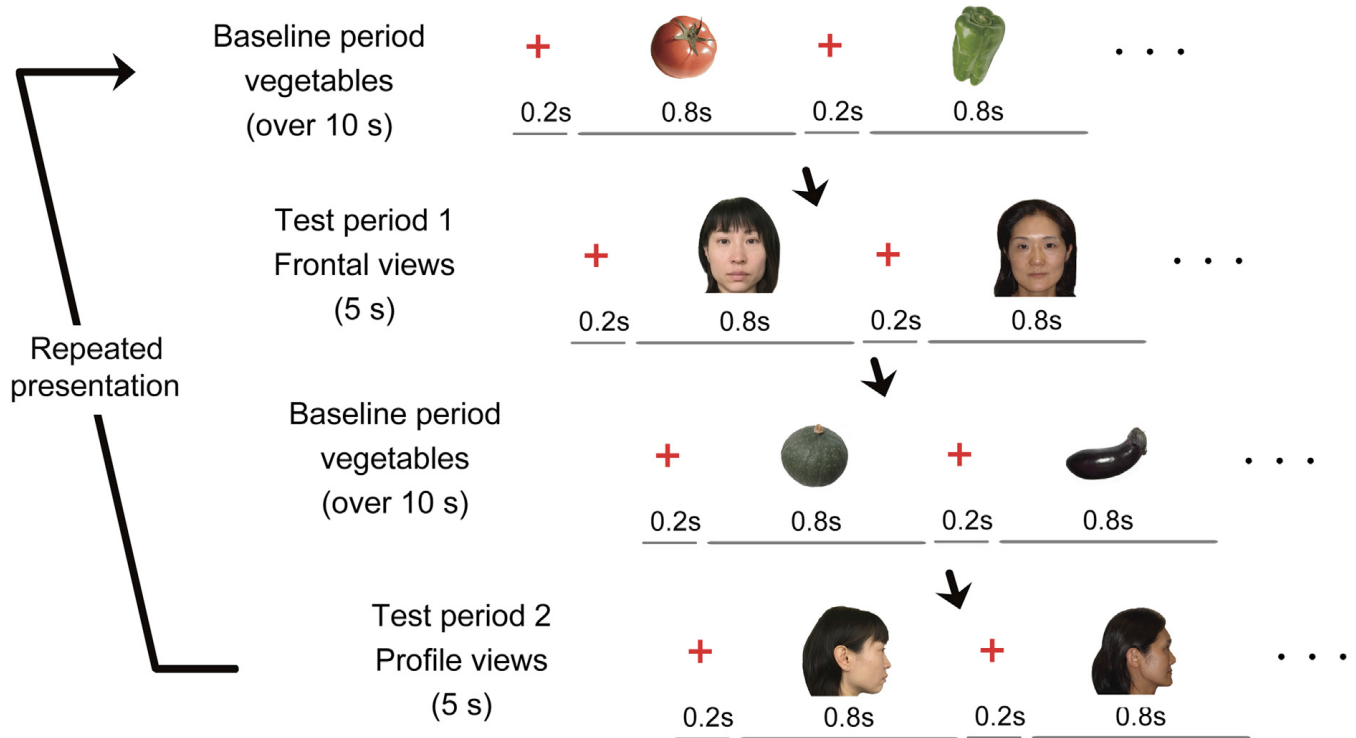
实验流程

在每个试验中，以1Hz的频率以随机顺序呈现5个面孔，正面和侧面的面孔交替呈现，每个测试周期的总持续时间固定在5秒。

每个测试周期遵循至少10秒的基线周期。在基线期间，5种蔬菜以1Hz的频率随机排列。为了比较面部(测试期间)和蔬菜(基线期间)的血流动力学反应，确保婴儿在观察面部之前继续看蔬菜3秒钟。为此，实验者在基线期开始后10秒钟观察婴儿的行为，在基线期结束时，确认婴儿连续3秒钟看着显示器上的蔬菜。我们以观察蔬菜所得的结果作为基线数据。

在基线和测试期间，刺激持续时间为800毫秒，刺激间隔200毫秒期间出现一个小红十字。为了吸引和保持婴儿的注意力，面部和蔬菜刺激都伴随着1赫兹的哔哔声。两种不同的声音被用于面部刺激和蔬

菜，这些声音被用于额叶和侧面条件。



仪器和程序

在整个实验过程中，所有的刺激都显示在一个由计算机控制的分辨率为1024-768像素的22英寸彩色阴极射线管(CRT)显示器上。婴儿和阴极射线管显示器位于一个由铁杆和布覆盖的外壳内。婴儿和显示器之间的距离大约是40厘米。有两个扬声器，一个在 CRT 显示器的两边。监视器屏幕下方有一个感光耦合组件(CCD)摄像头。

记录

日立 ETG-4000系统(日立医疗，千叶)测量24通道0.1秒时间分辨率的 oxy-Hb，脱氧血红蛋白(deoxy-Hb)和总血红蛋白浓度的血流动力学变化。在左、右侧颞区分别分配了十二条通道进行测量。两个波长的近红外光(695和830纳米)投射通过头骨。每个通道的近红外光照明强度为0.4 mW。NIRS 探针(Hitachi Medical)包含9个光纤(3-3阵列)，包括5个发射器和4个探测器。

数据分析

首先排除可用试验次数不足或运动伪影的被试；再将各个通道的oxy-Hb，deoxy-Hb和total-Hb数据以0.02-2.0Hz进行滤波；再计算每个通道的Z分数,再把每个参与者的年龄作为因变量的Z得分进行了线性回归分析。

$$d = \frac{(m_{test} - m_{baseline})}{sd}$$

实验结果及讨论

实验结果

研究人员将有效试验的平均数列于表1。以条件和年龄为因素，对有效试验的数量进行了双向方差分析(ANOVA)。发现在不同的条件或不同的年龄之间的平均试验次数没有显著差异。

表1
有效试验次数的平均值和标准偏差

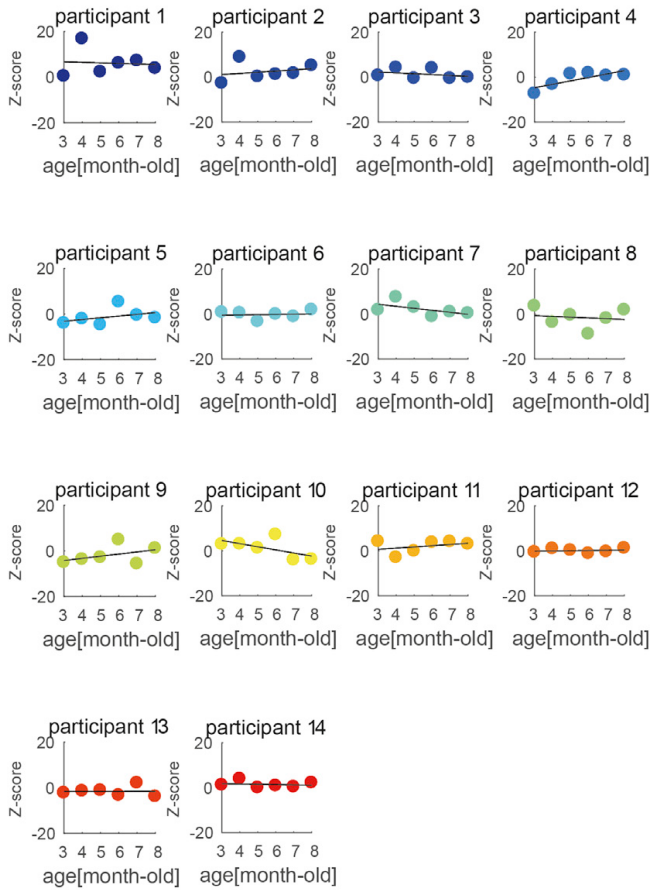
	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m
Frontal view	4.73	5.87	5.80	5.53	4.20	4.67
(SD)	1.79	1.88	2.34	1.96	1.57	1.76
Profile view	4.93	5.27	4.73	5.33	4.20	4.13
(SD)	1.62	1.67	2.19	2.09	1.15	1.68

我们拟合了一个线性回归模型，并计算了斜率(a)和截距(b)，分别用于正面和侧面条件以及右侧和左侧颞叶。线性回归模型的斜率(a)表示每月血流动力学反应的增加，斜率较大的模型比斜率较小的模型有更大的面部血流动力学反应。线性回归模型的截距(b)代表3个月大时对面部的血流动力学反应，截距较大的模型因此预测3个月大时的血流动力学反应更大。

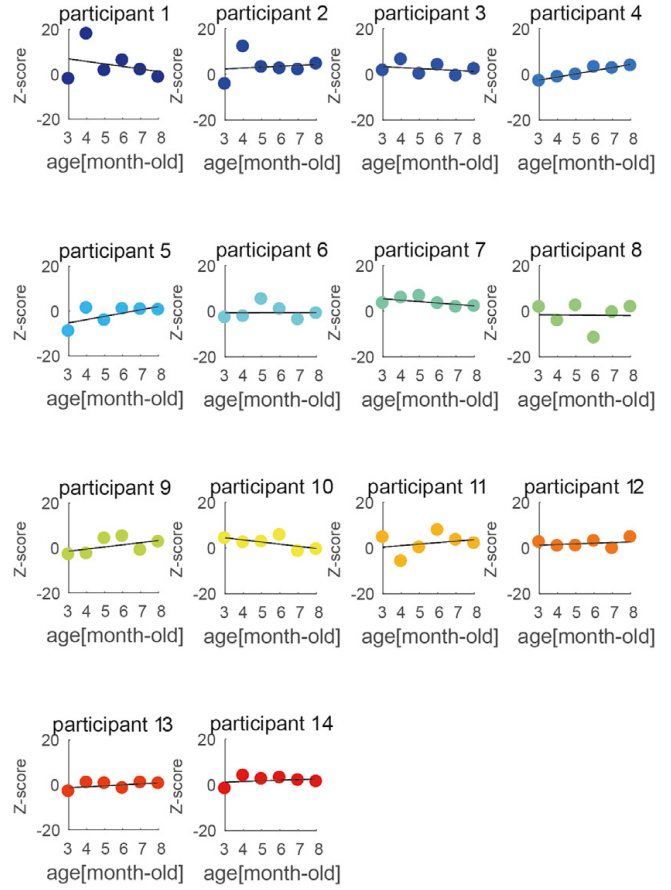
图2显示了在左侧和右侧颞区的每个年龄在3至8个月的正脸和侧脸条件下每个参与者的Z分数氧-血红蛋白浓度。在回归模型 $y = ax + b$ 中，侧面条件下的斜率a大于正面条件下的斜率a。

Frontal condition

Left temporal area

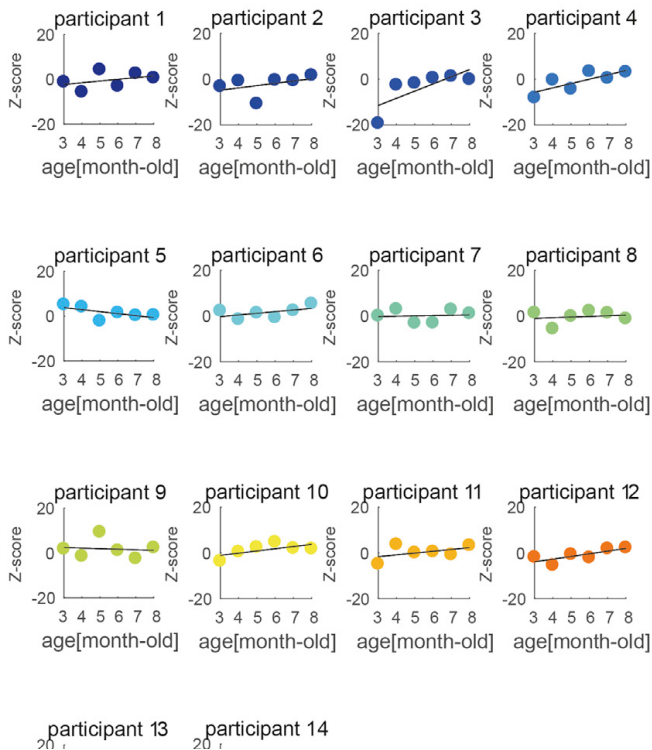


Right temporal area



Profile condition

Left temporal area



Right temporal area

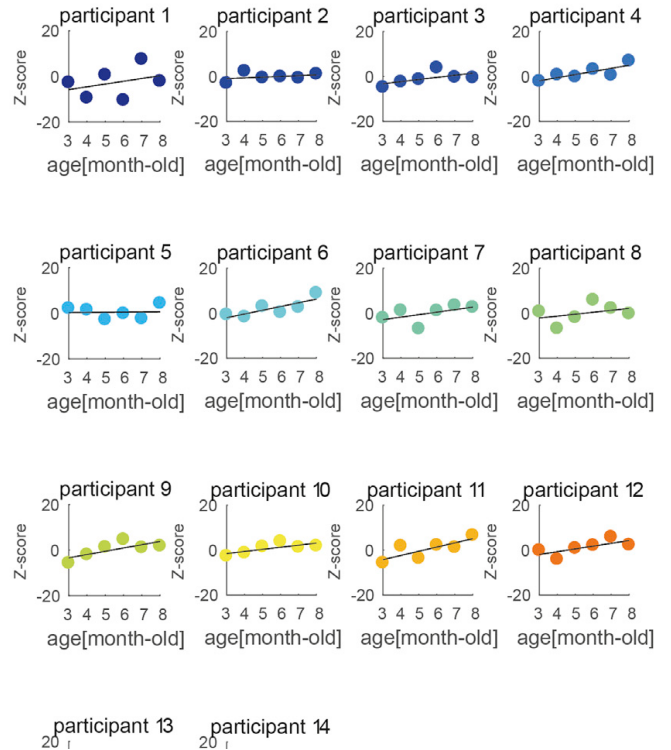




图2. 每个参与者在3-8个月时的血红蛋白Z值。每个参与者对应单独的图形。纵轴表示 Z 分数，横轴表示年龄。

右颞区14名婴儿中有12名和左颞区12名婴儿的截距相比侧面条件小于正面条件。再对不同条件和测量区域与截距进行重复测量的方差分析，揭示了主要影响条件， $F(1, 13) = 6.18, p = .027, \eta^2 = 0.32$ 。

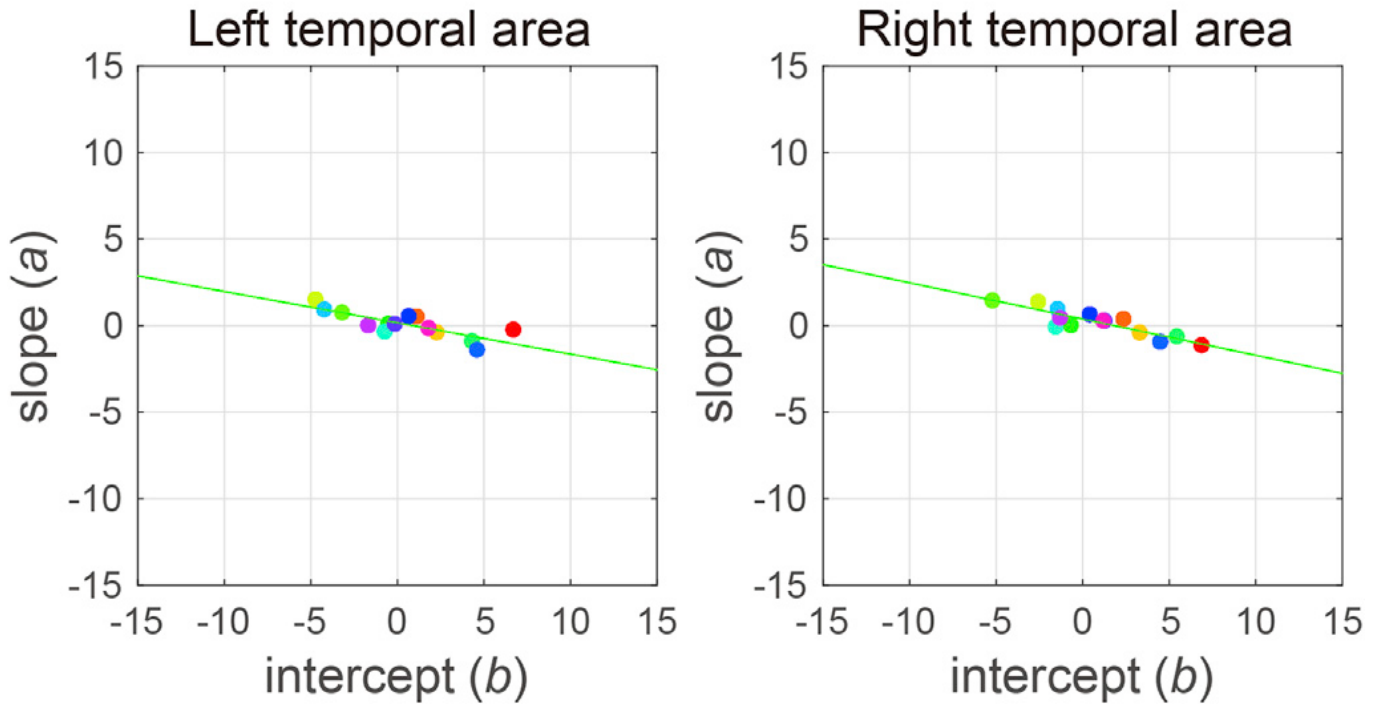
Table 2

每个参与者的线性回归模型的斜率(a)和截距(b)的估计值 $y = ax + b$ ，模型中正面条件下的斜率或截距值小于侧面条件下的斜率或截距值

subject	slope (a)						intercept(b)					
	left			right			left			right		
	frontal	profile	f < p	frontal	profile	f < p	frontal	profile	f < p	frontal	profile	f < p
1	-0.23	0.76	✓	-1.13	1.21	✓	6.70	-2.33		6.87	-5.78	
2	0.53	1.00	✓	0.38	0.34		1.10	-4.82		2.35	-1.03	
3	-0.39	3.14	✓	-0.40	0.94	✓	2.27	-11.50		3.30	-3.28	
4	1.52	1.90	✓	1.38	1.38		-4.74	-5.70		-2.57	-1.96	✓
5	0.76	-0.89		1.45	0.07		-3.20	3.76	✓	-5.22	0.28	✓
6	0.11	0.72	✓	0.02	1.66	✓	-0.53	-0.23		-0.68	-1.99	
7	-0.89	0.14	✓	-0.63	1.11	✓	4.30	-0.18		5.44	-2.85	
8	-0.34	0.29	✓	-0.07	0.86	✓	-0.74	-1.03		-1.56	-2.15	
9	0.94	-0.25		0.96	1.44	✓	-4.23	2.40	✓	-1.45	-3.38	
10	-1.39	0.97	✓	-0.94	0.93	✓	4.59	-1.08		4.48	-1.52	
11	0.54	0.79	✓	0.65	1.87	✓	0.65	-1.64		0.41	-4.25	
12	0.10	1.18	✓	0.28	1.24	✓	-0.16	-3.90		1.25	-1.95	
13	0.02	1.48	✓	0.44	0.50	✓	-1.69	-6.00		-1.31	-2.90	
14	-0.14	0.61	✓	0.28	1.05	✓	1.80	-0.72		1.19	-0.58	
average	0.08	0.85		0.19	1.04		0.44	-2.36		0.89	-2.38	
s.d	0.75	0.96		0.79	0.50		3.35	3.85		3.35	1.54	

如散点图所示，斜率和截距之间呈负相关(正脸左侧颞区，皮尔逊相关 $r = -0.79, p = .00$; 正脸右侧颞区， $r = -0.88, p = .00$; 侧脸左侧颞区， $r = -0.96, p = .00$; 侧脸右侧颞区， $r = -0.54, p = .46$ 。图3中的绿线解释了第一个主成分，它代表了数据的最大方差。第一主成分解释了正面左侧颞叶的98.3%的方差，正面右侧颞叶的98.9%的方差，侧面左侧颞叶的99.6%的方差，侧面右侧颞叶的93.6%的方差。

Frontal condition



Profile Condition

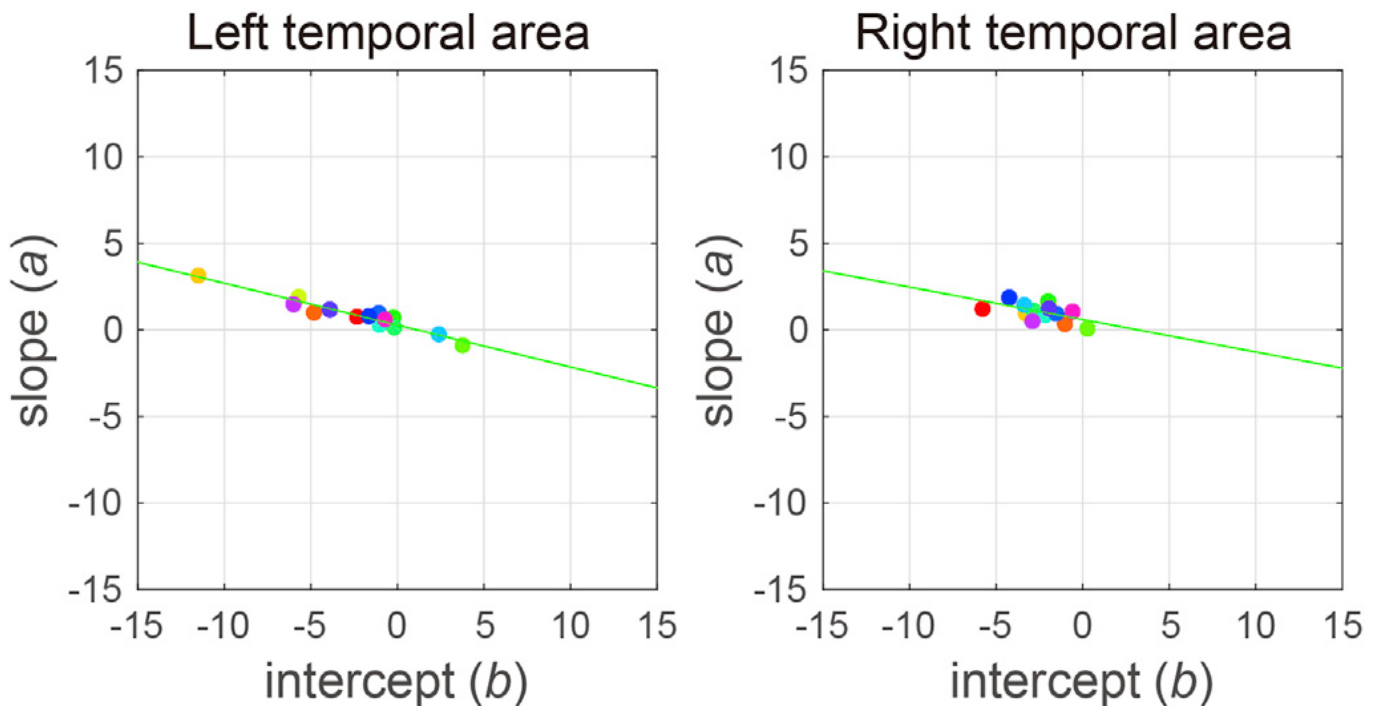


图3 线性回归模型中的斜率和截距散点图。纵轴表示斜率，横轴表示截距。绿线说明了第一个主成分，它代表了数据的最大方差，每个点代表一个参与者

与上述数据分析一致，侧面条件下的回归线比正面条件下的回归线具有更大的斜率和更小的截距。我们还计算了x截距，它指示预测的血流动力学反应等于基线值0的时间点。在线性回归模型中，正面条件下的x截获时间小于3个月(左颞区模型为-2.43，右颞区模型为-1.65)，而在侧面条件下的线性回归模

型中的x截获时间接近5个月(左颞区模型为5.79, 右颞区模型为5.28)。

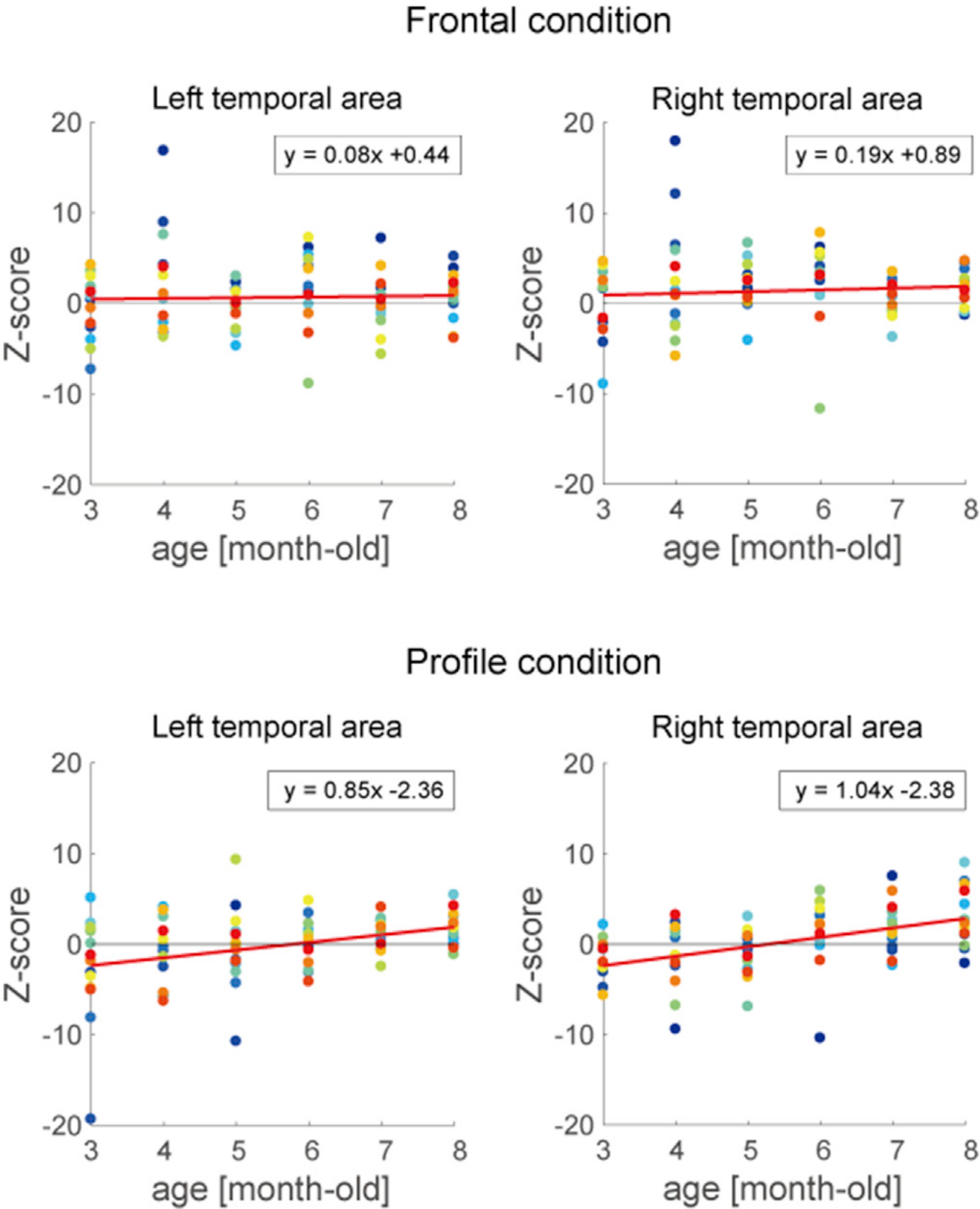


图4 血红蛋白含量随年龄变化的平均Z值。每个点代表每个年龄段的一个被试，绘制了14个点。每个被试由图中的6个点表示，红线表示每个散点图的回归线

讨论

我们的纵向测量表明，个体差异出现在线性回归模型的参数中。个体差异对斜率和截距均有影响，两者呈负相关。因此，截距较小的模型斜率较大，3月龄时对面部血流动力学反应较小的婴儿在3-8月龄期间血流动力学反应有更快的增加趋势。个体差异大约在8个月时趋于一致。虽然我们的研究调查了面部加工的个体差异，以前的行为研究已经证明了客体加工的个体差异，并报告这种差异与运动能力有关。本研究的局限性如下，我们没有发现右半球和左半球在正面或侧面情况下的血流动力学反应的差异。这一发现与之前的研究结果不一致(Nakato et al., 2009)。这种差异可能是由于血流动力学反应的重复测量。据我们所知，没有关于每月重复接触相同实验刺激10分钟。这可能会导致婴儿对面孔的记忆，应该在将来进行调查。韦伯等人(2005)也报告说，他们的追踪研究并没有完全复制以前的短期研究。

实验结论

在本研究中，我们调查了在生命的前3-8个月中，个体在面孔加工发展过程中的差异。本研究是第一个纵向测量婴儿对人脸的血液动力学反应。在研究中使用了与之前研究(Nakato et al., 2009)相同的面部刺激和NIRS测量程序，该研究报道了5-8个月大的婴儿对面部的不同反应。研究结果表明，在出生后8个月之前，人脸轮廓的处理就已经显现出来了。研究人员还研究了在视角不变人脸处理发展过程中的个体差异，侧面面孔处理的发展速度与3个月大时对面孔的血液动力学反应程度成反比。

心得体会

文献感想

本文完整的呈现了近红外光谱技术运用于实验研究的整个过程，不同于传统的行为学实验；如果用传统的方法，在本研究中，研究人员便会直接观察婴儿在看到不同图片后的反应，而因为近红外光谱技术等技术的产生，让我们能从更加微观的、科学的角度，得到更加科学的数据，用生理数据来表征行为，让实验结果更可靠。

未来研究设想

针对本文的研究，可以在不同月的研究中更换实验刺激，以克服在讨论中“没有发现右半球和左半球在正面或侧面情况下的血流动力学反应的差异”的局限性。

参考文献

A longitudinal study of infant view-invariant face processing during the first 3–8 months of life