



母乳亲喂婴儿吸吮-吞咽-呼吸机制的研究进展*

袁梦凡^{1,2}, 胡晓静^{3Δ}

1. 复旦大学护理学院(上海 200032); 2. 复旦大学附属儿科医院(上海 201102); 3. 复旦大学附属儿科医院 护理部(上海 201102)

【摘要】 母乳是婴儿的最佳营养食品,母乳不仅可以提供充足的营养,还可以适应婴儿未成熟的消化功能,从而促进生长发育和器官成熟。母乳喂养6个月可以满足婴儿全部营养、能量和液体的需求。母乳亲喂是最佳喂养方式,但母乳亲喂困难现状不可忽视。约1/3母乳亲喂的母亲存在中度以上喂养困难。母乳亲喂困难会导致喂养效率降低,影响婴儿的生长发育,同时影响母婴情感交流。目前许多相关研究重点关注母亲心理、家庭社会支持、婴儿自身发育不成熟的问题。但是很少研究母乳亲喂过程中婴儿吸吮-吞咽-呼吸这一生理机制,因此,本文梳理归纳了婴儿该机制的内容、研究参数、测量工具以及物理干预方法,帮助早期识别母乳喂养困难以便早期提供干预措施,同时帮助早期判断婴儿脑神经功能等发育异常。

【关键词】 母乳喂养 婴儿 吸吮 吞咽 呼吸 综述

Latest Findings on the Suck-Swallow-Breathe Mechanism of Direct Breastfeeding From the Breast to an Infant QIU Mengfan^{1,2}, HU Xiaojing^{3Δ}. 1. School of Nursing, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Children's Hospital of Fudan University, Shanghai 201102, China; 3. Nursing Department, Children's Hospital of Fudan University, Shanghai 201102, China

Δ Corresponding author, E-mail: humama2015@126.com

【Abstract】 A mother's breast milk is the best nourishing food for infants. Not only does it provide sufficient nutrition, but it is also well suited to infants' immature digestive function, thus promoting their growth and organ maturation. A 6-month period of breastfeeding can provide infants with the necessary nutrients, energy, and fluids. The best feeding method is direct breastfeeding from the breast to an infant, yet the difficulties involved in breastfeeding should not be overlooked. Approximately 1/3 the mothers who are performing direct breastfeeding from the breast to an infant experience moderate or higher levels of feeding difficulties. Difficulties in direct breastfeeding from the breast to an infant can lead to decreased feeding efficiency, hamper the growth and development of infants, and affect the emotional communication between mothers and infants. At present, many relevant studies have focused on topics such as the mothers' psychology, family and social support, and the immature development of infants. However, little research has been done to investigate suck-swallow-breathe, a physiological mechanism that infants undertake during the process of direct breastfeeding from the breast to an infant. In this paper, we summarized published literature, research parameters, measurement instruments, and physical intervention methods of the suck-swallow-breathe mechanism in infants, aiming to facilitate the early identification of breastfeeding difficulties and the subsequently provision of early intervention measures and to promote the early identification of neurodevelopmental abnormalities and other developmental abnormalities in infants.

【Key words】 Breastfeeding Infants Suck Swallow Breathe Review

母乳被公认为是最适合婴儿的天然营养食品^[1]。母乳亲喂是指母亲通过乳房直接喂养婴儿,是婴儿的最佳喂养方式。然而在实践中母乳亲喂存在许多困难。一项关于0~5月龄婴儿母乳亲喂的研究中提到1/3的母亲存在中度以上喂养困难^[2],还有研究表明母乳亲喂困难中患儿因素占29.0%,其中吸吮因素占11.3%^[3],早产儿因发育不完善而经口喂养困难^[4],新生儿重症监护室母婴分离,

婴儿患有唇腭裂、舌系带过短等口舌疾病增加呛咳风险^[5-8]也是阻碍母乳亲喂的重要因素。婴儿脑损伤时,喂养表现异常,如患有缺血缺氧性脑病的婴儿母乳喂养时吞咽困难^[9]。故喂养表现即吸吮、吞咽和呼吸的协调程度可能是识别婴儿神经、肌肉异常的信号。婴儿吮吸-吞咽-呼吸(suck-swallow-breathe, SSwB)机制的协调是安全、有效母乳喂养不可或缺的一部分。

最初研究婴儿SSwB机制是从奶瓶喂养模式开始的,但近年来研究者们发现奶瓶喂养婴儿的SSwB机制不能推广到母乳亲喂中,逐渐把研究重心转移到母乳亲喂时的SSwB机制。本文对母乳亲喂时足月儿的SSwB机制的

* 国家重点研发计划(No. 2021YFC2701000)和上海市“科技创新行动计划”长三角科技创新共同体领域项目(No. 21002411900)资助

Δ 通信作者, E-mail: humama2015@126.com

出版日期: 2023-11-20

内容、研究参数、评估工具以及物理干预方法进行综述,帮助早期识别母乳喂养困难、脑损伤并进行早期干预。

1 SSwB机制的内容

从外部观察来看: 婴儿吸吮时下颌会向下运动, 颊肌同时规律运动。GENNA认为新生儿颊部存在脂肪垫这一特殊生理结构, 有助于防止吸吮时脸颊凹陷而引起的负压降低^[10]。吞咽时, 颊肌和下颌恢复到原来的位置。吸吮分为非营养性吸吮(non-nutritive sucking, NNS)和营养性吸吮(nutritive sucking, NS)。NNS是指在安慰奶嘴/乳头上进行重复吸吮的动作, 没有液体吸出, 但有唾液的产生和吞咽; NS定义为在乳头/奶嘴上进行可重复性吸吮, 吸吮时的口腔负压能将液体(如乳汁、配方奶、5%葡萄糖溶液等)有效吸出^[11]。NNS期下颌上下运动距离较NS期短, 速度快。在母乳喂养期间, 嘴唇与乳房保持完全接触, 鼻部被母乳刺激便开始吸气和呼气^[12]。

从内部观察来看: 有研究指出口腔负压和吸吮正压是婴儿汲取乳汁的关键^[13-16]。口腔负压是指母乳喂养时婴儿软腭关闭鼻道, 口唇收紧, 下颌下降产生的压力^[16]。正压指的是婴儿含接乳头时, 舌头和上颚挤压乳头产生的压力。婴儿吸吮时舌头蠕动将累积在口腔内的乳汁推向环咽肌, 此时呼吸暂停约0.5 s, 方便吞咽。吞咽时会厌下降, 关闭气道, 防止乳汁误入气道。这是一个连续协调的过程, 间隔时间很短^[14, 17-18]。有研究指出母乳喂养期间婴儿的呼吸频率约60次/min, NS期间因为吞咽会持续中断呼吸, 所以呼吸频率相对减慢^[19]。

吸吮和吞咽是婴儿早期神经发育的重要体现。婴儿的吞咽和口腔运动功能在胎儿第9周就开始发育^[20], 吸吮动作在胎儿18~20周被观察到^[21], 因此正常情况是在出生时婴儿就有吸吮和吞咽功能。吸吮、吞咽和呼吸协调是安全有效母乳喂养的最佳方式。健康足月新生儿出生后通常能够实现这一模式^[22]。而吸吮、吞咽和呼吸的完全协调在胎儿32~34周实现^[23], 因此小于32周的早产儿发育不成熟, SSwB机制也未完善, 无法经口母乳喂养。SSwB机制的协调主要是由中央模式发生器(central pattern generators, CPGs)控制^[4, 24-25], CPGs的中间神经元存在于脑干中, 特别是延髓上端和脑桥区域^[25-26]。此外, SSwB机制涉及婴儿的反射活动, 如吸吮反射、吞咽反射、咳嗽反射等^[27-28]。这些反射由不同脑神经控制, 如吸吮反射由第5对三叉神经、第7对面神经、第9对舌咽神经和第12对舌下神经共同支配^[10]。因此, 母乳亲喂婴儿时SSwB机制不协调在一定程度上还可以协助判断足月儿的神经发育, 识别其脑损伤。

一般来说, 婴儿SSwB机制从外可观察婴儿面部肌肉、骨骼的运动, 从内可观察婴儿母乳亲喂时口腔内的压力等参数变化。二者结合并采用相应的测量工具可帮助判断SSwB机制的成熟程度。

2 SSwB机制的研究参数

2.1 单一参数

吸吮参数主要包括吸吮力、吸吮时间、吸吮速率等。婴儿吸吮时的口腔负压反映其吸吮力。早产儿和足月儿在吸吮力方面有所区别。足月儿的NS期和NNS期舌头表现出相同的吸吮力度, 而早产儿NNS期舌头的力度是NS期的2倍^[29]。GEDDES等^[16]提出吸吮循环中涉及吸吮力的参数包括基线负压和峰值负压。不同婴儿基线负压和峰值负压不同, 研究显示母亲母乳喂养乳房疼痛时, 其所喂养的婴儿有更高的基线和峰值负压^[30], 即婴儿吸吮力高可能导致亲喂时母亲乳房疼痛。吸吮时间包括吸吮持续时间和间歇时间, NS期吸吮持续时间比NNS期长^[31]。吸吮速率反映吸吮的速度, NS期吸吮速度比NNS期慢^[31]。总的来说, 在母乳亲喂过程中的NS期吸吮缓慢而持续, 这与射乳反射之后的乳汁流量增多有关。

母乳喂养时吞咽的研究参数主要是吞咽频率^[19], 而呼吸参数是血氧饱和度^[22, 31]和呼吸频率^[17, 19]。足月儿脉氧仪测量的血氧饱和度正常范围是97%~100%, NIZA等^[22]发现母乳喂养期间的血氧饱和度较喂养前降低。此外, 有研究指出母乳喂养期间的氧饱和度在足月儿出生后1~3个月内逐渐增加^[19]。母乳喂养时的呼吸频率平均在60~65次/min, NS期间婴儿呼吸频率比NNS期慢^[19]。

可见, SSwB机制研究的单一参数主要是吸吮、吞咽和呼吸方面, 吸吮的相关研究主要集中在足月儿和早产儿的NS和NNS的不同。吞咽和呼吸的参数研究略少, 特别是在母乳亲喂时关于吞咽和呼吸的特征研究较少, 今后可以在该方面进行更多的研究。此外, 尚未有研究探索不同胎龄新生儿吸吮、吞咽和呼吸的参数情况, 从而有助于对新生儿的母乳亲喂能力进行个体化评估。

2.2 联合参数

婴儿SSwB机制的联合参数主要包括: 吸吮吞咽比、吸吮呼吸比和吞咽呼吸比。婴儿吸吮和吞咽相协调主要用吸吮吞咽比这一参数来研究。有研究显示出生后前3周的足月儿吸吮吞咽比为1:1, 早产儿与之相似但是吸吮速度相对较慢^[4]。然而, 足月儿不断成熟, 吸吮吞咽比会发生变化, 如2个月时吸吮吞咽比在(1:1)~(4:1)之间变化^[32]。母乳喂养刚开始乳汁多、流速快, 后期乳汁少、速度下降, 乳汁流入口腔会刺激婴儿吸吮^[33], 因此吸

吮吞咽比增大。SAKALIDIS等^[19]研究指出足月儿生后2~4周时吸吮呼吸比协调稳定。此外,他们还指出足月儿在生后1个月以及2~4个月时吞咽呼吸比不变,也说明足月儿的吸吮、吞咽、呼吸在生后早期已经协调^[19]。

研究母乳喂养婴儿吸吮-吞咽-呼吸机制最直接的联合参数是吸吮:吞咽:呼吸,即SSwB比例。婴儿母乳喂养期间吸吮、吞咽、呼吸由中枢神经系统协调,呈非随机分布,有一定规律。传统观点认为SSwB比例为1:1:1或2:1:1,但是该结论来自奶瓶喂养。SAKALIDIS等^[19]发现不同吸吮模式下的SSwB比例有高度变异性,在NS期间从1:1:1变化至12:1:4,在NNS期间比例从2:0:1变化到23:1:23。该种变化和协调说明婴儿能够适应快速变化的乳汁流速,PRIME等^[34]研究得出同样结果。吸吮、吞咽、呼吸是否协调反映的是相关口面部肌肉组织发育是否成熟以及神经发育是否完善。目前对于神经发育是否完善的认识尚不清晰^[4]。

如上所述,SSwB机制的联合参数包括三项参数的两两联合和三项参数的联合,联合指标的研究指出正常婴儿生后SSwB机制已协调,随着生长发育该机制中三项参数的比例逐渐稳定。三项联合指标对帮助综合判断婴儿母乳亲喂时的协调能力有十分重要的意义。

3 SSwB机制的评估和测量

目前有许多研究关注婴儿母乳喂养时吸吮、吞咽和呼吸的评估和测量。刚开始评估婴儿的吸吮能力主要通过医护人员和治疗师使用戴手套的手指放在婴儿口腔内感受其吸吮压力,然而这并不是—种量性的评估方法。后来研究者提出一些量表来观察婴儿母乳喂养时的吸吮特征,例如新生儿口腔运动评估量表(Neonatal Oral-Motor Assessment Scale, NOMAS)^[35]等。这些量表也缺乏评估的客观数值。近年来人们逐渐将吸吮特征量化,研究出一系列的测量方法。目前测量婴儿母乳喂养时吸吮局部结构的方法分为4种,包括口面部运动、口腔内形状、肌肉活动和口腔内负压^[36]。婴儿口面部运动主要是通过摄像视频记录,从后期对视频的分析可以提取下颌、咽部的区域运动和口腔运动角度等信息^[37]。口腔内的形状主要通过超声测量,超声会显示出前后舌、腭等在母乳喂养过程中的运动^[15, 17, 38]。婴儿喂养时吸吮的面部肌肉活动主要通过表面肌电图测量,为我们提供了吸吮时肌肉的定量测量^[39]。母乳喂养时的口腔负压一般使用母亲乳头旁注满液体的导管和液体压力传感器测量^[15, 33, 40],然而这种方法使用时导管内液体可能漏入婴儿口中。后来CHEN等^[36]研究出的母乳喂养诊断装置有效地解决了这

个问题,该装置利用一个传统的胃管连接到一个空气压力传感器来测量婴儿的吸吮口腔负压,可更轻松、更迅速地获取婴儿口腔内吸吮负压数据,帮助更准确地评估婴儿吸吮。

婴儿吞咽困难简单的评估方法是颈部听诊。婴儿吞咽的测量一般不使用超声,因为超声捕捉吞咽三维解剖效果不理想^[41]。吞咽造影检查(video fluoroscopy swallow study, VFSS)是诊断吞咽困难的金标准^[42]。然而,VFSS很少用于母乳喂养婴儿的吞咽功能检查,因为其会使母婴接触辐射和钡剂^[43]。此外,纤维内窥镜吞咽评估(fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing, FEES)允许直接检查婴儿咽喉结构、吞咽、喂养和气道保护相关的生理学,临床用于在吞咽前后观察乳汁的位置并推断乳汁在吞咽过程中的轨迹^[43]。VFSS和FEES都不能实现动态实时观察的目标。目前国外有试点研究使用核磁共振检查来实时评估母乳喂养过程中的婴儿吞咽表现,检查过程中侧卧位喂养并注意用耳塞和纱布包裹母婴耳朵来保护听力^[41]。但是目前实时核磁共振检查仍存在侧卧不方便喂养、婴儿在密闭空间内体位难以维持等挑战^[41]。

母乳喂养过程中的呼吸测量主要使用脉氧仪^[22]。脉氧仪可以无创测量婴儿血氧饱和度,并提供母乳喂养过程中的心肺监测。此外,呼吸感应容积描记术也是一种无创测量方法,可以同时测量吞咽和呼吸^[17]。对于母乳喂养时婴儿吸吮、吞咽、呼吸整体机制的联合测量主要是通过观察记录单位时间内吸吮、吞咽和呼吸的数量,目前并没有专门测量联合参数的工具。

因此,目前尚缺乏—种直观评估婴儿母乳亲喂过程中SSwB机制整体协调性的测量和评估工具,而目前采用的观察母乳亲喂过程中的血氧饱和度、婴儿的吸吮表现和面色等方法来评估较为局限。

4 SSwB机制不协调时的物理干预方法

婴儿的神经发育具有可塑性,及早识别其异常并进行干预有利于改善婴儿预后^[44]。当婴儿脑损伤或发育不全导致SSwB机制不协调时,需要进行—定的物理干预,主要研究的是吸吮和吞咽干预。目前研究较多关注刺激婴儿各感官功能(包括视觉、听觉、触觉、嗅觉及前庭等),主要探讨听觉、触觉、视觉和前庭刺激(auditory, tactile, visual and vestibular, ATVV)干预对婴儿经口喂养的积极作用^[45],但并未指出经口喂养是否为母乳亲喂。多感官刺激的机制是通过外周刺激来促进婴儿大脑神经元的塑造和皮层重组^[46],在一定程度上改善吸吮^[45]、减少呼吸暂停^[47],促进婴儿经口喂养时SSwB机制的协调。

ATVV干预措施在各研究中大同小异。听觉干预包括吸吮时给予婴儿舒缓的音乐或母亲声音刺激^[48]。CHORNA等^[49]认为早产儿能够通过操作训练的条件反射提高口腔喂养技能,可以通过听觉刺激来学习吸吮和吞咽。SAJJADIAN等^[50]的研究还指出母亲声音能够使早产儿血氧饱和度更稳定。触觉感觉运动刺激的干预主要包括3类:口腔内干预(手/奶嘴对婴儿牙龈和舌头的刺激)、口周干预(抚摸或刺激婴儿的脸颊或嘴唇)和口腔外干预(抚摸婴儿头颈部、躯干或四肢)^[51-52]。口腔内干预还包括NNS, FOSTER等^[53]研究表明NNS有利于促进早产儿从管饲喂养过渡到经口喂养。视觉干预包括在婴儿母乳喂养吸吮时给予眼神接触^[45]或人脸视觉刺激。ZIMMERMAN等^[54]研究发现,与看汽车图片相比,看人脸图片时婴儿吸吮次数更多。前庭刺激即在吸吮时轻柔地水平摇晃婴儿^[44-45]。吞咽干预主要是在婴儿舌头上滴液体来刺激婴儿的吞咽。目前没有关于多感官刺激对母乳亲喂时婴儿血氧饱和度和心肺影响的研究。

综上,无论是早产儿脑发育不全还是足月儿脑损伤导致SSwB机制不协调,多感官刺激都有助于促进吸吮和吞咽的协调,从而减少呼吸暂停。然而不足的是,多数研究关注的是经口喂养,并未具体指明是否为母乳亲喂。多感官刺激为物理干预,非侵入性操作,简便易行,在临床和出院后家庭护理中有一定的优势。

5 小结和展望

目前我国学者主要从母亲角度探讨母乳亲喂困难的原因,婴儿层面研究相对较少。认识母乳亲喂婴儿的吸吮-吞咽-呼吸机制有着十分重要的意义。一方面认识异常机制可以帮助识别诊断婴儿的健康状况、脑和神经肌肉发育等,另一方面可以协助从不同环节进行干预提高婴儿的母乳亲喂效率,改善婴儿的营养状况并促进生长发育。母乳亲喂时婴儿吸吮-吞咽-呼吸机制的研究仍有许多空白,未来研究可在母乳亲喂不同胎龄早产儿时吸吮等参数的变化、促进母乳亲喂时喂养表现的措施等方面深入探索,此外还需要动态观察母乳亲喂时婴儿吸吮-吞咽-呼吸机制整体协调工具的研发。

* * *

作者贡献声明 裘梦凡负责论文构思、研究方法、初稿写作和审读与编辑写作,胡晓静负责论文构思、研究方法和审读与编辑写作。所有作者已经同意将文章提交给本刊,且对将要发表的本刊进行最终定稿,并同意对工作的所有方面负责。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] World Health Organization. Laws to protect breastfeeding inadequate in most countries. [2023-04-30]. <https://www.who.int/news/item/09-05-2016-laws-to-protect-breastfeeding-inadequate-in-most-countries>.
- [2] 叶芳, 林焱, 陈杰, 等. 0~5月龄婴儿母乳喂养困难调查及影响因素研究. 中国儿童保健杂志, 2018, 26: 290-293. doi: 10.11852/zgetbjzz2018-26-03-17.
- [3] 马尹梅, 牛建华, 谢亚丽. 住院新生儿早期哺乳困难的原因分析及护理. 当代护士(中旬刊), 2012, 105: 106.
- [4] LAU C. Development of suck and swallow mechanisms in infants. *Ann Nutr Metab*, 2015, 66 Suppl 5: 7-14. doi: 10.1159/000381361.
- [5] 陈华, 李秀娥, 杨鹏远, 等. 唇腭裂患儿早期喂养状况的调查研究. 中华护理杂志, 2013, 48: 530-533.
- [6] 周蓉. 舌系带成形术改善母乳喂养困难患儿的临床效果观察. 长沙: 湖南中医药大学, 2019.
- [7] 夏家爱, 张莹莹, 张晶, 等. 1例舌系带短母乳喂养困难新生儿的护理. 护理学杂志, 2019, 34(21): 39-41. doi: 10.3870/j.issn.1001-4152.2019.21.039.
- [8] WALSH J, TUNKEL D. Diagnosis and treatment of ankyloglossia in newborns and infants: a review. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2017, 143(10): 1032-1039. doi: 10.1001/jamaoto.2017.0948.
- [9] KRÜGER E, KRITZINGER A, POTTAS L. Breastfeeding and swallowing in a neonate with mild hypoxic-ischaemic encephalopathy. *S Afr J Commun Disord*, 2017, 64(1): e1-e7. doi: 10.4102/sajcd.v64i1.209.
- [10] GENNA C W. Supporting sucking skills in breastfeeding infants. Burlington: Massachusetts Jones & Bartlett Learning, 2012: 3.
- [11] WOLFF P H. The serial organization of sucking in the young infant. *Pediatrics*, 1968, 42(6): 943-956. doi: 10.1542/peds.42.6.943.
- [12] LIMEIRA A B, AGUIAR C M, De LIMA BEZERRA N S, *et al*. Association between breastfeeding and the development of breathing patterns in children. *Eur J Pediatr*, 2013, 172(4): 519-524. doi: 10.1007/s00431-012-1919-x.
- [13] ELAD D, KOZLOVSKY P, BLUM O, *et al*. Biomechanics of milk extraction during breast-feeding. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2014, 111(14): 5230-5235. doi: 10.1073/pnas.1319798111.
- [14] SAKALIDIS V S, WILLIAMS T M, GARBIN C P, *et al*. Ultrasound imaging of infant sucking dynamics during the establishment of lactation. *J Hum Lact*, 2013, 29(2): 205-213. doi: 10.1177/0890334412452933.
- [15] GEDDES D T, SAKALIDIS V S, HEPWORTH A R, *et al*. Tongue movement and intra-oral vacuum of term infants during breastfeeding and feeding from an experimental teat that released milk under vacuum only. *Early Hum Dev*, 2012, 88(6): 443-449. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2011.10.012.
- [16] GEDDES D T, KENT J C, MITOULAS L R, *et al*. Tongue movement and intra-oral vacuum in breastfeeding infants. *Early Hum Dev*, 2008, 84(7): 471-477. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2007.12.008.
- [17] SAKALIDIS V S, GEDDES D T. Suck-swallow-breathe dynamics in breastfed infants. *J Hum Lact*, 2016, 32(2): 201-211. doi: 10.1177/

- 0890334415601093.
- [18] CANNON A M, SAKALIDIS V S, LAI C T, *et al.* Vacuum characteristics of the sucking cycle and relationships with milk removal from the breast in term infants. *Early Hum Dev*, 2016, 96: 1–6. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2016.02.003.
- [19] SAKALIDIS V S, KENT J C, GARBIN C P, *et al.* Longitudinal changes in suck-swallow-breathe, oxygen saturation, and heart rate patterns in term breastfeeding infants. *J Hum Lact*, 2013, 29(2): 236–245. doi: 10.1177/0890334412474864.
- [20] DELANEY A L, ARVEDSON J C. Development of swallowing and feeding: prenatal through first year of life. *Dev Disabil Res Rev*, 2008, 14(2): 105–117. doi: 10.1002/ddrr.16.
- [21] Da COSTA S P, Van Den ENGEL-HOEK L, BOS A F. Sucking and swallowing in infants and diagnostic tools. *J Perinatol*, 2008, 28(4): 247–257. doi: 10.1038/sj.jp.7211924.
- [22] NIAZ S, KUMAR V, RAHIM A, *et al.* Variation in oxygen saturation by pulse oximetry during and after breastfeeding among healthy term neonates during early postnatal life at tertiary care hospital. *Cureus*, 2021, 13(7): e16564. doi: 10.7759/cureus.16564.
- [23] MIZUNO K, UEDA A. The maturation and coordination of sucking, swallowing, and respiration in preterm infants. *J Pediatr*, 2003, 142(1): 36–40. doi: 10.1067/mpd.2003.mpd0312.
- [24] MAYNARD T M, ZOHAN I E, MOODY S A, *et al.* Suckling, feeding, and swallowing: behaviors, circuits, and targets for neurodevelopmental pathology. *Annu Rev Neurosci*, 2020, 43: 315–336. doi: 10.1146/annurev-neuro-100419-100636.
- [25] BARLOW S M. Central pattern generation involved in oral and respiratory control for feeding in the term infant. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2009, 17(3): 187–193. doi: 10.1097/MOO.0b013e32832b312a.
- [26] MISTRY S, HAMDY S. Neural control of feeding and swallowing. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2008, 19(4): 709–728, vii–viii. doi: 10.1016/j.pmr.2008.05.002.
- [27] THACH B T. Maturation of cough and other reflexes that protect the fetal and neonatal airway. *Pulm Pharmacol Ther*, 2007, 20(4): 365–370. doi: 10.1016/j.pupt.2006.11.011.
- [28] THACH B T. Maturation and transformation of reflexes that protect the laryngeal airway from liquid aspiration from fetal to adult life. *Am J Med*, 2001, 111 Suppl 8A: 69s–77s. doi: 10.1016/s0002-9343(01)00860-9.
- [29] CAPILOUTO G J, CUNNINGHAM T, FREDERICK E, *et al.* Comparison of tongue muscle characteristics of preterm and full term infants during nutritive and nonnutritive sucking. *Infant Behav Dev*, 2014, 37(3): 435–45. doi: 10.1016/j.infbeh.2014.05.010.
- [30] SAKALIDIS V S, MCCLELLAN H L, HEPWORTH A R, *et al.* Oxygen saturation and suck-swallow-breathe coordination of term infants during breastfeeding and feeding from a teat releasing milk only with vacuum. *Int J Pediatr*, 2012, 2012: 130769. doi: 10.1155/2012/130769.
- [31] MIZUNO K, UEDA A. Changes in sucking performance from nonnutritive sucking to nutritive sucking during breast- and bottle-feeding. *Pediatr Res*, 2006, 59(5): 728–731. doi: 10.1203/01.pdr.0000214993.82214.1c.
- [32] LAGARDE M L J, Van ALFEN N, De GROOT S A F, *et al.* Adaptive capacity of 2- to 5-month-old infants to the flow, shape, and flexibility of different teats during bottle feeding: a cross-sectional study. *BMC Pediatr*, 2019, 19(1): 477. doi: 10.1186/s12887-019-1859-y.
- [33] TAKI M, MIZUNO K, MURASE M, *et al.* Maturation changes in the feeding behaviour of infants-- a comparison between breast-feeding and bottle-feeding. *Acta Paediatr*, 2010, 99(1): 61–67. doi: 10.1111/j.1651-2227.2009.01498.x.
- [34] PRIME D K, GEDDES D T, HEPWORTH A R, *et al.* Comparison of the patterns of milk ejection during repeated breast expression sessions in women. *Breastfeed Med*, 2011, 6(4): 183–190. doi: 10.1089/bfm.2011.0014.
- [35] PALMER M M, CRAWLEY K, BLANCO I A. Neonatal Oral-Motor Assessment scale: a reliability study. *J Perinatol*, 1993, 13(1): 28–35.
- [36] CHEN L, LUCAS R F, FENG B. A novel system to measure infants' nutritive sucking during breastfeeding: the breastfeeding diagnostic device (BDD). *IEEE J Transl Eng Health Med*, 2018, 6: 2700208. doi: 10.1109/jtehm.2018.2838139.
- [37] AIZAWA M, MIZUNO K, TAMURA M. Neonatal sucking behavior: comparison of perioral movement during breast-feeding and bottle feeding. *Pediatr Int*, 2010, 52(1): 104–108. doi: 10.1111/j.1442-200X.2009.02914.x.
- [38] GEDDES D T, CHADWICK L M, KENT J C, *et al.* Ultrasound imaging of infant swallowing during breast-feeding. *Dysphagia*, 2010, 25(3): 183–191. doi: 10.1007/s00455-009-9241-0.
- [39] FRANÇA E C, SOUSA C B, ARAGÃO L C, *et al.* Electromyographic analysis of masseter muscle in newborns during suction in breast, bottle or cup feeding. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2014, 14: 154. doi: 10.1186/1471-2393-14-154.
- [40] ZHANG F, XIA H, LI X, *et al.* Intraoral vacuum of breast-feeding newborns within the first 24 hr: Cesarean section versus vaginal delivery. *Biol Res Nurs*, 2016, 18(4): 445–453. doi: 10.1177/1099800416636687.
- [41] MILLS N, LYDON A M, DAVIES-PAYNE D, *et al.* Imaging the breastfeeding swallow: pilot study utilizing real-time MRI. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*, 2020, 5(3): 572–579. doi: 10.1002/lio2.397.
- [42] HERNANDEZ A M, BIANCHINI E M G. Swallowing analyses of neonates and infants in breastfeeding and bottle-feeding: impact on videofluoroscopy swallow studies. *Int Arch Otorhinolaryngol*, 2019, 23(3): e343–e353. doi: 10.1055/s-0039-1677753.
- [43] WILLETTE S, MOLINARO L H, THOMPSON D M, *et al.* Fiberoptic examination of swallowing in the breastfeeding infant. *Laryngoscope*, 2016, 126(7): 1681–1686. doi: 10.1002/lary.25641.
- [44] SHANDLEY S, CAPILOUTO G, TAMILIA E, *et al.* Abnormal nutritive sucking as an indicator of neonatal brain injury. *Front Pediatr*, 2020, 8: 599633. doi: 10.3389/fped.2020.599633.
- [45] MEDOFF-COOPER B, RANKIN K, LI Z, *et al.* Multisensory intervention for preterm infants improves sucking organization. *Adv*

- Neonatal Care, 2015, 15(2): 142–149. doi: 10.1097/anc.00000000000000166.
- [46] ETCHEPAREBORDA M C, ABAD-MAS L, PINA J. Multisensory stimulation. *Rev Neurol*, 2003, 36 Suppl 1: S122–S128.
- [47] LIM K, CRAMER S J E, TE PAS A B, *et al.* Sensory stimulation for apnoea mitigation in preterm infants. *Pediatr Res*, 2022, 92(3): 637–646. doi: 10.1038/s41390-021-01828-5.
- [48] CHHIKARA A, HAGADORN J I, LAINWALA S. Effect of maternal voice on proportion of oral feeding in preterm infants. *J Perinatol*, 2023, 43(1): 68–73. doi: 10.1038/s41372-022-01493-4.
- [49] CHORNA O D, SLAUGHTER J C, WANG L, *et al.* A pacifier-activated music player with mother's voice improves oral feeding in preterm infants. *Pediatrics*, 2014, 133(3): 462–468. doi: 10.1542/peds.2013-2547.
- [50] SAJJADIAN N, MOHAMMADZADEH M, ALIZADEH TAHERI P, *et al.* Positive effects of low intensity recorded maternal voice on physiologic reactions in premature infants. *Infant Behav Dev*, 2017, 46: 59–66. doi: 10.1016/j.infbeh.2016.11.009.
- [51] FUCILE S, MCFARLAND D H, GISEL E G, *et al.* Oral and nonoral sensorimotor interventions facilitate suck-swallow-respiration functions and their coordination in preterm infants. *Early Hum Dev*, 2012, 88(6): 345–350. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2011.09.007.
- [52] GRASSI A, SGHERRI G, CHORNA O, *et al.* Early intervention to improve sucking in preterm newborns: a systematic review of quantitative studies. *Adv Neonatal Care*, 2019, 19(2): 97–109. doi: 10.1097/anc.0000000000000543.
- [53] FOSTER J P, PSAILA K, PATTERSON T. Non-nutritive sucking for increasing physiologic stability and nutrition in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 10(10): Cd001071. doi: 10.1002/14651858.CD001071.pub3.
- [54] ZIMMERMAN E, DESOUSA C. Social visual stimuli increase infants suck response: a preliminary study. *PLoS One*, 2018, 13(11): e0207230. doi: 10.1371/journal.pone.0207230.

(2023-04-30收稿, 2023-11-03修回)

编辑 汤洁



开放获取 本文遵循知识共享署名—非商业性使用4.0国际许可协议(CC BY-NC 4.0), 允许第三方对本刊发表的论文自由共享(即在任何媒介以任何形式复制、发行原文)、演绎(即修改、转换或以原文为基础进行创作), 必须给出适当的署名, 提供指向本文许可协议的链接, 同时标明是否对原文作了修改; 不得将本文用于商业目的。CC BY-NC 4.0许可协议访问<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>。

© 2023《四川大学学报(医学版)》编辑部 版权所有