출산 경험이 인지기능에 미치는 영향

김현준¹ · 송준섭² · 박현경³ · 강남미⁴ · 정진주⁵ · 김민지⁵ · 정순철⁵ · 최미현⁵

건국대학교 의학전문대학원 산부인과학교실¹, 건국대학교 충주병원 소아청소년과², 서울의과학연구소³
 건국대학교 의료생명대학 간호학과⁴, 건국대학교 과학기술대학 ICT융합공학부 의학공학전공⁵

Effect of Birth Experience on Cognitive Function

Hyun-Jun Kim¹ · Joonsep Song² · Hyun-Kyung Park³ · Nam Mi Kang⁴
 Jin-Ju Jung⁵ · Min-Ji Kim⁵ · Soon-Cheol Chung⁵ · Mi-Hyun Choi⁵

Department of Obstetrics & Gynecology, School of Medicine, Konkuk University¹

Department of Pediatrics, Konkuk University Chungju Hospital²

Department of Laboratory Medicine, Seoul Clinical Laboratories³

Department of Nursing, Konkuk University⁴

*Department of Biomedical Engineering, Research Institute of Biomedical Engineering,
 College of Science & Technology, Konkuk University⁵*

Purpose: This study aimed to investigate whether birth experience affects short-term memory (1,2-back task) by examining parturient and non-parturient women.

Methods: A total of 31 women were enrolled in this study, of which 16 were parturient women who had given birth within the past 2 years (mean age: 33.9±2.2 years) and 15 were non-parturient (mean age: 31.4±2.1 years). The mean age did not significantly differ between the two groups, so the effects of age were eliminated. To match the level of education between the two groups, college graduation was an inclusion criterion. A 1,2-back task consisting of six alphabets from A-F was created using the SuperLab software. For each task, there were 100 stimuli (alphabets) and 30 answers. The participants practiced the task prior to the main experiment to ensure that they adequately understood the procedure.

Results: The correct answer rates in the 1-back and 2-back tasks were 93.56±22.23% and 76.89±21.98%, respectively, in the non-parturient group and 95±10.04% and 80.83±13.67%, respectively, in the parturient group. The reaction time in the 1-back and 2-back tasks were 650.57±173.77 ms and 736.77±138.35 ms, respectively, in the non-parturient group and 621.91±81.90 ms and 737.5±195.99 ms, respectively, in the parturient group. There were no significant differences in the answer rates between the two groups, suggesting that parturition did not have a significant impact on the 1,2-back task performance.

Conclusion: Birth experience does not significantly impair cognitive function. However, the findings of this pilot study are not highly reliable because of the limitations of the small sample size, degree of load, various types of working memory, and impact of hormones.

Key Words: pregnancy, birth experience, cognitive function

*본 연구는 제 31차 대한 주산의학회 추계학술대회에서 발표하였음.

*본 연구는 2017년도 정부재원(2017 교육부 이공학 개인기초연구지원사업)으로 한국연구재단의 지원을 받아 진행된 연구임(NRF-2017R1D1A3 B04031900).

교신저자: 김현준, 충청북도 충주시 충원대로 268, 건국대학교 의학전문대학원 산부인과학교실

전화번호: 043-840-8310, 팩스번호: 043-840-8962, E-mail: icarus@kku.ac.kr

접수일자: 2019년 2월 28일, 심사일자: 2019년 4월 3일, 게재확정일자: 2019년 4월 5일

서론

현재 우리나라는 세계적으로 유래를 찾기 어려운 정도의 저출산으로 인한 고령화의 촉진으로 인해 국가 생산성에 심각한 영향을 받을 것으로 우려되고 있다(Ahn et al., 2015). 많은 여성들은 임신을 원하며 임신과 출산의 기쁨을 만끽한다. 그러나 여성들은 연령의 증가로 인한 노화의 과정으로서의 인지 기능 변화보다 임신과 출산 경험으로 인하여 인지기능의 저하와 감정의 변화가 발생하거나 그 정도가 악화되는 것은 아닌지를 염려하며 임신하는 것을 두려워하기도 한다.

인지기능(認知技能, cognitive skills)이란 지식과 정보를 효율적으로 조작하는 능력을 말한다. 임신이나 출산 후 호소하는 기억력 변화의 패턴은 인식(recognition)이나 비기억성 업무(nonmemory task) 장애가 아닌 회상(recall) 장애가 주된 것으로 보아 해마에 끼치는 호르몬 작용에 의해 해마의 기능이 감소되어서인 것으로 보인다. 임신과 관련된 기억력 감소와 관련된 해마의 회백질 부위의 용적감소가 있었으나 2년 후 회복되는 것이 보고되었다. 기억력 변화는 심각한 수준은 아니었으며 일관되게 표출되는 것도 아니었다(Maggi et al., 1989; Silber et al., 1990; Henry & Rendell 2007; Spencer et al., 2008; Christensen et al., 2010).

다른 형태의 치매와 대조적으로 Alzheimer's 치매가 남성보다 여성에서 더 많이 발생하고 질병의 심각도나 진행 정도가 남성에 비해 심각한 것도 폐경 후 감소된 에스트로겐의 영향이 큰 것으로 알려져 있다(Baum et al., 2005). 건강 및 질병에서 인지기능과 기분 조절에 있어서의 성별 차이와 이들 영역에서의 신경 발생의 잠재적인 역할에 비추어 이에 대한 성호르몬의 영향은 필수적으로 고려되어야 한다(Craig et al., 2007; Kinsely et al., 2006).

임신 기간 동안 집중력 장애와 언어 표현 기술의 변화 등이 보고되고 있으며 인지기능의 저하와 기억력 감소 등도 보고되고 있다. 임신 중과 분만 후의 기억력에 변화가 있다는 주관적 변화는 객관적 변화라기보다는 수면 패턴의 변화와 지각(perception)의 변화로 인한 것과 관련 있는 것으로 여겨지고 있기도 한다(Keenan et al., 1998; Sharp et al., 1993). 임신 기간 중의 인지기능의 감소에 대한 불만은 심리적 스트레스와 육체적 스트레스의 증가를 반영하는 것으로 생각되고 있다.

이에 본 연구에서는 출산 경험이 인지기능에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구설계

본 연구는 일개 지역에 거주하는 분만부와 미분만부를 대상으로 출산 경험이 인지기능에 미치는 영향을 규명하기 위한 탐색연구(a pilot study)이다.

2. 연구대상

본 연구대상으로는 동일 지역에서 거주하는 여성으로 출산 경험의 유무를 이용하여 구분하여 2018년 3월부터 2018년 8월까지 모집하였다. 본 연구대상의 선정 기준은 대학 졸업 이상의 유사 학력의 젊은 여성으로 의사 소통이 가능하며 본 연구 목적을 이해하고 연구 참여에 동의한 자로 하였다.

3. 연구내용 및 절차

본 연구에서는 출산 후 2년 이내의 분만부 16명(평균 연령 33.9 ± 2.2 세)과 미분만부 15명(평균 연령 31.4 ± 2.1 세)의 여성으로 총 31명이 실험에 참여하였다. 두 그룹의 피실험자는 28세에서 37세까지의 여성으로 두 그룹의 연령 차이는 통계적으로 유의하지 않았기 때문에 연령의 효과를 배제할 수 있었다. 피험자 모집 시 두 그룹 모두 교육수준은 대학 졸업 이상으로 하였다. 연구 대상자들에게 실험에 관한 설명을 한 후 실험 동의서를 작성하도록 하였다.

분만부와 미분만부의 인지기능을 비교할 수 있는 여러 가지 과제 중 단기 기억 과제인 1,2-back 과제를 선택하였다. 1,2-back 과제는 단기 기억 과제 중 난이도가 있으면서도 피험자들이 어렵지 않게 문제를 풀 수 있다(Fig. 1). 자극 제시원 프로그램은 Super Lab (Cedrus)을 사용하였고, A~F까지 모니터 중앙에 총 6개의 자극을 하나씩 제시하였다.

Super Lab을 사용하여 모니터 중앙에 '스페이스바를 누르면 시작합니다(N-back)'이 제시된 후 연구 대상자가 준비되면 스페이스 바를 눌러 시작하였다. 자극은 800 ms (Task

Fig. 1. Example of 1,2-back task .

time) 동안 제시되었으며, 자극 간 제시 간격은 2,000 ms (Rest time)이다(Fig. 2). 연습 시행을 통하여 피실험자가 실험 절차를 충분히 이해한 다음 본 실험을 실시하였다. 1-back 과제는 제시되는 알파벳의 첫 번째 이전 경우와 같은 경우 스페이스 바를 누르고 아닐 경우 누르지 않는다. 2-back과제 또한 마찬가지로 두 번째 이전 경우와 같은 경우에만 스페이스 바를 누르도록 하였다. 한 과제당 100개의 자극이 제시되었으며, 이 중에서 정답은 30개였다. 모든 실험이 끝난 후 정답률을 계산하였다.

4. 분석 방법

분만부군과 미분만부군 사이에 정답률과 반응시간, 두 가지 종속 변수 사이에 차이가 있는지 확인하기 위해 선형 혼합 모형 분석(linear mixed model analysis)의 방법을 사용하여 비교하였다. 작업기억력의 부하량과 수행과제의 종류 그리고 수행과제의 순서가 정답률과 반응시간에 어떠한 영향을 미쳤는지를 비교하였다. 분만 전후의 1,2-back과제의 정답률과 반응 시간의 차이를 비교하기 위해 paired t-test를 SPSS version 24 (IBM Corporation)라는 프로그램을 사용하여 분석하였다. 모든 통계검정의 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

결 과

1. 환자군의 특성

출산 경험이 없는 미분만부는 15명이며 출산 경험이 있는 분만부는 16명으로 총 31명의 인지기능 검사를 비교 분석하였다. 미분만부의 평균 연령은 31.4 ± 2.1 세이며 분만부의 평균 연령은 33.9 ± 2.2 세로 유의한 차이는 보이지 않았다. 분만

형태는 질식분만이 7명 제왕절개술이 9명이었다. 인지기능 검사에 영향을 줄 수 있는 교육 정도는 대졸 이상의 학력 소지자로 하여 사회 경제적 수준을 유사화 하였다(Table 1).

2. N-back 과제 정답률(Hit rate)에 대한 일련인 혼합모형 분석결과

작업 기억력의 부하량이 1-back/2-back으로 증가함에 따라 참가자들이 N-back 검사의 정답률에 차이를 보이는지를 관찰하였다. 미분만부와 분만부의 두 군에서 작업 기억력의 부하량을 달리하여 수행한 N-back 과제의 정답률을 제시하였다(Table 2 and Fig. 3). 미분만부의 1-back 정답률은 93.56 ± 22.23 , 2-back 정답률은 $76.89 \pm 21.98\%$ 였다. 분만부의 1-back 정답률은 95 ± 10.04 , 2-back 정답률은 $80.83 \pm 13.67\%$ 로 나타났다. 두 군 사이에 N-back 과제에 대한 정답률을 비교하였을 때 유의한 차이가 관찰되지는 않았다. 작업 기억력의 부하량이 1-back/2-back으로 증가하였음에도 분만부의 정답률은 증가하였으나 통계학적으로 유의한 차이가 관찰되지는 않았다. 출산 전후의 정답률 비교를 위해 paired t-

Fig. 2. Experimental design.

Table 2. Hit Rate according to the Presence of Birth Experience

Hit rate	Non-parturient women	Parturient women	p value
1-back	93.56 ± 22.23	95 ± 10.04	0.859
2-back	76.89 ± 21.98	80.83 ± 13.67	0.533

Data represented as mean±standard deviation, unless otherwise stated.

Table 1. Demographic Characteristics of the Study Group

	Non-parturient women	Parturient women	p value
No. of women	15	16	NS
Age (yr)	31.4 ± 2.1	33.9 ± 2.2	NS
Range of age	28~36	29~37	NS
Education	College and above	College and above	NS
Mode of delivery			
Vaginal delivery		7	
Cesarean section		9	

Abbreviation: NS, not significant.

Data represented as mean±standard deviation, unless otherwise stated.

test를 실시하였다. 그 결과, 1-back ($p=0.859$)과 2-back ($p=0.533$) 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3. N-back 과제 반응시간에 대한 일변인 혼합모형 분석 결과

참가자들이 작업 기억력의 부하량에 따른 반응시간에 차이를 보이는지 비교 분석하였다. 미분만부와 분만부의 두 군에서 작업 기억력의 부하량을 달리하여 수행한 N-back 과제 시 반응시간을 제시하였다(Table 3 and Fig. 4). 미분만부의 1-back 반응시간은 650.57 ± 173.77 , 2-back 반응시간은 736.77 ± 138.35 ms 였다. 분만부의 1-back 반응시간은 621.91 ± 81.90 , 2-back 반응시간은 737.5 ± 195.99 ms로 나타났다. 두 군 사이에 N-back 과제에 대한 반응시간을 비교하였을 때 유의한 차이가 관찰되지는 않았다. 작업 기억력의 부하량이 1-back/2-back으로 증가하였음에도 분만부의 반응시간에 대한 통계학적으로 유의한 차이가 관찰되지는 않았다. 출산 전후의 반응시간 비교를 위해 paired t-test를 실시하였다. 그 결과, 1-back ($p=0.625$)과 2-back ($p=0.941$) 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 3. Reaction time according to the Presence of Birth Experience

Reaction time	Non-parturient women	Parturient women	p value
1-back	650.57 ± 173.77	621.91 ± 81.90	0.625
2-back	736.77 ± 138.35	737.5 ± 195.99	0.941

Data represented as mean $\pm$ standard deviation, unless otherwise stated.

Fig. 3. Accuracy in the 1-back and 2-back task between parturient and non-parturient women.

고 찰

임신은 출산 전에는 태아의 생존과 성장을 통하여 모체내에서 태아를 발달시키고 출산 후의 생존과 성장을 위하여 양육을 준비하는 과정이다. 이를 위하여 출산 전후 과정 전반에 걸쳐 이 과정을 준비하고 조절하기 위한 뇌의 적응과정이 필수적이다(Kinsely et al., 1999; Lambert et al., 2012; Hillerer et al., 2014).

에스트로겐 및 프로게스테론은 임신이 진행됨에 따라 생성과 분비가 증가된다. 이들 호르몬은 임신을 유지하고 안전한 출산을 보장하기 위해 필수적인 생리적 조절에 관여하며 또한 뇌의 신경 펩티드 시스템과의 상호 작용을 통해 또는 뇌에서 순환하는 펩티드 호르몬의 작용을 조절함으로써 임신 중 뇌에 중요한 영향을 끼치게 되어 뇌를 변화시키고 결과적으로 높은 수준의 모성 반응을 일으키는 여성의 행동을 이끌어낸다(Anderson & Rutherford, 2012; Brunton et al., 2010).

임신, 분만 및 산후 기간 동안 주요 호르몬의 변화는 산모의 뇌에 영향을 주어 감정이나 인지 기능 및 스트레스 조절의 변화 등을 초래한다. 사춘기 동안 생식선 자극 호르몬의 생산은 뇌의 광범위한 재구성을 조절하며, 폐경 후 생체 내 또는 외인성 스테로이드 호르몬 수준의 미묘한 변화에도 반응하여 신경 변성이 관찰된다(Pepper et al., 2009; Glynn, 2010). 그러나 임신은 급진적인 호르몬 변화와 생물학적 적응을 유발함에도 불구하고 임신이 인간의 뇌에 미치는 영향에 대해서는 많이 알려져 있지 않다.

모든 인지활동은 기억에 기반을 두며 머릿속에 정보를 갖고 있는 것은 매우 중요하다. 기억이란 일정한 정보를 등록(regi-

Fig. 4. Reaction time in the 1-back and 2-back task between parturient and non-parturient women.

stration)하고 저장(storage)한 뒤, 적절한 시점에 인출(retrieval)하는 능력을 말한다. 인간의 기억은 감각기억(sensory memory), 단기기억(short-term memory)/작업 기억(working memory), 장기기억(long-term memory) 등으로 분류된다. 감각기억은 시각, 청각, 촉각, 후각 등의 감각신호를 통해 입력되는 매우 짧은 시간 동안 기억되는 과정을 의미하며, 이 정보 중 일부가 단기기억과 작업 기억으로 저장된다. 작업 기억(working memory)은 감각기관을 통해 입력된 정보를 단기적으로 기억하며 능동적으로 이해하고 조작하는 과정을 일컫는 용어이다.

설치류가 임신하게 되면 새끼의 생존과 양육을 위해 뇌가 변화를 겪게 된다. 미로를 찾는 공간 기능이 강화되고 먹이를 찾는 능력이 강화되며 이 기능은 장기간 지속된다고 보고되었다(Love et al., 2005). 설치류를 대상으로 한 실험에서 기억력이 증가되는 결과를 보이지만 인간을 대상으로 한 연구에서는 기억력이 감소되는 결과를 나타내는 역설(rodent-human paradox)적 상황은 아기를 양육하는 상황과 관련된 동시 다발성 다중 작업이나 아기와 관련된 작업수행에서는 인간에게서 더 나은 결과를 보이는 종간의 생리적 차이가 있기 때문이라고 생각된다(Strathearn et al., 2008; Macbeth et al., 2010; Glynn, 2010).

본 연구에서는 인지기능에 중요한 변수로 작용할 수 있는 연령과 학력정도를 유사한 수준으로 일치시켜 사회 경제적 상태를 유사하게 추정하였다. 거주지역도 동일 생활권내로 한정시켜 연구를 진행하였다. 연구 시행 전 2년 이내의 분만 경험이 있는 군과 분만 경험이 없는 군으로 나누어 동일 작업 기억력의 부하량을 제공하며 정답률과 반응시간의 차이를 관찰하였다.

정답률은 작업 부하량이 증가함에도 불구하고 분만부 그룹이 미분만부 그룹에 비하여 상승하는 결과를 나타냈으나 통계학적으로 유의성이 관찰되지는 않았다. 출산 후 인지기능이 저하될지 모른다는 우려와 달리 분만부의 정답률이 증가되는 결과를 통하여 오히려 출산 후 인지기능이 개선될 수도 있다는 것을 확인할 수 있었다. 미분만부 그룹에 비하여 분만부 그룹에서 작업 부하량 증가에 따른 반응시간의 감소도 관찰되었으나 유의한 차이를 보이지는 않았다.

임신이 되면 에스트로겐 및 프로게스테론이 임신이 진행됨에 따라 생성과 분비가 증가하게 되며 이들 호르몬은 임신을 유지하고 출산을 위해 필수적인 생리적 조절에 관여하며 또한 뇌의 신경 펩티드 시스템과의 상호 작용을 통해 또는 뇌에

서 순환하는 펩티드 호르몬의 작용을 조절함으로써 임신 중 뇌에 중요한 영향을 미치게 되어 뇌를 변화시키고 결과적으로 높은 수준의 모성 반응을 일으키는 여성의 행동을 이끌어 낸다(Brunton et al., 2010; Swain et al., 2011; Hoekzema et al., 2017).

에스트로겐과 프로게스테론과 같은 스테로이드 호르몬은 각각의 수용체를 통하여 뇌에 영향을 끼치며 프로락틴과 같은 펩티드 호르몬은 선택적 수송을 통해 뇌혈관 장벽을 통과하여 뇌에 작용한다. 이러한 스테로이드-펩티드 사슬(steroid-peptide chain)은 estrogen/progesterone-relaxin-angiotensin II-vasopressin/oxytocin 사슬을 형성하여 임신 기간 동안 뇌에 영향을 끼치다가 임신 후반부 relaxin의 분비가 사라지면서 자동적으로 붕괴된다(Schumacher et al., 2007; Brunton et al., 2010).

에스트로겐과 관련된 뇌의 기억기능의 변화에 관한 실험은 인간과 동물 실험에서 많이 시행되어왔으며 에스트로겐의 부족이 뇌의 기억기능을 감소시키며 에스트로겐의 보충을 통하여 가역적으로 회복되었으며 특히 여성이 영향 받는 것은 언어적 기억(verbal memory)으로 양성 질환으로 양측 난소 절제술을 받은 여성의 감소된 기억이 에스트로겐 투여 후 가역적으로 회복되었다는 보고도 있다(Sherwin 1990).

본 연구를 통하여 출산 경험이 있는 분만부가 작업 부하량이 증가함에도 불구하고 정답률이 증가하고 반응시간도 감소하는 결과를 보임으로써 출산 경험이 인지기능을 개선시킬 수도 있다고 유추할 수 있었으나 통계학적으로는 유의한 차이를 보이지는 않았다. 이 결과는 출산 과정에서의 스트레스가 출산 후 인지기능의 저하를 초래하지는 않는다는 것으로 생각된다.

본 연구결과를 통해 임신과정과 출산 과정의 스트레스로 인해 인지기능이 저하될지 모른다는 염려를 감소시킬 수 있었으나 본 연구에는 몇 가지 제한 점이 있다.

첫째, 연구 대상자가 일개 지역 중심으로 편의 추출하였으므로 연구 결과 해석에 주의가 필요하다. 둘째, 피험자 수가 한정되어 있어 신뢰도 높은 결과를 표출했다고 단정하기는 어렵다. 셋째, 인지기능을 평가하기 위한 작업 기억량의 부하의 정도와 다양한 종류가 필요하다. 넷째, 혈중 호르몬 농도가 인지 기능에 미치는 영향에 대한 후속 연구가 필요하다.

결 론

본 연구는 임신과 출산 과정의 스트레스와 호르몬 등의 영

향으로 인하여 출산 전에 비하여 출산 후 인지기능이 감소할지 모른다는 불안감의 진위 여부를 파악하기 위한 인지기능의 변화 유무를 파악하고자 하는 데 목적이 있다. 일개 지역을 중심으로 유사한 연령대와 학력 정도를 보이는 여성을 대상으로 출산 경험이 인지기능 감소에 영향을 미치는 지를 보기 위한 탐색연구를 시행하였다. 출산 경험이 있는 분만부 그룹에서 정답률이 증가하고 반응시간이 감소하는 결과를 통하여 분만부가 미분만부에 비하여 인지기능이 개선되는 것을 유추할 수 있었으나 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러므로, 출산 경험은 인지기능 감소에 악영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 그러나 아직까지는 한정된 피험자 수, 인지기능을 평가하기 위한 작업 기억량의 부하의 정도와 다양한 종류 그리고 호르몬의 영향 등과 같은 제한 사항 때문에 신뢰도 높은 결과를 도출했다고 판단하기는 어렵다. 추후 이를 극복할 수 있는 후속 연구를 수행하여 임신과 출산에 대한 여성의 불안감을 해소하는 과정이 필요할 것이다.

참고문헌

- Ahn KH, Cho GJ, Hong SC, Oh MJ, Kim HJ. Socio-economic Effect of Childbirth. *J Korean Soc Matern Child Health* 2015;19(2):172-5.
- Anderson MV, Rutherford MD. Cognitive reorganization during pregnancy and the postpartum period: an evolutionary perspective. *Evol Psychol* 2012;10:659-87.
- Baum LW. Sex, hormones, and Alzheimer's disease. *J Gerontol A: Biol Sci Med Sci* 2005;60:736-43.
- Brunton PJ, Russell JA. Endocrine induced changes in brain function during pregnancy. *Brain Res* 2010;1364:198-215.
- Christensen H, Leach LS, Mackinnon A. Cognition in pregnancy and motherhood: prospective cohort study. *Br J Psychiatry* 2010;196:126-32.
- Craig MC, Murphy DG. Oestrogen, cognition and the maturing female brain. *J Endocrinol* 2007;19:1-6.
- Hoekzema E, Barba-Müller E, Pozzobon C, Picado M, Lucco F, García-García D, et al. Pregnancy leads to long-lasting changes in human brain structure. *Nat Neurosci* 2017;20(2):287-96.
- Glynn LM. Giving birth to a new brain: hormone exposures of pregnancy influence human memory. *Psychoneuroendocrinology* 2010;35(8):1148-55.
- Henry JD, Rendell PG. A review of the impact of pregnancy on memory function. *J Clin Exp Neuropsychol* 2007;29:793-803.
- Hillier KM, Jacobs VR, Fischer T, Aigner L. The maternal brain: an organ with peripartur plasticity. *Neural Plast* 2014;2014:5741-59.
- Keenan PA, Yaldoo DT, Stress MA, Fuerst DR, Ginsburg KA. Explicit memory in pregnant women. *Am J Obstet Gynecol* 1998;179:731-7.
- Kinsley CH, Trainer R, Stafisso-Sandoz G, Po Quadros, Keyser-Marcus L, Hearon C, et al. Motherhood and pregnancy hormones modify concentrations of hippocampal neuronal dendritic spines. *Horm Behav* 2006;49:131-42.
- Kinsley CH, Lambert KG. The maternal brain. *Sci Am* 2006;294:72-9.
- Kinsley CH, Madonia L, Gifford GW, Tureski K, Griffin GR, Lowry C, et al. Motherhood improves learning and memory. *Nature* 1999;402:137-8.
- Lambert KG. The parental brain: transformations and adaptations. *Physiol Behav* 2012;107(5):792-800.
- Love G, Torrey N, McNamara I, Morgan M, Banks M, Hester NW. Maternal experience produces long-lasting behavioral modifications in the rat. *Behav Neurosci* 2005;119:1084-96.
- Macbeth AH, Luine VN. Changes in anxiety and cognition due to reproductive experience: a review of data from rodent and human mothers. *Neurosci Biobehav* 2010;34:452-67.
- MacLean P. *The triune brain in evolution*. New York: Plenum Press; 1990.
- Maggi A, Susanna L, Bettini E, Mantero G, Zucchi I. Hippocampus: a target for oestrogen action in mammalian brain. *Mol Endocrinol* 1989;3:1165-70.
- Peper JS. Sex steroids and brain structure in pubertal boys and girls. *Psychoneuroendocrinology* 2009;4:332-42.
- Schumacher M, Guennoun R, Stein DG, De Nicola AF. Progesterone: therapeutic opportunities for neuroprotection and myelin repair. *Pharmacol Ther* 2007;116:77-106.
- Sharp Brindle PM, Brown MW, Turner GM. Memory loss during pregnancy. *BJOG* 1993;100(3):209-15.
- Sherwin BB, Phillips S. Estrogen and cognitive functioning in surgically menopausal women. *Ann. NY Acad Sci* 1990;592:474-5.
- Silber M, Almkvist O, Larsson B, Uvnas M. Temporary peripartur impairment in memory and attention and its possible relation to oxytocin concentration. *Life Sci* 1990;47:57-65.
- Spencer JL, Waters EM, Romeo RD, Wood GE, Milner TA, McEwen BS. Uncovering mechanisms of estrogen effects on hippocampal function. *Front Neuroendocrinol* 2008;29:219-37.
- Strathearn L, Li J, Fonagy P, Montague PR. What's in a smile? Maternal brain responses to infant facial cues. *Pediatrics* 2008;122:40-51.
- Swain JE. The human parental brain: in vivo neuroimaging. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2011;35:1242-54.