

임신 중 전자파 노출과 출산 결과 사이의 역학적 연관성

최종혁, 임형렬, 주현주, 하미나
단국대학교

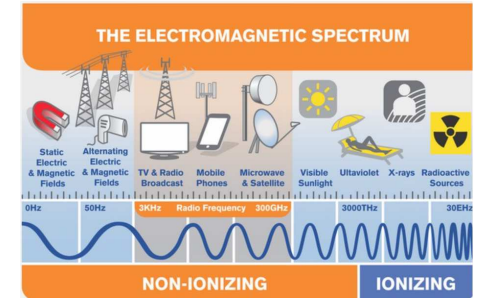
- 사사

- 어린이 환경보건 출생코호트 사업으로 부터 얻어진 결과임
- NIER번호: NIER-2021-04-02-156

- 발표내용은 연구자의 견해로 환경부 공식의견이 아님

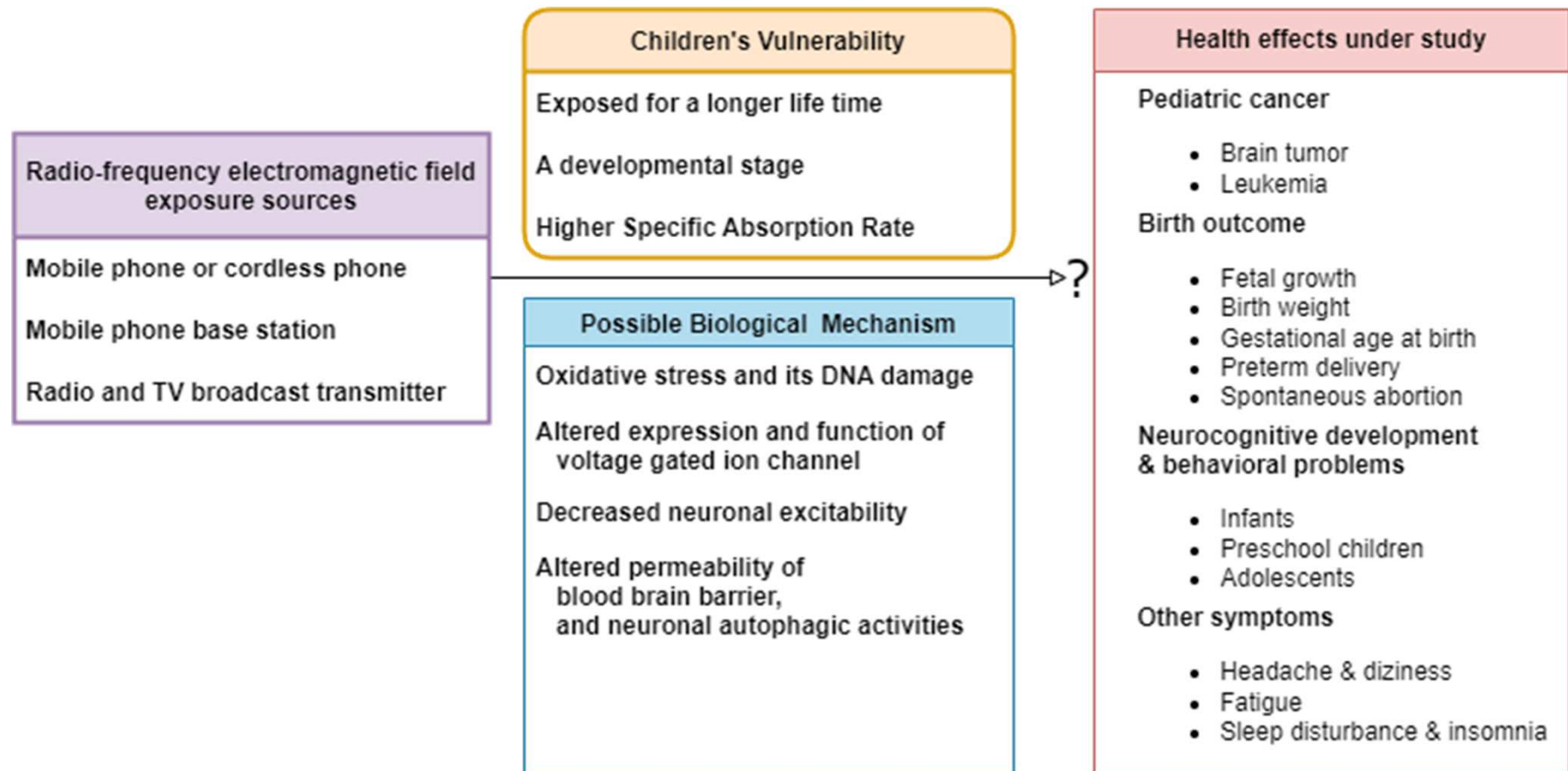
배경

전자파와 건강



- 2010년, INTERPHONE Study Group, Multinational case-control study: 성인에서 Glioma 위험 증가 시사
- 2013년, IARC는 RF EMF를 possibly carcinogenic to humans (Group 2B)로 분류
- 2022년, MOBI-Kids study, 소아 Brain tumor와 연관성 확인하지 못함

임신 중 전자파 노출 - 출생결과



과거 임신 중 전자파 노출 - 출생결과 역학 연구 결론



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Current Opinion in

Environmental Science & Health

Exposures to radio-frequency electromagnetic fields and their impacts on children's health – What the science knows?

Hyungrul Lim, Jonghyuk Choi, Hyunjoo Joo and Mina Ha

Table 1

The number and risk-of-bias tier of reviewed epidemiological studies grouped by the characteristics of exposure, outcome, study design, and reported association of adverse health effects.

Outcome (no. Of studies)	Exposure sources RF-EMF exposure time Suggesting adverse health effects									
	Near field source				Far field source				Near + Far field	
	Prenatal		Postnatal		Prenatal		Postnatal		Postnatal	
	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Neoplasm (13)										
Ecological design							②②		②②	
Cross-sectional										③
Case-Control				②②②					①①①①	
Cohort										①
Birth outcome (8)										
Cross-sectional	③	③			③					
Case-Control	②	②								
Cohort	②②	②								
Neurocognitive development (19)										
Cross-sectional			②	②②			①		②	②
Case-Control			②							
Cohort	②	②②②②②	①①②②	①②						
Behavioral problems (11)										
Cross-sectional			②	②			①②②			
Cohort	②②②②	②	②②②②							①

RF-EMF: radiofrequency electromagnetic field. Near-field source included exposure by mobile phone use and far-field source included exposure from radio/TV transmitters, mobile phone base stations.

According to OHAT(Office of Health Assessment and Translation, Division of the National Toxicology Program, U.S. National Institute of Environmental Health Sciences) risk-of-bias rating tool, grade was noted that the first tier (low risk of bias) as ①, the second tier (medium risk of bias) as ②, and the third tier (high risk of bias) as ③.

The number of circles in each cell denoted the number of studies that are not always consistent with the number of papers in the parentheses because some papers fall into multiple groups.

Mobile phone use during pregnancy: Which association with fetal growth?

Nathalie Boileau^{a,*}, François Margueritte^a, Tristan Gauthier^a, Nedjma Boukeffa^a,
Pierre-Marie Preux^b, Anaïs Labrunie^c, Yves Aubard^a

^a Department of Gynecology and Obstetrics, University Hospital Center of Limoges, 8 Avenue Dominique Larrey, 87042 Limoges cedex, France

^b University Limoges, UMR_S 1094, Tropical Neuroepidemiology, Institute of Neuroepidemiology and Tropical Neurology, 2 rue du Docteur Marcland, 87025 Limoges Cedex, France

^c University Hospital



Included (N=1378)

Table 3

Univariate and multivariate analyses of the primary endpoint.

Presence of an AUDIPOG score \leq 10th percentile	Univariate analysis		Multivariate* analysis	
	OR brut [IC95 %]	P-value	OR adj [IC95 %]	P-value
Phone time				
- 5 to < 15 min.d vs 0 to < 5 min.d	0.93 [0.56 ; 1.54]	0.0585	0.98 [0.58 ; 1.65]	0.9423
- 15 to < 30 min.d vs 0 to < 5 min.d	1.62 [0.98 ; 2.68]		1.68 [0.99 ; 2.82]	0.0508
- \geq 30 min.d vs 0 to < 5 min.d	1.48 [1.00 ; 2.19]		1.54 [1.03 ; 2.31]	0.0374
Tobacco consumption during pregnancy:				
- Giving up smoking vs. no consumption during pregnancy	0.77 [0.42 ; 1.4]	<.0001	0.82 [0.45 ; 1.52]	0.5387
- Continuing to smoke vs. no consumption during pregnancy	2.38 [1.64 ; 3.46]		2.40 [1.62 ; 3.56]	<.0001
Age of the mother:				
- 27 to < 30 yrs vs. < 27 yrs	1.60 [0.94 ; 2.71]	0.0945	1.63 [0.94 ; 2.80]	0.0788
- 30 to < 33 yrs vs. < 27 yrs	1.88 [1.12 ; 3.15]		1.90 [1.10 ; 3.28]	0.0206
- \geq 33 yrs vs. < 27 yrs	1.77 [1.07 ; 2.91]		1.88 [1.10 ; 3.20]	0.0203
Gestational AHT:				
- Yes vs. no	2.11 [1.24 ; 3.56]	0.0055	1.93 [1.11 ; 3.37]	0.0201

* OR adj : Odds Ratios adjusted on the study level of the mother, kind of contract of the mother, tobacco use, alcohol use, age of the mother, gestational AHT, history of AHT, gestational diabetes, history of diabetes.

Original Contribution

Associations of Maternal Cell-Phone Use During Pregnancy With Pregnancy Duration and Fetal Growth in 4 Birth Cohorts

Table 1. Availability of Data on Exposure and Outcomes and the Study Population for 4 Cohorts Included in an Analysis of Maternal Cell-Phone Use During Pregnancy and Birth Outcomes, 1996–2011

Study Cohort	Location of Cohort	Enrollment		Cell-Phone Use During Pregnancy			Pregnancy Duration and Fetal Growth Outcomes		Study Population	
		Time Period	No. of Pairs ^a Enrolled (n = 113,319)	Time of Data Collection	No. of Pairs (n = 56,079)	% of Those Enrolled (49.5%)	No. of Pairs (n = 65,637)	% of Those Enrolled (57.9%)	No. of Pairs Included in Analysis (n = 55,507)	% of Those Enrolled (49.0%)
DNBC	Denmark	1996–2002	101,032	7 years postnatal	50,040	49.5	54,498 ^b	53.9	49,668	49.2
ABCD	The Netherlands	2003–2004	8,266	7 years postnatal	2,611	31.6	7,812	94.5	2,597	31.4
INMA	Spain	2003–2008	2,270	Pregnancy	1,993	87.8	1,975	87.0	1,934	85.2
MOCEH	South Korea	2006–2011	1,751	Pregnancy	1,435	82.0	1,352 ^c	77.2	1,308	74.7

Abbreviations: ABCD, Amsterdam Born Children and Their Development Study; DNBC, Danish National Birth Cohort; INMA, Spanish Environment and Childhood Project; MOCEH, Korean Mothers and Children's Environment Health Study.
^a Number of mother-child pairs.
^b Out of 54,908 offspring whose mothers responded to the age 7 years questionnaire.
^c Out of 1,481 offspring whose mothers responded to the cell-phone use questionnaire.

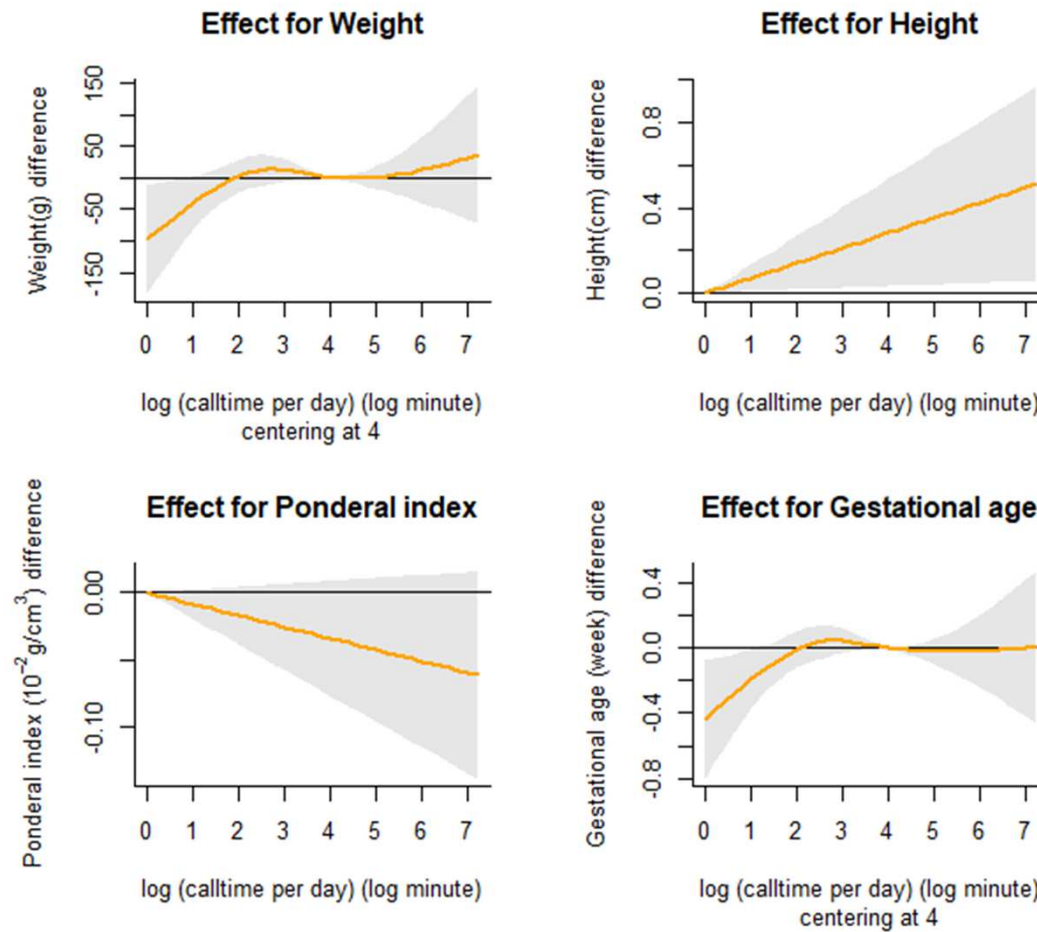
Table 4. Results From a Meta-Analysis of the Associations of Maternal Cell-Phone Use During Pregnancy With Pregnancy Duration and Fetal Growth Outcomes, 1996–2011

Birth Outcome ^a and Category of Maternal Cell-Phone Use ^b	No. of Cases	Unadjusted Results		Adjusted Results		P for Trend ^c
		OR	95% CI	OR ^c	95% CI	
Low birth weight						0.011
None	684	0.81 ^d	0.71, 0.93	0.87 ^d	0.76, 1.00	
Low	373	1.00	Referent	1.00	Referent	
Intermediate	251	1.04	0.89, 1.23	0.95	0.81, 1.13	
High	140	1.23	1.01, 1.51	1.13	0.92, 1.40	
High birth weight						0.268
None	7,244	1.02	0.87, 1.20	0.92	0.68, 1.24	
Low	2,739	1.00	Referent	1.00	Referent	
Intermediate	1,543	0.92	0.82, 1.03	0.96	0.83, 1.10	
High	662	0.89	0.77, 1.04	0.93	0.78, 1.11	
Preterm birth						0.003
None	1,145	0.90	0.80, 1.00	0.96	0.86, 1.07	
Low	539	1.00	Referent	1.00	Referent	
Intermediate	393	1.17	1.02, 1.34	1.12	0.97, 1.28	
High	194	1.21	1.02, 1.44	1.28	0.87, 1.88	

Table 4. Continued

Birth Outcome ^a and Category of Maternal Cell-Phone Use ^b	No. of Cases	Unadjusted Results		Adjusted Results		P for Trend ^c
		HR	95% CI	HR ^c	95% CI	
Gestational age at birth						<0.001
None		1.00	0.98, 1.02	0.99	0.97, 1.01	
Low		1.00	Referent	1.00	Referent	
Intermediate		1.01	0.96, 1.06	1.04	1.01, 1.07	
High		1.01	0.98, 1.05	1.02	0.98, 1.06	

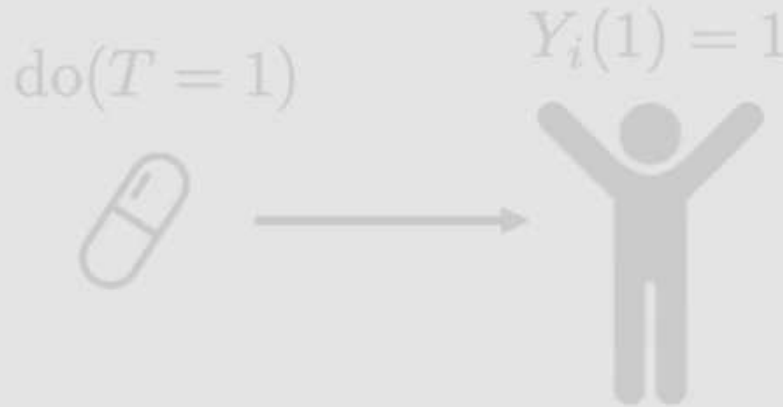
본 역학연구의 기존 결과



전자파와 건강 이전에...

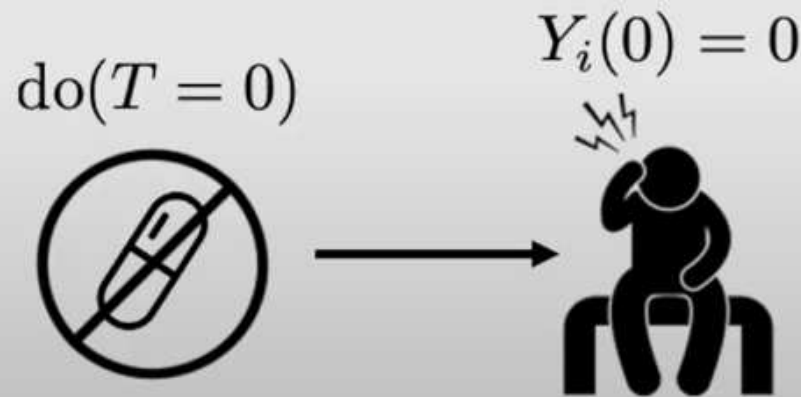
인과관계가 가지는 근본문제 (원리적문제)

Counterfactual



T : observed treatment
 Y : observed outcome
 i : used in subscript to denote a specific unit/individual
 $Y_i(1)$: potential outcome under treatment
 $Y_i(0)$: potential outcome under no treatment

Factual

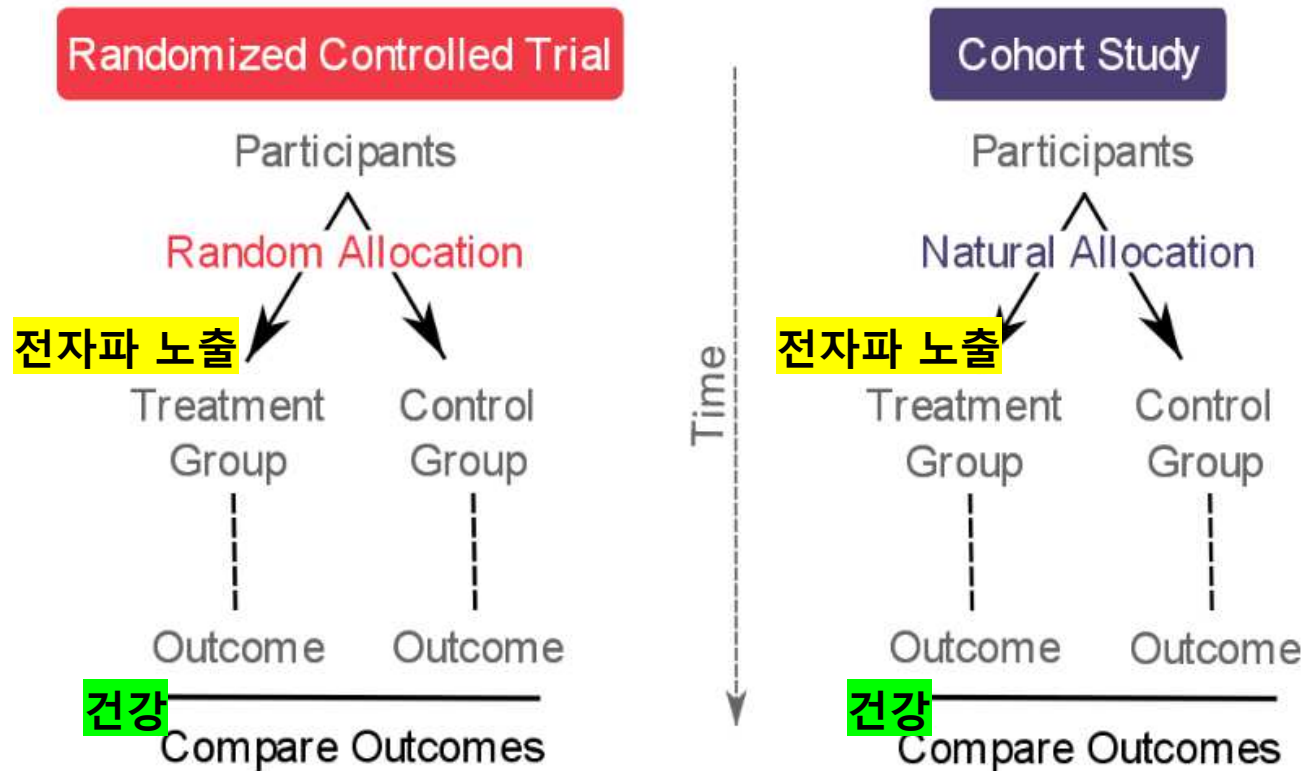


Causal effect

$$Y_i(1) - Y_i(0) = 1$$

인간대상 연구에서 입증을 위한 노력

RCT와 역학연구의 차이



전자파 역학연구에서 인과 추론 적용의 필요성

- 기존 결과들의 비일관성
- 수많은 교란변수와 여러 거시 변수간 복잡한 관계
- 역학 관찰연구의 근본적 한계
- 모델 세팅에 따라 결과가 달라져 판단이 어려움

역학연구에서 인과추론 방법론 소개

- 이중차분분석 (Difference in differences, DiDs)
- 단속적/단절적/절단적 시계열분석(Interrupted Times series, ITS)
- 도구변수 분석(Instrumental Variable analysis, IV)
- **성향점수 활용 분석 (Propensity score analysis, PS)**
- ...

성향점수

- Propensity score
- 다른 특성들이 주어졌을 때, 처지군에 할당 될 확률
 - The probability of treatment assignment conditional on observed baseline characteristics (Rosenbaum and Rubin (1983))

$$e_i = Pr(Z_i = 1 | \mathbf{X}_i)$$

관찰연구에서 성향점수 이용 목적

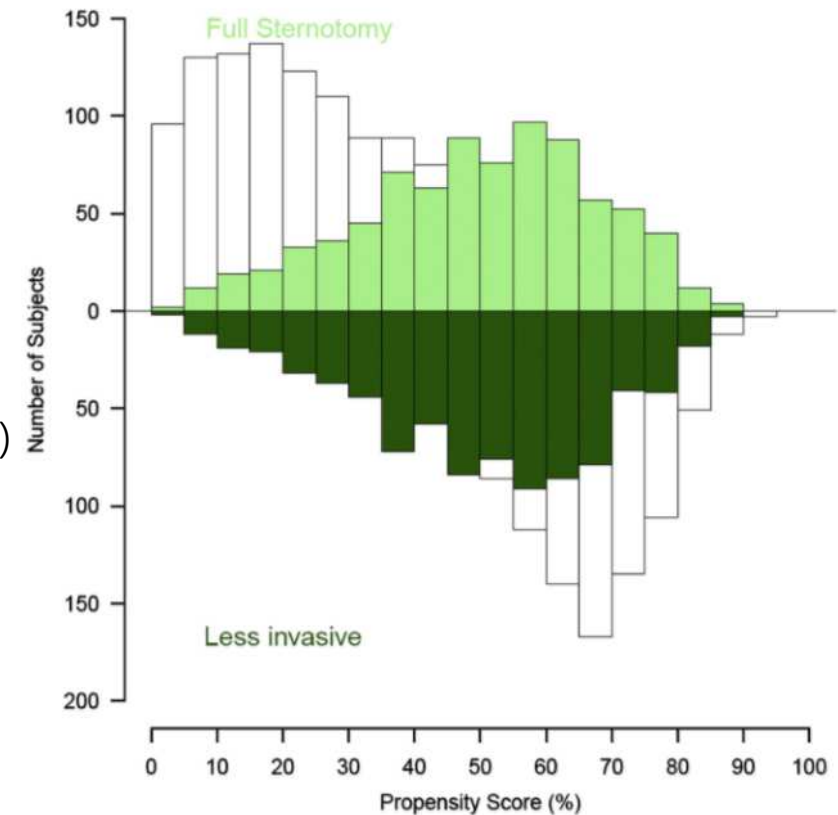
- 관찰연구에서 두 군에 할당될 확률(=성향점수)를 이용한 분석으로 RCT를 모방할 수 있도록 함
- 성향점수를 통제함으로써, 여러 공변수 분포를 두 군 간에 비슷하도록 만들어 줌
- 성향점수를 이용하여 두 군의 비교성을 높여줌
- 교란변수의 효과를 통제

성향점수를 활용한 연구의 과정

- 1단계 : 성향점수 모델링
 - Propensity score modeling
 - 성향점수 활용
 - 두 군이 비슷한지 균형 확인 (Balance diagnostics)
- 2단계 : 결과변수 분석 (처치효과 추정)

성향점수의 활용

- 매칭 (matching)
- 층화 (stratification)
- 가중치 (inverse probability of treatment weighting, IPTW)
- 공변수 보정 (covariates adjustment)



성향점수 활용하고 있는 여러 연구들

- Percutaneous coronary intervention(PCI)와 coronary-artery bypass grafting (CABG) 의 생존율 비교 연구
 - Comparative Effectiveness of Revascularization Strategies
- 대사증후군환자와 비환자의 수술후 합병증 비교 연구
 - Metabolic Syndrome Affects Midterm Outcome After Coronary Artery Bypass Grafting
- 심근경색 스텐트 종류에 따른 생존율 비교 연구
 - Effectiveness and Safety of Drug-Eluting Stents in Ontario
- 폭염 주의보 시스템의 사망위험 감소 평가 연구
 - The Use of a Quasi-Experimental Study on the Mortality Effect of a Heat Wave Warning System in Korea
- 초미세먼지의 사망영향 연구
 - Causal Effects of Air Pollution on Mortality Rate in Massachusetts
- 전자파 건강 역학 연구?

연구방법

어린이환경보건출생코호트



- Ko-CHENS: Korean Children's Environmental health Study

	상세코호트	대규모코호트
조사기간	2015~2036년 (22년간, 산모 / 영유아~ 18세 청소년)	
모집기간	2015년~2018년 (4년)	2015년~2019년 (5년)
모집인원	5,000명 모집	65,000명 모집
모집기관	산부인과	보건소
추적관찰	20년간 추적관찰	모바일 설문지

분석 변수 세팅

- **노출변수**

- 하루평균 휴대폰 통화시간(분)
 - 하루평균 통화횟수(회) * 1통평균 통화시간(분)

- **결과변수**

- 조산, 저체중아, 출생체중, 출생키, Ponderal index, 재태기간

분석 데이터

분만기록지 데이터
설문지 데이터
생체시료 데이터
임상검사 데이터

전체 대상자
* 분만기록지 존재 대상자
5213명

하루평균 휴대폰 통화 시간(분) missing 제외
출생 키, 출생 체중, 조산, 저체중아, 재태기간 missing 제외
다태아 제외

분석포함 대상자
4893명

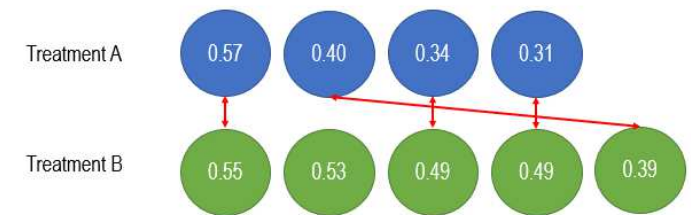
기타 연속형 공변수들 missing 제외

분석포함 대상자
4628명

성향점수 활용 분석

- **Propensity score matching analysis**

- # of Matches: 1:1
- Nearest neighbor matching (Greedy matching)



- **IPTW weighting analysis**

- 처치할당과 독립적인 공변수 분포를 갖는 모집단을 추정
 - 가중치 = 대상자가 실제 받은 처치를 처치 받을 확률의 역수

$$w_i = \frac{Z_i}{e_i} + \frac{(1-Z_i)}{1-e_i}$$

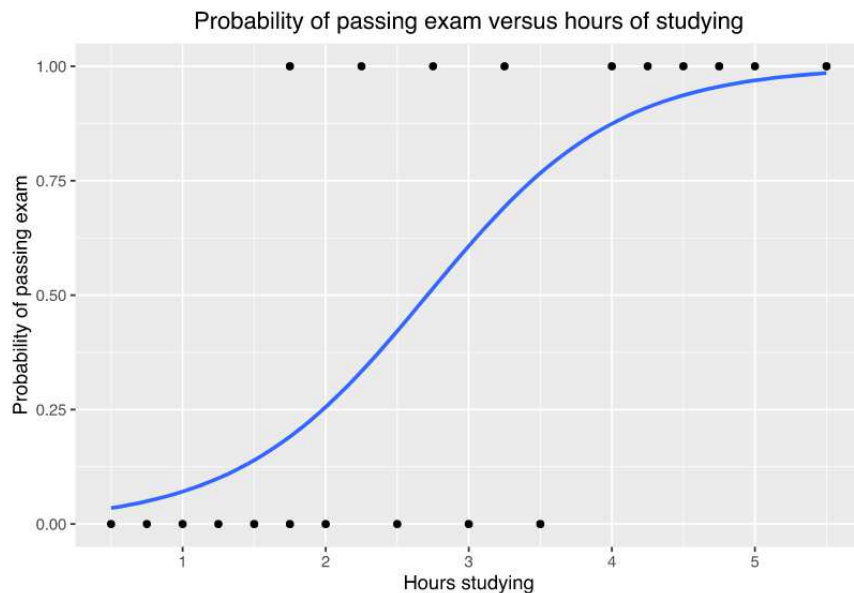
i=i번째 대상자, w= 가중치, Z=처치 여부 (처치=1, 비처치=0), e=성향점수

노출군과 성향점수 정의

- 노출군
 - 휴대폰 통화량 높은 대상자 군: 75번째 백분위수로 구분.
- 노출군 할당 확률
 - 성향점수: 다른 특성들이 주어졌을 때, **휴대폰 통화량 높은 대상자 군 (처지군)에 할당 될 확률**

성향점수 계산

- 휴대폰 통화량 높은 대상자 군 여부를 여러가지 관찰된 특성으로 추정하는 model을 통해 확률을 계산
 - **Multiple Logistic regression** 이용
 - Logistic regression이 가장 흔함. Random forests나 neural networks 같은 방법도 가능.



성향점수 구성 변수

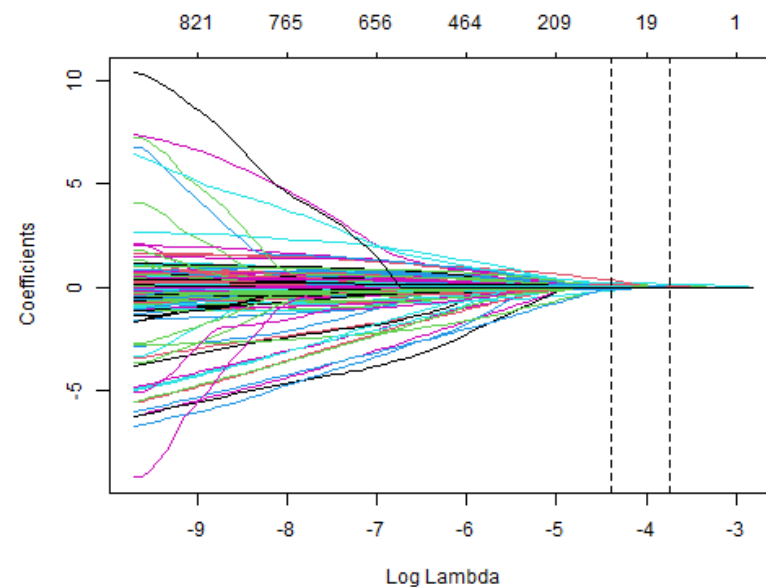
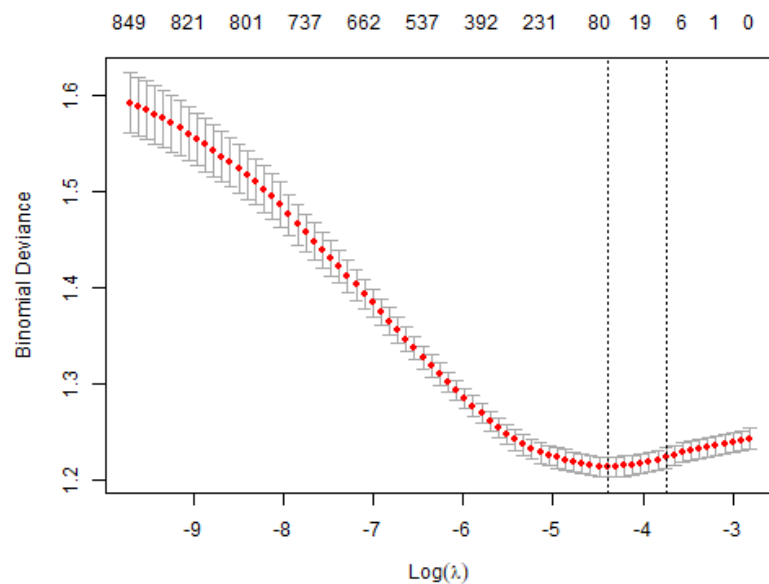
기본: 출산시 연령, 현재 흡연, 현재 음주, 운동 횟수, 고혈압, 고지혈증, 당뇨병, 산모 BMI, 가구 소득, 근무형태, 아이성별, 분만 횟수, 출산 연도, 출산 월, 출산 형태

추가: LASSO regression을 통한 변수선택
(L1 regularization; 10-fold CV 1SE lamda selection)

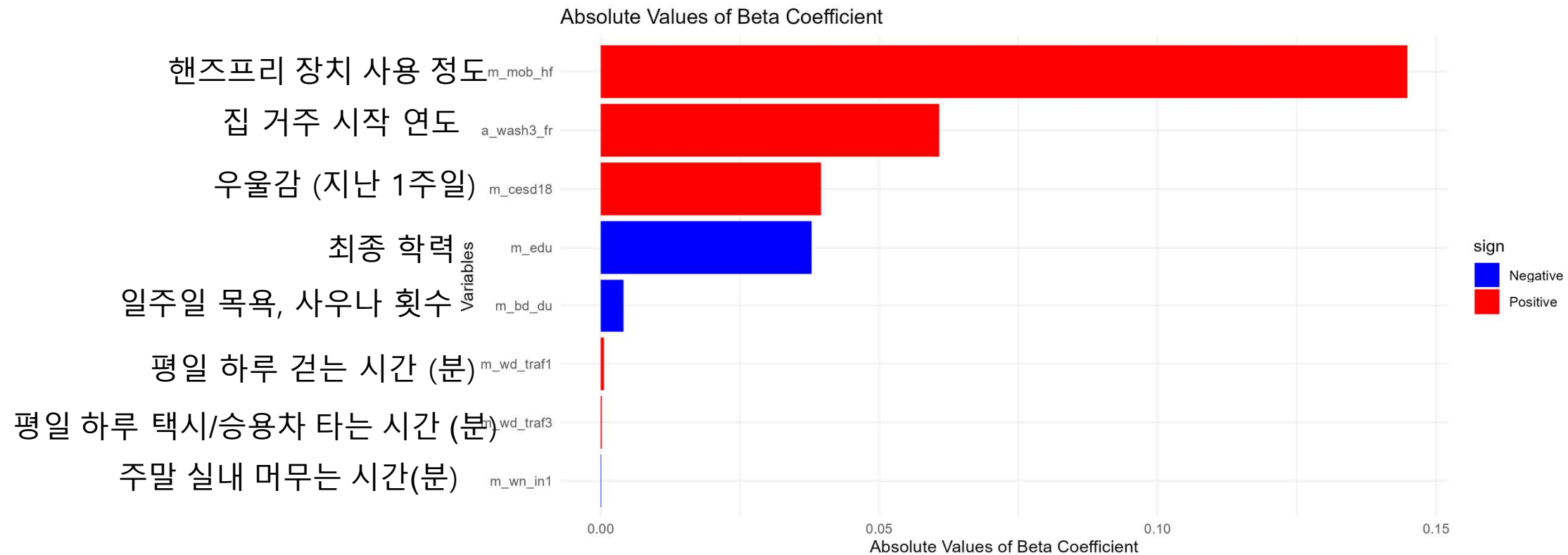
결과

Propensity score 만들기 위한 추가 변수 선택

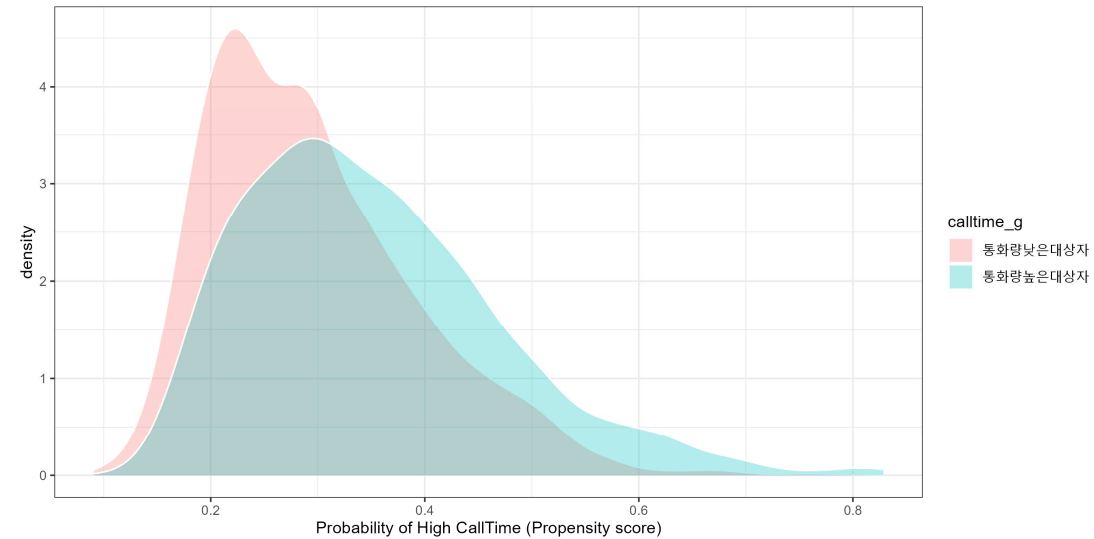
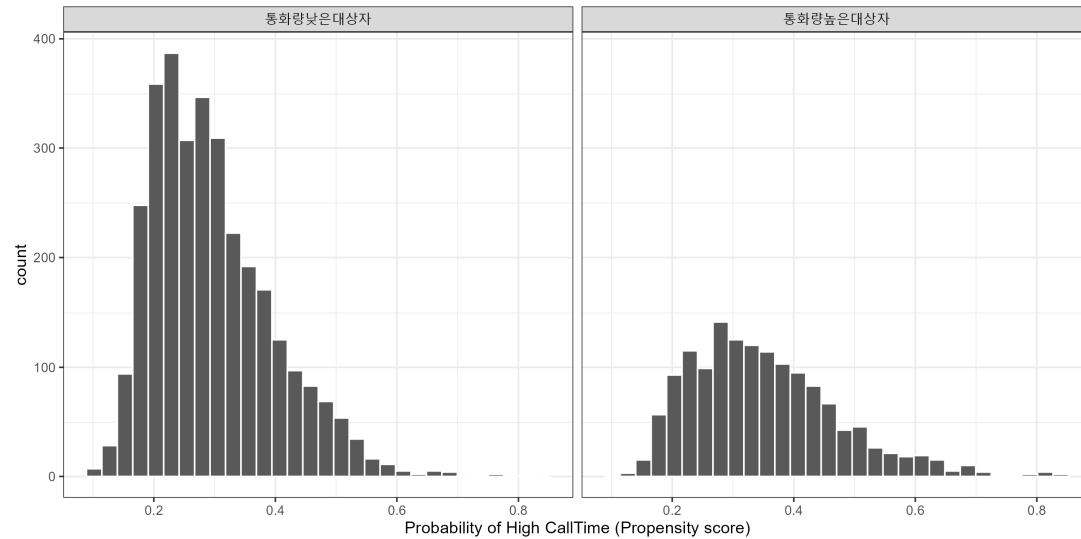
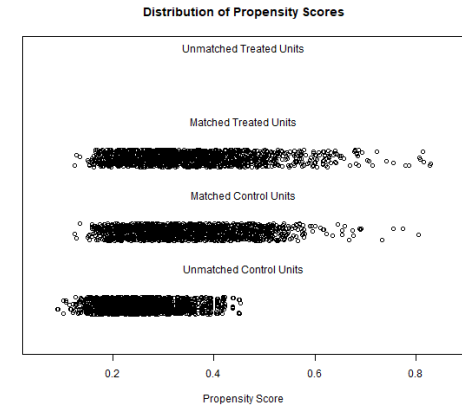
- 966개 공변수
 - 분만기록지, 설문지, 생체시료, 임상검사 데이터
- LASSO regression



LASSO 결과 요약



매칭 전 성향점수 분포



매칭 전 밸런스

매칭 후 밸런스

	전체대상자 (N=4628)	통화량낮은대상자 (N=3180)	통화량높은대상자 (N=1448)	p-value	전체대상자 (N=2896)	통화량낮은대상자 (N=1448)	통화량높은대상자 (N=1448)	p-value
연령 (세)								
Mean (SD)	32.8 (3.86)	32.9 (3.79)	32.7 (4.02)	0.430	32.8 (3.91)	32.8 (3.80)	32.7 (4.02)	0.524
Median [Min, Max]	33.0 [19.0, 47.0]	33.0 [19.0, 46.0]	33.0 [19.0, 47.0]		33.0 [19.0, 47.0]	33.0 [19.0, 45.0]	33.0 [19.0, 47.0]	
현재 흡연								
아니오	573 (12.4%)	378 (11.9%)	195 (13.5%)	0.307	380 (13.1%)	185 (12.8%)	195 (13.5%)	0.628
예	27 (0.6%)	18 (0.6%)	9 (0.6%)		15 (0.5%)	6 (0.4%)	9 (0.6%)	
흡연 안함	4028 (87.0%)	2784 (87.5%)	1244 (85.9%)		2501 (86.4%)	1257 (86.8%)	1244 (85.9%)	
현재 음주								
아니오	3510 (75.8%)	2414 (75.9%)	1096 (75.7%)	0.316	2201 (76.0%)	1105 (76.3%)	1096 (75.7%)	0.771
예	83 (1.8%)	63 (2.0%)	20 (1.4%)		36 (1.2%)	16 (1.1%)	20 (1.4%)	
음주 안함	1035 (22.4%)	703 (22.1%)	332 (22.9%)		659 (22.8%)	327 (22.6%)	332 (22.9%)	
운동 횟수								
주1~2회	223 (4.8%)	140 (4.4%)	83 (5.7%)	0.406	163 (5.6%)	80 (5.5%)	83 (5.7%)	0.997
주3~4회	285 (6.2%)	195 (6.1%)	90 (6.2%)		183 (6.3%)	93 (6.4%)	90 (6.2%)	
주5~6회	86 (1.9%)	59 (1.9%)	27 (1.9%)		53 (1.8%)	26 (1.8%)	27 (1.9%)	
거의 매일	39 (0.8%)	26 (0.8%)	13 (0.9%)		25 (0.9%)	12 (0.8%)	13 (0.9%)	
결측값	3995 (86.3%)	2760 (86.8%)	1235 (85.3%)		2472 (85.4%)	1237 (85.4%)	1235 (85.3%)	
고혈압								
아니오	4569 (98.7%)	3146 (98.9%)	1423 (98.3%)	0.088	2851 (98.4%)	1428 (98.6%)	1423 (98.3%)	0.548
예	59 (1.3%)	34 (1.1%)	25 (1.7%)		45 (1.6%)	20 (1.4%)	25 (1.7%)	
고지혈증								
아니오	4535 (98.0%)	3118 (98.1%)	1417 (97.9%)	0.751	2831 (97.8%)	1414 (97.7%)	1417 (97.9%)	0.802
예	93 (2.0%)	62 (1.9%)	31 (2.1%)		65 (2.2%)	34 (2.3%)	31 (2.1%)	
당뇨병								
아니오	4596 (99.3%)	3155 (99.2%)	1441 (99.5%)	0.337	2883 (99.6%)	1442 (99.6%)	1441 (99.5%)	1.000
예	32 (0.7%)	25 (0.8%)	7 (0.5%)		13 (0.4%)	6 (0.4%)	7 (0.5%)	

매칭 전 밸런스

매칭 후 밸런스

	전체대상자 (N=4628)	통화량낮은대상자 (N=3180)	통화량높은대상자 (N=1448)	p-value	전체대상자 (N=2896)	통화량낮은대상자 (N=1448)	통화량높은대상자 (N=1448)	p-value
산모 BMI								
Mean (SD)	21.9 (3.47)	21.9 (3.37)	22.1 (3.68)	0.435	22.1 (3.63)	22.1 (3.58)	22.1 (3.68)	0.561
Median [Min, Max]	21.2 [14.8, 44.6]	21.2 [14.8, 44.6]	21.2 [15.0, 41.8]		21.3 [15.0, 44.6]	21.3 [15.6, 44.6]	21.2 [15.0, 41.8]	
가구 소득								
100만원 미만	33 (0.7%)	24 (0.8%)	9 (0.6%)	0.142	15 (0.5%)	6 (0.4%)	9 (0.6%)	0.954
100-200만원 미만	282 (6.1%)	184 (5.8%)	98 (6.8%)		189 (6.5%)	91 (6.3%)	98 (6.8%)	
200-300만원 미만	1132 (24.5%)	756 (23.8%)	376 (26.0%)		748 (25.8%)	372 (25.7%)	376 (26.0%)	
300-400만원 미만	1206 (26.1%)	815 (25.6%)	391 (27.0%)		773 (26.7%)	382 (26.4%)	391 (27.0%)	
400-500만원 미만	859 (18.6%)	617 (19.4%)	242 (16.7%)		499 (17.2%)	257 (17.7%)	242 (16.7%)	
500-600만원 미만	600 (13.0%)	421 (13.2%)	179 (12.4%)		365 (12.6%)	186 (12.8%)	179 (12.4%)	
600만원 이상	516 (11.1%)	363 (11.4%)	153 (10.6%)		307 (10.6%)	154 (10.6%)	153 (10.6%)	
근무 형태								
주간근무	2725 (58.9%)	1881 (59.2%)	844 (58.3%)	0.782	1684 (58.1%)	840 (58.0%)	844 (58.3%)	0.914
교대근무	269 (5.8%)	178 (5.6%)	91 (6.3%)		183 (6.3%)	92 (6.4%)	91 (6.3%)	
야간근무	32 (0.7%)	21 (0.7%)	11 (0.8%)		19 (0.7%)	8 (0.6%)	11 (0.8%)	
결측값	1602 (34.6%)	1100 (34.6%)	502 (34.7%)		1010 (34.9%)	508 (35.1%)	502 (34.7%)	
아이 성별								
남아	2377 (51.4%)	1627 (51.2%)	750 (51.8%)	0.713	1503 (51.9%)	753 (52.0%)	750 (51.8%)	0.941
여아	2251 (48.6%)	1553 (48.8%)	698 (48.2%)		1393 (48.1%)	695 (48.0%)	698 (48.2%)	
분만 횟수								
1회	3224 (69.7%)	2203 (69.3%)	1021 (70.5%)	0.834	2027 (70.0%)	1006 (69.5%)	1021 (70.5%)	0.973
2회	1144 (24.7%)	798 (25.1%)	346 (23.9%)		705 (24.3%)	359 (24.8%)	346 (23.9%)	
3회	234 (5.1%)	162 (5.1%)	72 (5.0%)		146 (5.0%)	74 (5.1%)	72 (5.0%)	
4회	24 (0.5%)	16 (0.5%)	8 (0.6%)		16 (0.6%)	8 (0.6%)	8 (0.6%)	
5회	2 (0.0%)	1 (0.0%)	1 (0.1%)		2 (0.1%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)	
출산 연도								
2015	46 (1.0%)	31 (1.0%)	15 (1.0%)	0.593	31 (1.1%)	16 (1.1%)	15 (1.0%)	0.991
2016	2133 (46.1%)	1442 (45.3%)	691 (47.7%)		1373 (47.4%)	682 (47.1%)	691 (47.7%)	
2017	1342 (29.0%)	928 (29.2%)	414 (28.6%)		826 (28.5%)	412 (28.5%)	414 (28.6%)	
2018	949 (20.5%)	668 (21.0%)	281 (19.4%)		569 (19.6%)	288 (19.9%)	281 (19.4%)	
2019	158 (3.4%)	111 (3.5%)	47 (3.2%)		97 (3.3%)	50 (3.5%)	47 (3.2%)	

매칭 전 밸런스

매칭 후 밸런스

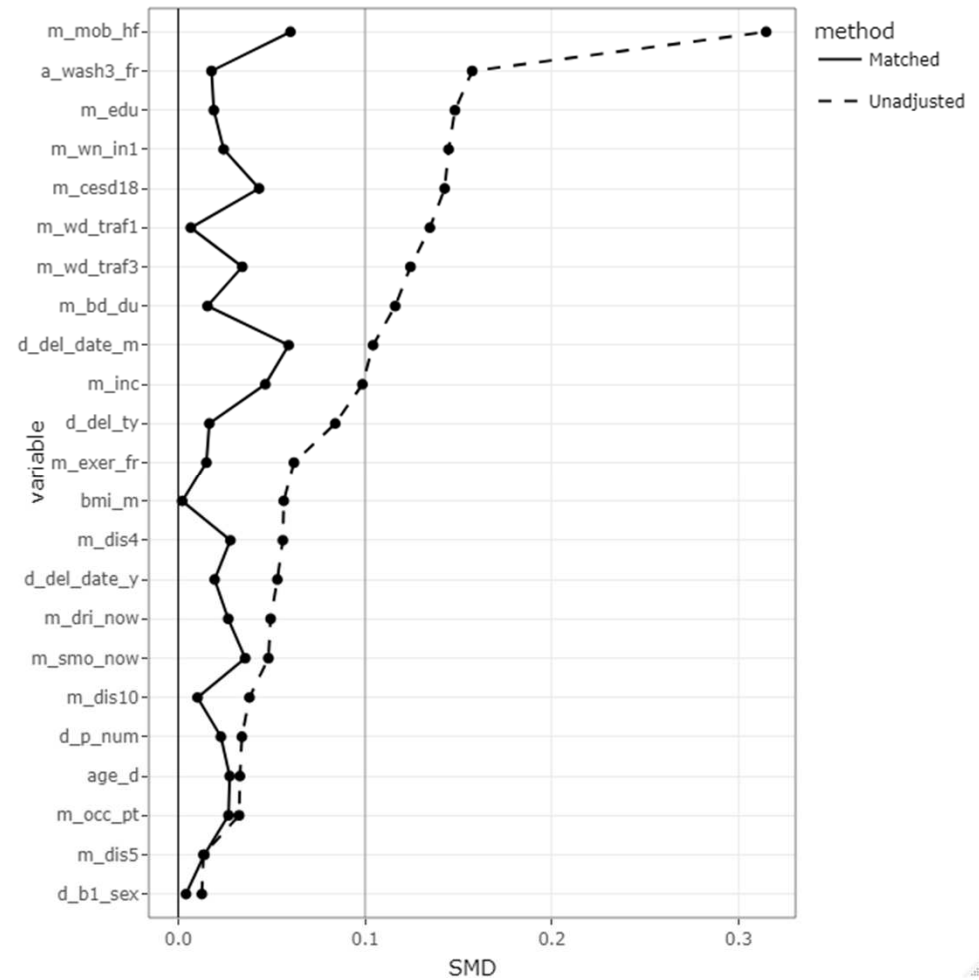
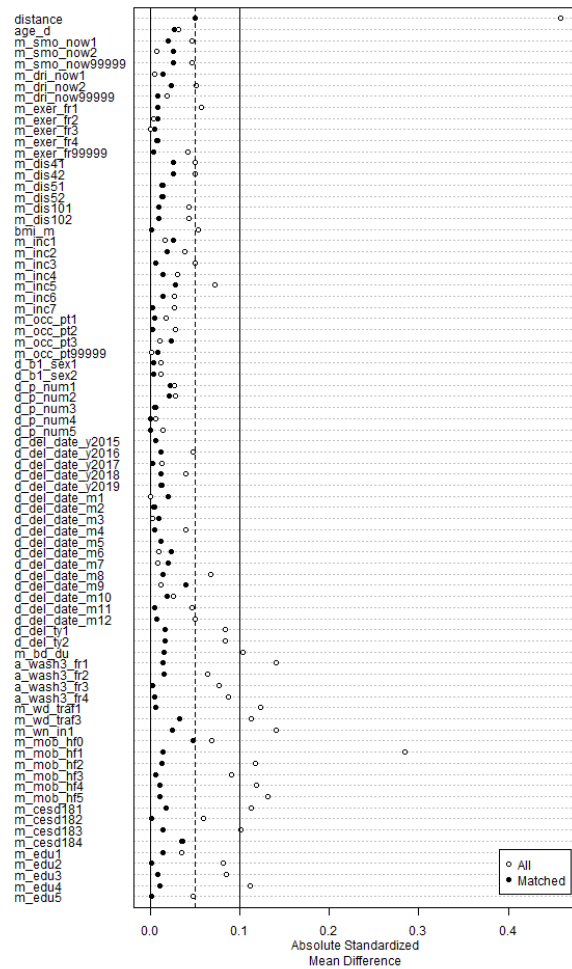
	전체대상자 (N=4628)	통화량낮은대상자 (N=3180)	통화량높은대상자 (N=1448)	p-value	전체대상자 (N=2896)	통화량낮은대상자 (N=1448)	통화량높은대상자 (N=1448)	p-value
출산 월								
1	400 (8.6%)	275 (8.6%)	125 (8.6%)	0.468	242 (8.4%)	117 (8.1%)	125 (8.6%)	0.996
2	399 (8.6%)	273 (8.6%)	126 (8.7%)		250 (8.6%)	124 (8.6%)	126 (8.7%)	
3	418 (9.0%)	288 (9.1%)	130 (9.0%)		256 (8.8%)	126 (8.7%)	130 (9.0%)	
4	382 (8.3%)	251 (7.9%)	131 (9.0%)		264 (9.1%)	133 (9.2%)	131 (9.0%)	
5	426 (9.2%)	296 (9.3%)	130 (9.0%)		265 (9.2%)	135 (9.3%)	130 (9.0%)	
6	353 (7.6%)	240 (7.5%)	113 (7.8%)		217 (7.5%)	104 (7.2%)	113 (7.8%)	
7	366 (7.9%)	249 (7.8%)	117 (8.1%)		242 (8.4%)	125 (8.6%)	117 (8.1%)	
8	347 (7.5%)	255 (8.0%)	92 (6.4%)		179 (6.2%)	87 (6.0%)	92 (6.4%)	
9	401 (8.7%)	279 (8.8%)	122 (8.4%)		260 (9.0%)	138 (9.5%)	122 (8.4%)	
10	383 (8.3%)	256 (8.1%)	127 (8.8%)		246 (8.5%)	119 (8.2%)	127 (8.8%)	
11	339 (7.3%)	220 (6.9%)	119 (8.2%)		240 (8.3%)	121 (8.4%)	119 (8.2%)	
12	414 (8.9%)	298 (9.4%)	116 (8.0%)		235 (8.1%)	119 (8.2%)	116 (8.0%)	
출산 형태								
자연분만	2651 (57.3%)	1863 (58.6%)	788 (54.4%)	0.009	1588 (54.8%)	800 (55.2%)	788 (54.4%)	0.681
제왕절개	1977 (42.7%)	1317 (41.4%)	660 (45.6%)		1308 (45.2%)	648 (44.8%)	660 (45.6%)	
집 거주 시작 연도								
Mean (SD)	2014.1 (3.35)	2014.2 (3.03)	2013.8 (3.95)	0.042	2013.9 (3.79)	2013.9 (3.62)	2013.8 (3.95)	0.587
Median [Min, Max]	2015 [1980, 2020]	2015 [1990, 2020]	2015 [1980, 2020]		2015 [1980, 2020]	2015 [1990, 2020]	2015 [1980, 2020]	
일주일 목욕, 사우나 횟수						0		
안함	3376 (72.9%)	2385 (75.0%)	991 (68.4%)	<0.001	1992 (68.8%)	1001 (69.1%)	991 (68.4%)	0.973
주1~2회	777 (16.8%)	509 (16.0%)	268 (18.5%)		527 (18.2%)	259 (17.9%)	268 (18.5%)	
주3~4회	237 (5.1%)	144 (4.5%)	93 (6.4%)		187 (6.5%)	94 (6.5%)	93 (6.4%)	
주5~6회	238 (5.1%)	142 (4.5%)	96 (6.6%)		190 (6.6%)	94 (6.5%)	96 (6.6%)	

매칭 전 밸런스

매칭 후 밸런스

	전체대상자 (N=4628)	통화량낮은대상자 (N=3180)	통화량높은대상자 (N=1448)	p-value	전체대상자 (N=2896)	통화량낮은대상자 (N=1448)	통화량높은대상자 (N=1448)	p-value
평일 하루 걷는 시간 (분)								
Mean (SD)	23.4 (34.9)	21.8 (32.7)	26.7 (39.3)	0.003	26.6 (38.6)	26.4 (37.9)	26.7 (39.3)	0.664
Median [Min, Max]	5.50 [0, 390]	5.00 [0, 360]	10.0 [0, 390]		10.0 [0, 390]	10.0 [0, 360]	10.0 [0, 390]	
평일 하루 택시/승용차 타는 시간 (분)								
Mean (SD)	27.7 (45.3)	25.9 (41.7)	31.7 (52.1)	0.012	30.9 (49.7)	30.0 (47.1)	31.7 (52.1)	0.670
Median [Min, Max]	0 [0, 540]	0 [0, 360]	0 [0, 540]		0 [0, 540]	0 [0, 360]	0 [0, 540]	
주말 실내 머무는 시간(분)								
Mean (SD)	1120 (244)	1130 (239)	1100 (252)	<0.001	1100 (256)	1100 (260)	1100 (252)	0.334
Median [Min, Max]	1140 [0, 1440]	1140 [0, 1440]	1140 [0, 1440]		1140 [0, 1440]	1140 [0, 1440]	1140 [0, 1440]	
핸즈프리 장치 사용 정도								
모름	16 (0.3%)	5 (0.2%)	11 (0.8%)	<0.001	16 (0.6%)	5 (0.3%)	11 (0.8%)	0.759
거의사용안함	3236 (69.9%)	2362 (74.3%)	874 (60.4%)		1758 (60.7%)	884 (61.0%)	874 (60.4%)	
절반 미만	537 (11.6%)	328 (10.3%)	209 (14.4%)		411 (14.2%)	202 (14.0%)	209 (14.4%)	
절반 정도	388 (8.4%)	239 (7.5%)	149 (10.3%)		301 (10.4%)	152 (10.5%)	149 (10.3%)	
절반 이상	205 (4.4%)	112 (3.5%)	93 (6.4%)		190 (6.6%)	97 (6.7%)	93 (6.4%)	
거의 대부분	246 (5.3%)	134 (4.2%)	112 (7.7%)		220 (7.6%)	108 (7.5%)	112 (7.7%)	
우울감 (지난 1주일)								
거의 없다	3304 (71.4%)	2323 (73.1%)	981 (67.7%)	<0.001	1974 (68.2%)	993 (68.6%)	981 (67.7%)	0.716
가끔 있다	1088 (23.5%)	722 (22.7%)	366 (25.3%)		731 (25.2%)	365 (25.2%)	366 (25.3%)	
종종 있다	188 (4.1%)	106 (3.3%)	82 (5.7%)		159 (5.5%)	77 (5.3%)	82 (5.7%)	
주로 있다	48 (1.0%)	29 (0.9%)	19 (1.3%)		32 (1.1%)	13 (0.9%)	19 (1.3%)	
최종 학력								
중학교	31 (0.7%)	18 (0.6%)	13 (0.9%)	<0.001	24 (0.8%)	11 (0.8%)	13 (0.9%)	0.992
고등학교	538 (11.6%)	342 (10.8%)	196 (13.5%)		393 (13.6%)	197 (13.6%)	196 (13.5%)	
대학교(4년제 미만)	1319 (28.5%)	867 (27.3%)	452 (31.2%)		898 (31.0%)	446 (30.8%)	452 (31.2%)	
대학교(4년제 이상)	2181 (47.1%)	1554 (48.9%)	627 (43.3%)		1262 (43.6%)	635 (43.9%)	627 (43.3%)	
대학원 이상	559 (12.1%)	399 (12.5%)	160 (11.0%)		319 (11.0%)	159 (11.0%)	160 (11.0%)	

성향점수 매칭 전-후 밸런스 변화



휴대폰 통화량 전자파 효과

PS 매칭 효과 분석: average treatment effect on the treated (ATT)

	휴대폰 통화량 전자파 효과					
	효과			재태기간 보정 효과		
	Beta	SE	p-value	Beta	SE	p-value
출생 체중(g)	-0.58	16.00	0.97	7.22	13.20	0.58
출생 키(cm)	0.06	0.11	0.61	0.10	0.10	0.28
Ponderal index (10^{-2}g/cm^3)	-0.02	0.02	0.32	-0.02	0.02	0.32
재태기간(week)	-0.05	0.06	0.40	-	-	-

	HR	95% CI		HR	95% CI	
		lower	upper		lower	upper
재태기간(week)	1.02	0.95	1.10	-	-	-

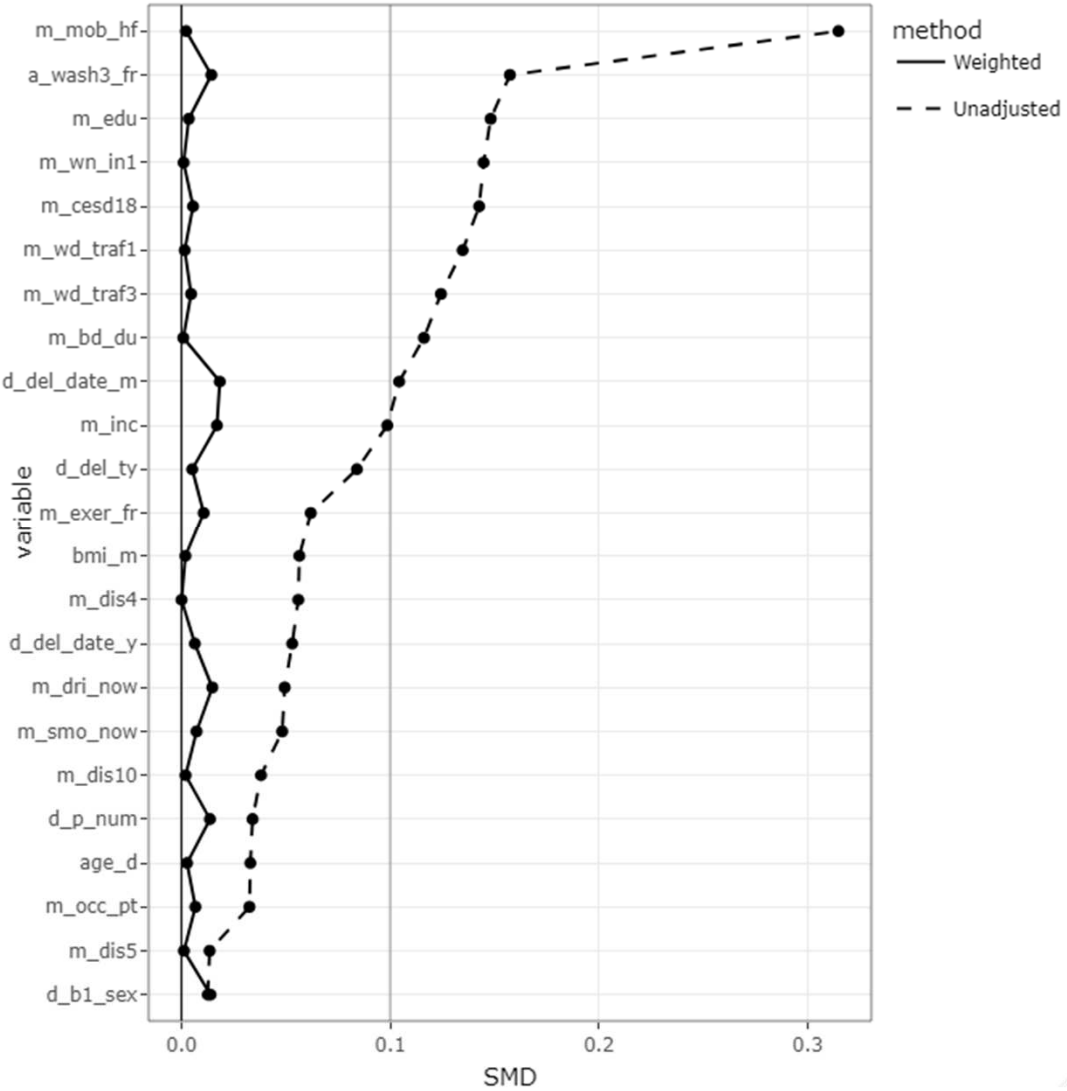
	OR	95% CI		OR	95% CI	
		lower	upper		lower	upper
조산	1.06	0.75	1.51	-	-	-
저체중아	1.05	0.68	1.62	0.97	0.71	1.34

IPTW 가중치 적용후 밸런스

	전체대상자 (N=9248.55)	통화량낮은대상자 (N=4627.57)	통화량높은대상자 (N=4620.98)	p-value	근무 형태				
					주간근무	5449.7 (58.9)	2723.5 (58.9)	2726.2 (59.0)	0.998
					교대근무	529.5 (5.7)	268.3 (5.8)	261.2 (5.7)	
					야간근무	62.8 (0.7)	31.8 (0.7)	31.0 (0.7)	
					결측값	3206.6 (34.7)	1604.0 (34.7)	1602.6 (34.7)	
연령 (세)					아이 성별				
Mean (SD)	32.8 (3.85)	32.83 (3.83)	32.82 (3.87)	0.975	남아	4789.6 (51.8)	2380.4 (51.4)	2409.2 (52.1)	0.673
Median [Min, Max]	33.0 [19.0, 47.0]	33.00 [19.0, 46.0]	33.00 [19.0, 47.0]		여아	4459.0 (48.2)	2247.2 (48.6)	2211.8 (47.9)	
현재 흡연					분만 횟수				
아니오	1143.1 (12.4)	568.3 (12.3)	574.9 (12.4)	0.975	1회	6406.0 (69.3)	3219.8 (69.6)	3186.2 (69.0)	0.996
예	49.8 (0.5)	25.9 (0.6)	24.0 (0.5)		2회	2314.6 (25.0)	1147.0 (24.8)	1167.6 (25.3)	
흡연 안함	8055.6 (87.1)	4033.4 (87.2)	4022.1 (87.0)		3회	473.8 (5.1)	234.0 (5.1)	239.8 (5.2)	
현재 음주					4회	49.5 (0.5)	24.5 (0.5)	25.0 (0.5)	
아니오	7009.7 (75.8)	3506.2 (75.8)	3503.5 (75.8)	0.908	5회	4.6 (0.0)	2.3 (0.0)	2.3 (0.0)	
예	155.9 (1.7)	82.4 (1.8)	73.6 (1.6)		출산 연도				
음주 안함	2082.9 (22.5)	1039.0 (22.5)	1043.9 (22.6)		2015	91.0 (1.0)	45.6 (1.0)	45.5 (1.0)	1.000
운동 횟수					2016	4276.2 (46.2)	2134.9 (46.1)	2141.4 (46.3)	
주1~2회	440.0 (4.8)	221.3 (4.8)	218.6 (4.7)	0.999	2017	2679.5 (29.0)	1339.8 (29.0)	1339.7 (29.0)	
주3~4회	555.9 (6.0)	283.1 (6.1)	272.8 (5.9)		2018	1886.3 (20.4)	949.7 (20.5)	936.6 (20.3)	
주5~6회	171.2 (1.9)	85.8 (1.9)	85.4 (1.8)		2019	315.5 (3.4)	157.6 (3.4)	157.9 (3.4)	
거의 매일	76.3 (0.8)	39.1 (0.8)	37.2 (0.8)		출산 월				
결측값	8005.2 (86.6)	3998.3 (86.4)	4007.0 (86.7)		1	795.5 (8.6)	401.1 (8.7)	394.4 (8.5)	1.000
고혈압					2	784.8 (8.5)	397.4 (8.6)	387.4 (8.4)	
아니오	9134.5 (98.8)	4570.5 (98.8)	4564.0 (98.8)	0.998	3	850.9 (9.2)	422.7 (9.1)	428.2 (9.3)	
예	114.1 (1.2)	57.1 (1.2)	57.0 (1.2)		4	767.7 (8.3)	381.4 (8.2)	386.3 (8.4)	
고지혈증					5	867.4 (9.4)	428.7 (9.3)	438.7 (9.5)	
아니오	9062.8 (98.0)	4534.2 (98.0)	4528.5 (98.0)	0.971	6	711.0 (7.7)	352.8 (7.6)	358.3 (7.8)	
예	185.8 (2.0)	93.3 (2.0)	92.4 (2.0)		7	727.0 (7.9)	364.1 (7.9)	362.9 (7.9)	
당뇨병					8	690.8 (7.5)	346.0 (7.5)	344.8 (7.5)	
아니오	9184.5 (99.3)	4595.9 (99.3)	4588.6 (99.3)	0.959	9	807.5 (8.7)	402.2 (8.7)	405.4 (8.8)	
예	64.0 (0.7)	31.6 (0.7)	32.4 (0.7)		10	740.3 (8.0)	378.0 (8.2)	362.3 (7.8)	
산모 BMI					11	685.4 (7.4)	341.3 (7.4)	344.0 (7.4)	
Mean (SD)	21.9 (3.51)	21.92 (3.45)	21.91 (3.58)	0.458	12	820.2 (8.9)	412.0 (8.9)	408.2 (8.8)	
Median [Min, Max]	21.19 [14.8, 44.6]	21.22 [14.8, 44.6]	21.13 [15.0, 41.8]		출산 형태				
가구 소득					자연분만	5275.8 (57.0)	2645.7 (57.2)	2630.1 (56.9)	0.875
100만원 미만	58.7 (0.6)	32.2 (0.7)	26.5 (0.6)	1.000	제왕절개	3972.7 (43.0)	1981.9 (42.8)	1990.9 (43.1)	
100-200만원 미만	576.2 (6.2)	285.3 (6.2)	290.8 (6.3)		집 거주 시작 연도				
200-300만원 미만	2248.4 (24.3)	1127.6 (24.4)	1120.8 (24.3)		Mean (SD)	2014.12 (3.32)	2014.12 (3.29)	2014.12 (3.35)	0.799
300-400만원 미만	2416.4 (26.1)	1206.4 (26.1)	1210.0 (26.2)		Median [Min, Max]	2015.00 [1980, 2018]	2015 [1990, 2020]	2015 [1980, 2020]	
400-500만원 미만	1703.6 (18.4)	856.0 (18.5)	847.6 (18.3)						
500-600만원 미만	1205.1 (13.0)	600.9 (13.0)	604.3 (13.1)						
600만원 이상	1040.1 (11.2)	519.2 (11.2)	520.9 (11.3)						

IPTW 가중치 적용후 밸런스

	전체대상자 (N=9248.55)	통화량낮은대상자 (N=4627.57)	통화량높은대상자 (N=4620.98)	p-value
일주일 목욕, 사우나 횟수				
안함	6706.9 (72.5)	3369.7 (72.8)	3337.2 (72.2)	0.977
주1~2회	1587.9 (17.2)	782.9 (16.9)	805.0 (17.4)	
주3~4회	473.3 (5.1)	235.7 (5.1)	237.7 (5.1)	
주5~6회	480.4 (5.2)	239.2 (5.2)	241.2 (5.2)	
평일 하루 걷는 시간 (분)				
Mean (SD)	23.44 (35.08)	23.41 (34.84)	23.47 (35.32)	0.684
Median [Min, Max]	5.00 [0, 390]	10.00 [0, 360]	5.00 [0, 390]	
평일 하루 택시/승용차 타는 시간 (분)				
Mean (SD)	27.82 (45.19)	27.71 (44.41)	27.92 (45.97)	0.882
Median [Min, Max]	0.00 [0, 540]	0.00 [0, 360]	0.00 [0, 540]	
주말 실내 머무는 시간(분)				
Mean (SD)	1120.97 (244.76)	1121.10 (246.29)	1120.84 (243.29)	0.852
Median [Min, Max]	1140.00 [0, 1440]	1140.00 [0, 1440]	1140.00 [0, 1440]	
핸즈프리 장치 사용 정도				
모름	31.5 (0.3)	15.6 (0.3)	15.9 (0.3)	1.000
거의사용안함	6469.9 (70.0)	3237.4 (70.0)	3232.5 (70.0)	
절반 미만	1074.4 (11.6)	538.5 (11.6)	535.9 (11.6)	
절반 정도	774.2 (8.4)	387.5 (8.4)	386.7 (8.4)	
절반 이상	413.1 (4.5)	206.1 (4.5)	206.9 (4.5)	
거의 대부분	485.5 (5.2)	242.5 (5.2)	243.1 (5.3)	
우울감 (지난 1주일)				
거의 없다	6595.7 (71.3)	3302.5 (71.4)	3293.2 (71.3)	0.998
가끔 있다	2191.8 (23.7)	1093.9 (23.6)	1097.9 (23.8)	
종종 있다	371.5 (4.0)	185.3 (4.0)	186.2 (4.0)	
주로 있다	89.5 (1.0)	45.9 (1.0)	43.7 (0.9)	
최종 학력				
중학교	59.9 (0.6)	30.0 (0.6)	29.9 (0.6)	1.000
고등학교	1080.1 (11.7)	538.3 (11.6)	541.9 (11.7)	
대학교(4년제 미만)	2633.3 (28.5)	1320.1 (28.5)	1313.1 (28.4)	
대학교(4년제 이상)	4353.2 (47.1)	2178.3 (47.1)	2174.9 (47.1)	
대학원 이상	1122.0 (12.1)	560.9 (12.1)	561.1 (12.1)	



휴대폰 통화량 전자파 효과

IPTW weighted regression 분석

	휴대폰 통화량 전자파 효과					
	효과			재태기간 보정 효과		
	Beta	SE	p-value	Beta	SE	p-value
출생 체중(g)	-4.44	14.56	0.76	5.70	12.22	0.64
출생 키(cm)	0.05	0.09	0.60	0.11	0.08	0.19
Ponderal index (10^{-2}g/cm^3)	-0.01	0.01	0.44	-0.01	0.01	0.46
재태기간(week)	-0.06	0.05	0.20	-	-	-

	HR	95% CI		HR	95% CI	
		lower	upper		lower	upper
재태기간(week)	1.05	0.99	1.12	-	-	-

	OR	95% CI		OR	95% CI	
		lower	upper		lower	upper
조산	0.97	0.70	1.36	-	-	-
저체중아	0.96	0.64	1.45	0.87	0.52	1.45

결론 및 고찰

- 임신 중 휴대폰 통화량을 통한 전자파 노출이 체중, 키, ponderal index, 재태기간, 조산, 저체중아에 영향을 미친다는 증거 관찰하지 못함.
- 효과 크기 매우 작을 수 있음
 - 표본크기, 빅데이터 활용
 - 모델링 미세조정
- 노출 측정이 정확하지 않음
 - SAR 값 확인 등 노출 측정 정확도 높여야 함

국립전파연구원 SAR

• 휴대폰 모델명 -> SAR 매칭

휴대전화 등의 SAR값

> 업무안내 > 전자파 흡수율 > 휴대전화 등의 SAR값

업무안내

적합성평가 제도 +

방송통신기술기준 +

국가표준 +

전자파 흡수율 -

- 전자파 흡수율(SAR) 개요
- 전자파 흡수율(SAR) 기준
- 휴대전화등의 SAR값
- 올바른 휴대전화 사용방법

전자파 등급제는 2014년 8월 2일부터 시행되어, 시행일 이전에 인증받은 제품에는 등급제가 적용되지 않습니다.

• 1등급: 최대SAR값 ≤ 0.8 W/kg

• 2등급: 0.8 W/kg < 최대SAR값 ≤ 1.6W/kg

전자파 등급제 대상은 「전자파 등급 기준, 표. 1」 중 대상기기입니다.

검색조건 제품구분 ▼

휴대전화 등의 SAR값을 엑셀파일로 다운

총 1380건

번호	제품구분	제조사/수입자
----	------	---------

	A	B	C	D	E	F	G
1	번호	제품구분	제조사/수입자	제품명	모델명	최대 Head SAR값(W/kg)	등급
2	1369	휴대폰	삼성전자(주)	갤럭시Z 플립 4	SM-F721N	0.589	1
3	1368	휴대폰	삼성전자(주)	갤럭시Z 폴더 4	SM-F936N	0.667	1
4	1364	휴대폰	삼성전자(주)	갤럭시와이드6	SM-A136S	0.438	1
5	1349	휴대폰	모토로라코리아 주식회사	모토로라G82	XT2225-1	0.844	2
6	1348	휴대폰	모토로라코리아 주식회사	모토로라엣지30	XT2203-1	0.924	2
7	1347	휴대폰	삼성전자(주)	갤럭시A 33-5G	SM-A336N	0.682	1
8	1346	휴대폰	삼성전자(주)	갤럭시 버디	SM-M236L	0.63	1
9	1338	휴대폰	Xiaomi Communications Co.,Ltd.	레드미 노트11	2201117TY	0.839	2
10	1336	휴대폰	삼성전자(주)	갤럭시A13	SM-A135N	0.453	1
11	1333	휴대폰	삼성전자(주)	갤럭시퀵텀3	SM-M536S	0.786	1
12	1332	휴대폰	삼성전자(주)	갤럭시점프2	SM-M336K	0.544	1
13	1331	휴대폰	APPLE INC.	아이폰SE3	A2783	0.916	2
14	1329	휴대폰	삼성전자(주)	galaxy S22	SM-A235N	0.497	1
15	1328	휴대폰	Xiaomi Communications Co.,Ltd.	레드미 노트11	2201116SG	0.844	2

휴대폰 어플리케이션 / ExpoM 데이터 수집 중

전체	2017	2018	2019	2020
753	113	333	138	169

	변수	조건	변수작성
Data 정리	GPS 변수	문자포함	missing
	고정변수	시간에 따라 변하지 않음	모두 작성
Data 정리 및 통계량 변수작성	RX_1		
	RX_2		
	RX_3		
	WiFi_Power_2	<-130 or 0<	NA
	WiFi_Power_3		
	WiFi_Power_4		
	통화시간		
	laterality		
변수 생성	Method		
	N_day	일단위 데이터 관측갯수	
	N_time	시간단위 데이터 관측갯수	



- 통화시 Rx-Tx 관계 (ETRI)
- 통화시 Tx Power 추정

감사합니다.