

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.01.007

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2021.01.007>

## BMI 与 IVF 新鲜周期活产率的相关性及其预测价值

张乾乾, 何玉洁

(山西医科大学第一医院妇产科, 太原 030000)

**[摘要]** 目的: 探究体重指数(body mass index, BMI)与首次新鲜周期体外受精-胚胎移植(in vitro fertilization-embryo transfer, IVF-ET)活产率之间的相关性及其对活产的预测价值。方法: 回顾性收集2014年至2019年在山西医科大学第一医院生殖中心首次行IVF助孕新鲜移植的1 288名患者资料, 分为活产组与非活产组, 分析并筛选有统计学意义的临床指标。采用单因素logistic回归分析筛选影响活产率的临床指标。建立回归模型评估BMI与活产率的关系。通过计算受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积评估BMI预测活产率的价值。结果: 1)活产组患者年龄、BMI、促性腺激素释放激素激动剂(gonadotropin-releasing hormone agonist, GnRH-a)起始剂量、促性腺激素(Gn)使用天数、Gn总剂量均明显低于非活产患者, 获卵数、移植个数均明显高于非活产患者, 差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ )。2)单因素logistic回归分析结果显示, 患者活产率与年龄、BMI、获卵数、Gn起始剂量、Gn使用天数、Gn总剂量、受精率、移植个数之间的相关性有统计学意义(均 $P < 0.05$ )。3)多因素logistic回归模型显示, 年龄( $P = 0.001$ , OR: 0.951, 95%CI: 0.922~0.981)、BMI( $P < 0.001$ , OR: 0.914, 95%CI: 0.883~0.947)、获卵数( $P = 0.005$ , OR: 1.023, 95%CI: 1.007~1.040)、移植个数( $P < 0.001$ , OR: 2.680, 95%CI: 1.846~3.893)在模型中的差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ )。在矫正患者的年龄、获卵数、移植个数后, BMI仍为影响患者活产的独立危险因素。4)ROC曲线分析显示, BMI曲线下面积(0.600)较大; 四指标联合预测曲线下面积(0.633)最大。结论: BMI与IVF新鲜周期活产率之间存在相关性, 活产率随着BMI升高而呈现下降趋势。BMI可预测活产, 但联合年龄、获卵数及移植个数预测活产的价值更佳。

**[关键词]** 体重指数; 活产率; 体外受精-胚胎移植

## Correlation analysis and predictive value of body mass index and in vitro fertilization fresh cycle live birth rate

ZAHNG Qianqian, HE Yujie

(Department of Obstetrics and Gynecology, First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China)

**Abstract** **Objective:** To explore the correlation between body mass index (BMI) and in vitro fertilization-embryo transfer (IVF-ET) live birth rate in the first fresh cycle and its predictive value. **Methods:** Data of 1 288 patients who underwent IVF assisted fresh transplantation in the reproductive center of the first hospital of Shanxi Medical

收稿日期 (Date of reception): 2019-12-27

通信作者 (Corresponding author): 何玉洁, Email: [hyj7007@163.com](mailto:hyj7007@163.com)

University from 2014 to 2019 were collected retrospectively. The data of all patients were divided into two groups: the living group and the non-living group to analyze and select the clinical indicators with statistical differences. Single factor Logistic regression analysis was used to screen the clinical indicators that affected the live rate. A regression model was established to evaluate the relationship between BMI and live yield. The area under the receiver operating characteristic (ROC) curve was calculated to evaluate the value of BMI in predicting live yield. **Results:** 1) The age, BMI, the initial dose of gonadotropin-releasing hormone agonist (Gn), the days of using Gn and the total dose of Gn in the living group were significantly lower than those in the non-living group, and the number of oocytes obtained and transplanted were significantly higher than those in the non-living group ( $P < 0.05$ ). 2) Single factor Logistic regression analysis showed that there was a significant correlation between the living rate and age, BMI, the number of oocytes obtained, the initial dose of Gn, the days of using Gn, the total dose of Gn, the fertilization rate and the number of transplants ( $P < 0.05$ ). 3) Multivariate logistic regression model showed that age ( $P = 0.001$ , OR: 0.951, 95%CI: 0.922–0.981), BMI ( $P < 0.001$ , OR: 0.914, 95%CI: 0.883–0.947), number of oocytes obtained ( $P = 0.005$ , OR: 1.023, 95%CI: 1.007–1.040), number of transplants ( $P < 0.001$ , OR: 2.680, 95%CI: 1.846–3.893) were statistically significant ( $P < 0.05$ ). BMI was still an independent risk factor for live birth after correction of age, number of oocytes and number of transplants. 4) ROC curve analysis showed that the area under the BMI curve (0.600) was larger; while the area under the four indicators combined prediction curve (0.633) was the largest. **Conclusion:** There is a correlation between BMI and IVF fresh cycle live birth rate. The rate decreases with the increase of BMI. BMI can predict live birth, but the combination of age, number of eggs and number of transplants is more valuable.

**Keywords** body mass index; live birth rate; in vitro fertilization-embryo transfer

体重指数(body mass index, BMI)被用于衡量人体健康及肥胖程度。2016年世界卫生组织<sup>[1]</sup>指出: 39%的18岁以上的成年人属于超重, 其中40%是女性。此外, 13%的成年人属于肥胖, 而女性占15%。BMI升高与多种医学合并症相关, 包括女性生育力低下, BMI高的女性可能出现下丘脑-垂体-卵巢功能障碍而造成生育力低<sup>[2]</sup>。因此, 寻求辅助生殖技术(assisted reproductive technology, ART)助孕的BMI高的女性人数逐年增多。目前评价ART结局的指标较少用临床妊娠率, 因为妊娠后有流产的风险, 所以近年来临床活产率被逐渐用来评价助孕效果。Supramaniam等<sup>[3]</sup>通过荟萃分析发现: 在ART助孕中, 与BMI正常的女性相比, BMI升高的女性活产率明显下降, 差异有明显统计学意义。也有学者<sup>[4]</sup>认为BMI与活产率之间并没有明显差异。因此, 本研究通过回顾性分析, 拟探究BMI与新鲜周期体外受精-胚胎移植(in vitro fertilization-embryo transfer, IVF-ET)活产率是否存在相关性及其对活产的预测价值。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

本研究经山西医科大学第一医院医学伦理委员会批准, 回顾性收集2014年至2019年在山西医科大学第一医院生殖中心首次行IVF助孕新鲜周期移植患者1 288例, 入选患者均采用黄体期方案。纳入标准: 输卵管因素不孕、排卵障碍及不明原因不孕。排除标准: 男性因素不孕、生殖道畸形、卵巢手术史、子宫异常(子宫肌瘤、子宫腺肌症、子宫瘢痕、子宫内膜息肉、子宫内膜异位症)、严重内分泌疾病(甲状腺、肾上腺等功能异常)及资料不全者等。

按照是否活产, 将研究对象分为非活产组(814例)与活产组(474例), 比较各组的临床指标。

### 1.2 方法

促排卵方案: 采用黄体期方案促排卵, 黄体中期依据患者年龄、卵巢情况肌注醋酸曲普瑞林(gonadotropin-releasing hormone agonist,

GnRH-a; 达菲林, 法国益普生公司生产)1.5~1.6 mg, 月经第3天抽血化验, 若卵泡刺激素(follicle stimulating hormone, FSH) $<5$  U/L、黄体生成素(luteinizing hormone, LH) $<5$  U/L、雌二醇(estradiol,  $E_2$ ) $<50$  ng/L、内膜厚度 $<5$  mm且无功能性卵巢囊肿, 结合患者年龄、基础窦卵泡数(basic antral follicle count, bAFC)、基础FSH(basic stimulating hormone, bFSH)及BMI给予合适的卵巢刺激起始剂量, 阴道超声适时监测卵泡数目和直径, 同时化验 $E_2$ 、孕酮(progesterone, P)、LH, 合理调整刺激剂量。至少有1个主导卵泡直径 $\geq 18$  mm且平均每个成熟卵泡 $E_2$ 为200~300 ng/L时, 于当日晚肌注人绒毛膜促性腺激素(human chorionic gonadotropin, HCG; 珠海丽珠医药集团股份有限公司生产)6 000~10 000 U, 36~38 h经阴道超声穿刺取卵, 取卵当日男方取精, 行外培养。

取卵72 h结合患者及胚胎培养情况新鲜移植, 据伊斯坦布尔共识<sup>[5]</sup>, 选择至少1枚优质胚胎移植, 术后黄体支持。

活产的定义: 至少有1个妊娠28周后出生的活婴儿。活产率指新鲜移植周期中活产妇女的百分比。

观察指标: 年龄、孕产次、不孕年限、不孕原因、不孕类型、BMI、bFSH、基础LH(basic luteinizing hormone, bLH)、bAFC、Gn起始剂量、使用天数、Gn总量、获卵数、受精率、2PN(pronucleus)、卵裂数、可利用胚胎数、优质胚胎率、移植胚胎数、活产率等。

### 1.3 统计学处理

采用SPSS 21.0统计学软件进行数据分析。计量资料均采用均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示, 两组间比较采用独立样本 $t$ 检验。分类计数资料均采用例数(百分比)表示, 组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用logistic回归分析筛选影响活产率的相关因素。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析相关指标, 预测患者是否活产。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 活产组与非活产组临床指标比较

活产组与非活产组患者不孕类型、不孕原

因、孕次、产次、不孕年限、bFSH、bLH、bAFC、2PN数、可利用胚胎数、优质胚胎率差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。活产组患者年龄、BMI、Gn起始剂量、Gn使用天数、Gn总剂量均明显低于非活产患者, 获卵数、移植个数均明显高于非活产患者, 差异有统计学意义(均 $P<0.05$ , 表1)。

### 2.2 影响患者活产率因素分析

单因素logistic回归分析结果显示: 患者活产率与孕次、产次、不孕类型、不孕原因、不孕年限、bFSH、bLH、bAFC、2PN数、可利用胚胎数、优质胚胎率的相关性差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )。患者活产率与年龄、BMI、获卵数、Gn起始剂量、Gn使用天数、Gn总剂量、受精率、移植个数之间的相关性差异有统计学意义(均 $P<0.05$ , 表2)。

以患者是否活产为因变量(是=1, 否=0), 以单因素分析中有统计学意义的指标为自变量(包括年龄、BMI、获卵数、Gn起始剂量、Gn使用天数、Gn总剂量、受精率、移植个数), 自变量选择方式为条件法, 建立二元logistic回归模型, 结果显示: 年龄、BMI、获卵数、移植个数在模型中的差异有统计学意义(均 $P<0.05$ )。即年龄每增加1岁, 患者活产的概率将变为原来的0.951倍; BMI每增加1个单位, 患者活产的概率将变为原来的0.914倍; 获卵数每增加1个, 患者活产的概率将变为原来的1.023倍; 移植个数每增加1个, 患者活产概率将变为原来的2.680倍。在矫正患者的年龄、获卵数、移植个数之后, BMI仍为影响患者活产的独立危险因素(表3)。

### 2.3 ROC 曲线分析

由ROC曲线分析可知, 各指标曲线下面积分别为0.530, 0.600, 0.561, 0.552, 0.633, 其中四指标联合预测曲线下面积最大。年龄阈值为36.5, 对应的灵敏度和特异度分别为10.4%和96.8%; BMI阈值为23.569, 对应的灵敏度和特异度分别为52.1%和64.1%; 移植个数阈值为1.5, 对应的灵敏度和特异度分别为97.0%和14.0%; 获卵数阈值为10.5, 对应的灵敏度和特异度分别为76.8%和33.7%。四指标联合预测阈值为0.3424, 对应的灵敏度和特异度分别为75.3%和44.5%(表4, 图1)。

表1 是否活产患者临床指标比较

Table 1 Comparison of clinical indexes of patients with or without live birth

指标	非活产组(n=814)	活产组(n=474)	t/ $\chi^2$	P
年龄/岁	30.92 ± 4.18	30.16 ± 3.57	3.282	0.001
孕次	1.58 ± 1.29	1.58 ± 1.24	0.003	0.998
产次	0.71 ± 0.63	0.73 ± 0.67	0.745	0.456
不孕类型/[例(%)]			0.743	0.389
原发	428 (52.6)	261 (55.1)		
继发	386 (47.4)	213 (44.9)		
不孕原因/[例(%)]			1.352	0.509
PCOS	38 (4.7)	18 (3.8)		
排卵障碍	43 (5.3)	31 (6.5)		
输卵管	733 (90.0)	425 (89.7)		
不孕年限	3.3 ± 1.84	3.27 ± 1.86	0.281	0.779
BMI/(kg·m <sup>-2</sup> )	24.14 ± 3.68	22.94 ± 3.44	5.791	<0.001
bFSH/(U·L <sup>-1</sup> )	7.64 ± 3.91	7.73 ± 3.53	0.440	0.660
bLH/(U·L <sup>-1</sup> )	4.79 ± 4.01	4.71 ± 3.34	0.350	0.727
bAFC/个	11.56 ± 4.42	11.58 ± 4.57	0.105	0.917
获卵数/个	14.6 ± 7.8	15.88 ± 6.98	2.929	0.003
Gn起始剂量/U	233.87 ± 58.96	223.98 ± 61.01	2.865	0.004
Gn使用天数	12.27 ± 3.21	11.78 ± 2.62	2.852	0.004
Gn总剂量/U	3 062.03 ± 1 114.39	2 923.5 ± 970.25	2.254	0.024
受精率	0.73 ± 0.41	0.78 ± 0.66	1.660	0.096
2PN数/个	7.47 ± 5.11	7.85 ± 4.58	1.338	0.181
移植个数	1.90 ± 0.41	2.01 ± 0.26	5.753	<0.001
可利用胚胎数/个	11.30 ± 6.80	11.54 ± 5.78	-0.640	0.522
优质胚胎率	0.67 ± 0.32	0.71 ± 0.36	1.950	0.051

表2 影响患者活产的单因素logistic回归分析

Table 2 Single factor Logistic regression analysis of live birth

因素	B	S.E.	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
年龄	-0.049	0.015	10.599	0.001	0.952	0.925~0.981
孕次	<0.001	0.045	<0.001	0.998	1.000	0.915~1.093
产次	0.067	0.089	0.556	0.456	1.069	0.897~1.274
不孕类型	-0.100	0.116	0.742	0.389	0.905	0.721~1.136
不孕原因	0.023	0.127	0.033	0.855	1.023	0.799~1.311
不孕年限	-0.009	0.031	0.079	0.779	0.991	0.932~1.054
BMI	-0.098	0.017	31.834	<0.001	0.907	0.877~0.938

续表2

因素	B	S.E.	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
bFSH	0.007	0.015	0.192	0.661	1.007	0.977~1.037
bLH	-0.005	0.016	0.122	0.726	0.995	0.965~1.025
bAFC	0.001	0.013	0.011	0.917	1.001	0.976~1.027
获卵数	0.022	0.008	8.457	0.004	1.022	1.007~1.038
Gn起始剂量	-0.003	0.001	8.120	0.004	0.997	0.995~0.999
Gn使用天数	-0.059	0.021	7.918	0.005	0.942	0.904~0.982
Gn总剂量	<0.001	<0.001	5.019	0.025	1.000	1.000~1.000
受精率	0.120	0.108	1.238	0.266	1.128	0.913~1.394
2PN数	0.016	0.012	1.787	0.181	1.016	0.993~1.039
移植个数	0.868	0.176	24.323	<0.001	2.383	1.687~3.364
可利用胚胎数	-0.005	0.009	0.376	0.539	0.995	0.977~1.012
优质胚胎率	0.319	0.169	3.558	0.059	1.3376	0.988~1.971

表3 影响患者活产的多因素logistic回归分析(条件法)

Table 3 Multivariate logistic regression analysis (conditional method) of live birth

因素	B	S.E.	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
年龄/岁	-0.051	0.016	10.145	0.001	0.951	0.922~0.981
BMI	-0.089	0.018	25.716	<0.001	0.914	0.883~0.947
获卵数	0.023	0.008	7.845	0.005	1.023	1.007~1.040
移植个数	0.986	0.190	26.816	<0.001	2.680	1.846~3.893

表4 各指标预测患者是否活产的ROC曲线分析

Table 4 ROC curve analysis of each index to predict whether the patient has a live birth

指标	年龄*	BMI*	移植个数 <sup>#</sup>	获卵数 <sup>#</sup>	联合预测 <sup>#</sup>
AUC (95%CI)	0.530 (0.498~0.563)	0.600 (0.568~0.623)	0.561 (0.529~0.593)	0.552 (0.520~0.583)	0.633 (0.602~0.663)
P	0.069	<0.001	<0.001	0.002	<0.001
阈值	36.5	23.569	1.5	10.5	0.3424
灵敏度	10.4	52.1	97.0	76.8	75.3
特异度	96.8	64.1	14.0	33.7	44.5

\*预测非活产; <sup>#</sup>预测活产。\*Predicted non-live birth; <sup>#</sup>Predicted live birth.

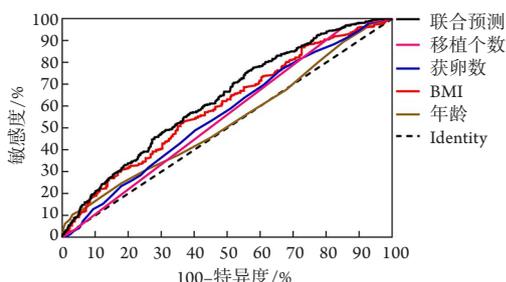


图1 各指标预测是否活产的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of live birth predicted by each index

### 3 讨论

女性BMI升高与多种不良妊娠结局相关, 比如流产、高血压、子痫前期及糖尿病等<sup>[6]</sup>, 还会导致生育力受损<sup>[7]</sup>。研究<sup>[8]</sup>表明: 女性肥胖可能会降低活产率。Provost等<sup>[9]</sup>对239 127个新鲜周期IVF助孕的患者资料进行研究, 结果显示: 新鲜周期活产率随BMI升高而呈稳定、显著的下降趋势。

本研究以BMI为出发点, 对BMI及其他相关因素与活产率之间是否存在相关性进行统计分析, logistic回归模型显示: BMI与活产率之间的相关性较强, 在矫正患者年龄、获卵数及移植个数后, BMI仍然为影响患者活产的独立危险因素, 且随着BMI的升高, 活产率呈现下降趋势, 这与Provost等<sup>[9]</sup>的研究结果一致。Sermondade等<sup>[7]</sup>通过对荟萃分析发现: 与正常体重女性相比, 超重和肥胖女性体外受精与胚胎移植后, 活产率降低, 作者认为肥胖女性生育能力差可能与卵泡发育、卵母细胞质量、胚胎发育及子宫环境等因素相关。卵巢卵泡发育的损害可能与高胰岛素、雄激素和雌激素相关的下丘脑-垂体轴功能的改变相关, 而卵母细胞质量是卵泡发育至成熟过程的最终结果<sup>[10]</sup>。卵母细胞被颗粒细胞包围, 在整个成熟过程中浸泡在卵泡液中, 因此颗粒细胞或卵泡液成分的任何损伤都可能损害卵母细胞成熟, 进而影响卵母细胞质量, 女性肥胖与卵泡液成分改变的关系已被广泛记录<sup>[11]</sup>, 这些代谢变化主要涉及脂质、蛋白质及生长因子, 与氧化应激增加和类固醇生成中断有关<sup>[12]</sup>。肥胖女性体内较高水平的瘦素也被证明会影响卵母细胞质量和胚胎质量以及颗粒细胞功能<sup>[13]</sup>。另外, 肥胖也被认为降低了患者子宫内膜容受性<sup>[11]</sup>。Catteau等<sup>[13]</sup>认为瘦素也可能导致子宫内膜的植入功能受损, 从而影响胚胎着床。

女性肥胖不仅影响母亲的长期健康, 也影响后代的长期健康<sup>[14]</sup>。研究<sup>[15]</sup>表明: 体重减轻与自

然生育能力的提高有着明显的联系, 且国际指南建议孕前适当减重<sup>[16]</sup>。目前关于减重的方式主要有改善生活方式、合理饮食、药物及手术减重, 但由于国际减重手术要求的合格标准<sup>[17]</sup>为BMI $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup>, 实施比较困难, 故目前比较推荐改变饮食及生活方式, 结合规律的体育锻炼, 必要时添加药物(二甲双胍等)辅助减重, 从而改善女性的妊娠结局。

本研究结果显示: 年龄与活产率呈负相关, 女性年龄<sup>[18]</sup>是影响生育力及妊娠结局的重要因素, 尤其是 $\geq 35$ 岁的女性, 不孕症发生率增加, 活产率显著开始下降, 而且各种妊娠并发症、并发症和新生儿出生缺陷的风险不断上升。获卵数也会影响活产的概率, Ji等<sup>[19]</sup>对2 455名34岁以下女性进行分析, 结果显示: 当获卵数在6~15个时, 新鲜周期活产率随着获卵数的增加呈现上升趋势, 超过这个范围出现下降趋势, 可能是由于获卵数过多, 增加了卵巢过度刺激征的风险。本研究发现: 随着移植个数增加, 患者活产概率升高, 但是由于国内对胚胎的移植个数受到限制, 要求不超过3个, 且多胎妊娠会导致一系列围产期母婴并发症、新生儿发病率及病死率, 增加了患者和社会负担。越来越多的学者<sup>[20]</sup>认为, 选择性单胚胎移植可降低多胎妊娠率和母婴并发症风险。

为进一步研究BMI是否能预测患者活产, 本研究使用ROC曲线进行评估, 结果显示: BMI曲线下面积较大, 证实了BMI可预测IVF新鲜周期活产率。本研究显示BMI阈值为23.569 kg/m<sup>2</sup>, 这与BMI亚洲标准中正常BMI范围18.5~24.0 kg/m<sup>2</sup>相一致, 表明体重正常患者获得活产的可能性较大, 这与Supramaniam等<sup>[3]</sup>的研究结果相符。BMI可通过测量患者身高、体重并计算所得, 在临床工作中操作简便易行。但BMI对应的灵敏度较低, 提示单纯利用BMI预测活产率存在一定局限性。另外年龄、移植个数以及获卵数的分别对应的曲线下面积较小, 但各自的灵敏度较高, 说明其对活产有一定的预测价值。由于活产率可能受到多种因素的影响, 且单一指标预测活产率有一定局限性, 有学者<sup>[21]</sup>认为多指标联合可能提高预测价值, 因此本研究对四指标进行联合预测, 结果显示其曲线下面积最大, 与BMI相比灵敏度较高, 提示四指标联合预测活产率的价值优于单一指标。

本研究仍具有一些局限性: 本研究为一项单中心研究, 临床数据仅来自一个中心所有患者的新鲜移植周期, 缺乏多中心研究的优势, 同时也失去评估BMI与累计活产率之间的相关性的机会, 因此, 此类研究今后可向多中心、大样本、累

计活产率等方面进一步扩展, 丰富研究方法及内容。但单中心研究可保证实践的一致性, 减少由于手术操作、实验室条件等因素带来的偏差, 从而确保研究的准确性。

综上所述, BMI与IVF新鲜周期活产率之间存在相关性, 活产率随着BMI升高而呈现下降趋势。BMI可以预测活产, 但联合年龄、获卵数及移植个数预测活产的价值更佳。

## 参考文献

- World Health Organization. Obesity and overweight[EB/OL]. [2019-10-11]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>.
- Broughton DE, Moley KH. Obesity and female infertility: potential mediators of obesity's impact[J]. *Fertil Steril*, 2017, 107(4): 840-847.
- Supramaniam PR, Mittal M, McVeigh E, et al. The correlation between raised body mass index and assisted reproductive treatment outcomes: a systematic review and meta-analysis of the evidence[J]. *Reprod Health*, 2018, 15(1): 34.
- Sarais V, Pagliardini L, Rebonato G, et al. A comprehensive analysis of body mass index effect on in vitro fertilization outcomes[J]. *Nutrients*, 2016, 8(3): 109.
- The Istanbul consensus workshop on embryo assessment: proceedings of an expert meeting[J]. *Hum Reprod*, 2011, 26(6): 1270-1283.
- Hawkins Bressler L, Correia KF, Srouji SS, et al. Factors associated with second-trimester pregnancy loss in women with normal uterine anatomy undergoing in vitro fertilization[J]. *Obstet Gynecol*, 2015, 125(3): 621-627.
- Sermondade N, Huberlant S, Bourhis-Lefebvre V, et al. Female obesity is negatively associated with live birth rate following IVF: a systematic review and meta-analysis[J]. *Hum Reprod Update* 2019, 25(4): 439-451.
- Kasum M, Orešković S, Čehić E, et al. The role of female obesity on in vitro fertilization outcomes[J]. *Obstet Gynecol*, 2018, 34(3): 184-188.
- Provost MP, Acharya KS, Acharya CR, et al. Pregnancy outcomes decline with increasing body mass index: analysis of 239,127 fresh autologous in vitro fertilization cycles from the 2008-2010 Society for Assisted Reproductive Technology registry[J]. *Fertil Steril*, 2016, 105(3): 663-669.
- Jungheim ES, Moley KH. Current knowledge of obesity's effects in the pre- and periconceptional periods and avenues for future research[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2010, 203(6): 525-530.
- Broughton DE, Moley KH. Obesity and female infertility: potential mediators of obesity's impact[J]. *Fertil Steril*, 2017, 107(4): 840-847.
- Jungheim ES, Macones GA, Odem RR, et al. Associations between free fatty acids, cumulus oocyte complex morphology and ovarian function during in vitro fertilization[J]. *Fertil Steril*, 2011, 95(6): 1970-1974.
- Catteau A, Caillon H, Barrière P, et al. Leptin and its potential interest in assisted reproduction cycles[J]. *Hum Reprod Update*, 2016, 22(3): 320-341.
- Van Dijk SJ, Molloy PL, Varinli H, et al. Epigenetics and human obesity[J]. *Int J Obes (Lond)*, 2015, 39(1): 85-97.
- Best D, Avenell A, Bhattacharya S. How effective are weight-loss interventions for improving fertility in women and men who are overweight or obese? A systematic review and meta-analysis of the evidence[J]. *Hum Reprod Update*, 2017, 23(6): 681-705.
- Obesity and reproduction: a committee opinion. Obesity and reproduction: a committee opinion[J]. *Fertil Steril*, 2015, 104(5): 1116-11126.
- Einarsson S, Bergh C, Friberg B, et al. Weight reduction intervention for obese infertile women prior to IVF: a randomized controlled trial[J]. *Human Reprod*, 2017, 32(8): 1621-1630.
- 蒋励, 陈耀龙, 罗旭飞, 等. 中国高龄不孕女性辅助生殖临床实践指南[J]. *中国循证医学杂志*, 2019, 9(3): 253-270.  
JIANG Li, CHEN Yaolong, LUO Xufei, et al. Chinese practice guideline on the assisted reproductive technology (ART) strategies for women with advanced age[J]. *Chinese Journal of Evidence-Based Medicine*, 2019, 9(3): 253-270.
- Ji J, Liu Y, Tong XH, et al. The optimum number of oocytes in IVF treatment: an analysis of 2455 cycles in China[J]. *Hum Reprod*, 2013, 28(10): 2728-2734.
- 马翔, 丁卫, 冒韵东, 等. 授精第3日单胚胎移植与双胚胎移植临床结局分析[J]. *生殖与避孕*, 2011, 31(8): 554-561.  
MA Xiang, DING Wei, MAO Yundong, et al. Analysis of the clinical result of single embryo transfer and double embryo transfer on day 3[J]. *Reproduction and Contraception*, 2011, 31(8): 554-561.
- 谢军, 郑轩, 马静, 等. 血清 $\beta$ -HCG比值、孕酮和子宫内膜厚度单独及联合检测对异位妊娠的预测价值[J]. *检验医学*, 2018, 33(6): 516-520.  
XIE Jun, ZHENG Xuan, MA Jing, et al. The predictive value of serum  $\beta$ -hCG ratio, progesterone and endometrial thickness in the detection of ectopic pregnancy alone or jointly[J]. *Laboratory Medicine*, 2018, 33(6): 516-520.

**本文引用:** 张乾乾, 何玉洁. BMI与IVF新鲜周期活产率的相关性及其预测价值[J]. *临床与病理杂志*, 2021, 41(1): 45-51. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.01.007

**Cite this article as:** ZAHNG Qianqian, HE Yujie. Correlation analysis and predictive value of body mass index and in vitro fertilization fresh cycle live birth rate[J]. *Journal of Clinical and Pathological Research*, 2021, 41(1): 45-51. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.01.007