临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003827

囊胚扩张期胞质丝存在对胚胎发育和妊娠结局的影响

朱家红[1]，邹佳益[1]，王　江[1]，熊　顺[2]，黄国宁[1]，韩　伟[2]，高　洋[2]
（1.重庆市妇幼保健院人类胚胎工程重庆市重点实验室，重庆　400013；
2.重庆市妇幼保健院/重庆医科大学附属妇女儿童医院生殖医学中心，重庆　400013）

【摘　要】目的：探究囊胚扩张过程中内细胞团和滋养外胚层间胞质丝的存在对胚胎发育和妊娠结局的影响。**方法：**回顾性队列分析2019年6月至2021年12月于重庆市妇幼保健院生殖医学中心接受胚胎植入前遗传学检测（preimplantation genetic testing for aneuploidy，PGT-A），并行单囊胚移植治疗患者的临床资料。共纳入530例患者，2 132枚囊胚行PGT-A，按囊胚扩张过程中胞质丝的出现与否，将囊胚分为胞质丝（+）囊胚（n=534）和胞质丝（-）囊胚（n=1 598），比较2组囊胚的质量和PGT-A结果的差异，以及整倍体囊胚复苏移植后，胞质丝（+）（n=115）和胞质丝（-）囊胚（n=415）妊娠结局的差异。**结果：**高质量组、一般质量组和低质量组囊胚的胞质丝（+）率分别为30.19%，24.62%和12.63%。胚胎质量与胞质丝（+）率的相关分析显示相关系数为-0.115（P<0.001）。2组囊胚的整倍体率（45.3% vs. 44.6%）差异无统计学意义。胞质丝（+）和胞质丝（-）的整倍体囊胚相比，种植率（72.17% vs. 66.02%，P=0.213）、流产率（14.46% vs. 12.77%，P=0.691）和活产率（61.74% vs. 57.59%，P=0.424）差异均无统计学意义。**结论：**囊胚胞质丝的出现与囊胚形态学质量相关，与囊胚染色体倍性以及整倍体囊胚移植后的临床结局无关。

【关键词】囊胚；胞质丝；形态学质量；整倍性；妊娠结局
【中图分类号】R711.6　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2024-09-30

Influence of cytoplasmic strings during blastocyst expansion on embryonic development and pregnancy outcome

Zhu Jiahong[1], Zou Jiayi[1], Wang Jiang[1], Xiong Shun[2], Huang Guoning[1], Han Wei[2], Gao Yang[2]
(1.Chongqing Key Laboratory of Human Embryo Engineering, Chongqing Health Center for Women and Children;
2.Center for Reproductive Medicine, Chongqing Health Center for Women and Children, Women and Children's Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】*Objective*: To investigate the influence of inner cell mass and trophectoderm cytoplasmic strings during blastocyst expansion on embryonic development and pregnancy outcome. ***Methods*:** A retrospective cohort analysis was performed for the clinical data of patients who received pre-implantation genetic testing for aneuploidy (PGT-A) and underwent single blastocyst transplantation in our hospital from June 2019 to December 2021. A total of 530 patients were enrolled, and genetic testing was performed for 2132 blastocysts. According to the presence or absence of cytoplasmic strings during blastocyst expansion, the blastocysts were divided into cytoplasmic strings(+) group with 534 blastocysts and cytoplasmic strings(-) group with 1598 blastocysts, and quality and PGT-A results were compared between the two groups. After the transfer of euploid blastocysts, pregnancy outcome was compared between the 115 blastocysts with cytoplasmic strings and the 415 blastocysts without cytoplasmic strings. ***Results*:** The rates of cytoplasmic strings(+) in the high-, average-, and low-quality blastocyst groups were 30.19%, 24.62%, and 12.63%, respectively. The correlation analysis showed a correlation coefficient of -0.115(P<0.001) between embryo quality and the rate of cytoplasmic strings(+). There was no significant difference in euploidy rate between the two groups(45.3% vs. 44.6%). There were no significant differences between the euploid blastocysts with cytoplasmic strings and those without cytoplasmic strings in implantation rate(72.17% vs. 66.02%, P=0.213), miscarriage rate(14.46% vs. 12.77%, P=0.691), and live birth rate(61.74% vs. 57.59%, P=0.424). ***Conclusion*:** The presence of cytoplasmic strings is associated with the morphological quality of blastocysts, while it has no impact on embryo ploidy or clinical outcome after euploid embryo transfer. Further research is needed to confirm the impact of cytoplasmic strings on embryonic development.

【Key words】blastocyst; cytoplasmic strings; morphological quality; euploidy; pregnancy outcome

作者介绍：朱家红，Email：zjh881127@126.com，研究方向：胚胎培养、冷冻和复苏。
通信作者：高　洋，Email：451420780@qq.com。
基金项目：重庆市自然科学基金面上资助项目（编号：CSTB2023NSCQ-MSX0258、CSTB2022NSCQ-MSX0253）。
优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20250408.1420.014（2025-04-09）

在体外受精胚胎移植治疗中，相比于卵裂期胚胎移植，囊胚移植可以获得更高的种植率[1-2]。目前，囊胚质量的评估方法，仍然是以形态学为主[3]，即通过静态观察第5天或第6天囊胚的形态特征来判断其发育潜能。近年来，时差成像技术在胚胎培养中的应用为胚胎的形态学选择提供了更多的胚胎发育信息，如胚胎卵裂的时间点、卵裂模式以及内细胞团和滋养外胚层之间的胞质丝、囊胚发生自发性皱缩等发育细节。而诸多文献也已表明，这些参数，如胚胎形态动力学参数[4-5]、异常卵裂[6-7]、囊胚扩张期自发性皱缩现象[8-9]等，可能与胚胎的发育潜能存在相关性，进而有助于筛选出种植潜能较大的胚胎进行移植。

2000年，Scott LA等[10]首次报道了囊胚扩张期内细胞团和滋养外胚层之间胞质丝的存在。随后的研究表明胞质丝是一种动态的细胞突起，宽度和长度随着囊胚扩张程度的差异，形态结构也不同[11]。此外，胞质丝的出现被认为是胚胎活力较差的特征[10]，可能是由于细胞极化问题或培养条件较差导致[10,12]。近年来，随着时差成像技术的广泛应用，研究发现在囊胚形成过程中，胞质丝在人体外胚胎发育过程中发生率较高，约44%~82%[13-15]，且胞质丝的存在可能预示着胚胎发育潜能较高[1,16]。然而，胞质丝的具体功能尚不清楚，对胚胎发育的影响仍存在争议。

本文旨在探究胞质丝的存在与囊胚质量、倍性的相关性，以及胞质丝对整倍体囊胚临床妊娠结局的影响，为临床胚胎的选择以及对胞质丝的进一步研究提供更多的数据支撑。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性队列分析2019年6月至2021年12月于重庆市妇幼保健院生殖中心接受新鲜周期胚胎植入前遗传学非整倍体检测（preimplantation genetic testing for aneuploidy，PGT-A），并行单个整倍体冻融胚胎移植（frozen-thawed embryo transfer，FET）治疗的患者临床资料。根据新鲜周期活检的囊胚内细胞团和滋养外胚层细胞之间的胞质丝的有无，分为胞质丝（+）囊胚组和胞质丝（-）囊胚组。

纳入标准：新鲜周期于时差培养箱培养，并接受PGT-A且整倍体FET治疗的周期。排除标准：①双整倍体囊胚移植周期；②嵌合胚胎移植周期；③女方有明显的影响胚胎着床的免疫或子宫因素。本研究经重庆医科大学附属妇女儿童医院伦理委员会批准（伦理审批号：2020-RGI-05）。

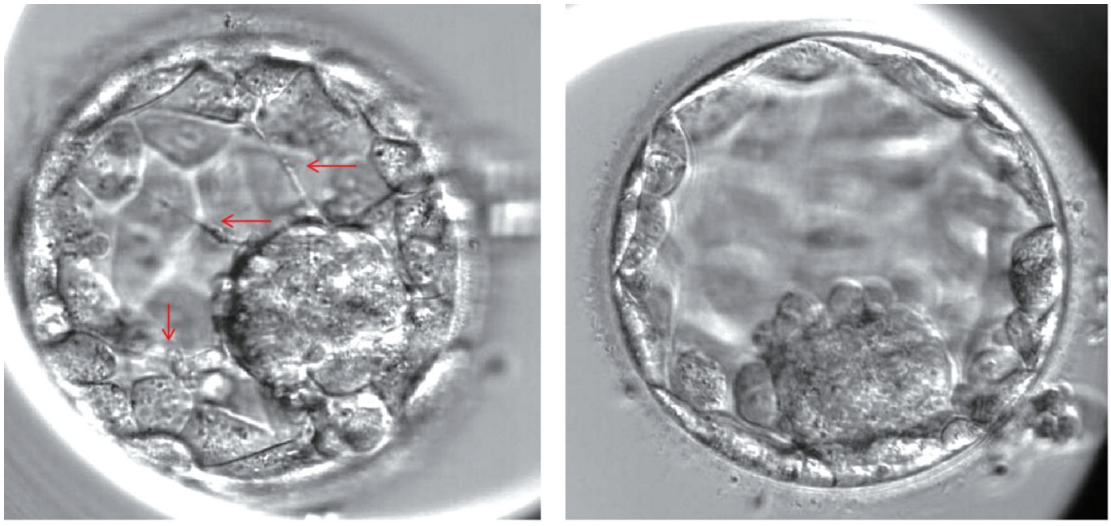
本研究共纳入530例PGT-A且FET的患者，活检囊胚2 132枚，其中胞质丝（+）囊胚534枚、胞质丝（-）囊胚1 598枚。单个整倍体囊胚移植周期530例，其中胞质丝（+）囊胚115、胞质丝（-）囊胚415枚。胞质丝如图1所示。

1.2 研究方法

1.2.1 控制性超促排卵 根据女性卵巢的反应，个性化制定卵巢刺激方案，包括促性腺激素释放激素激动剂或拮抗剂方案。当超声检测优势卵泡直径≥18 mm时，进行人绒毛膜促性腺激素（human chorionic gonadotropin，hCG）注射。注射后36 h，在超声引导下经阴道取卵。

1.2.2 授精 利用密度梯度离心法处理精液样本。在卵子获取2 h后，使用透明质酸酶（Vitrolife，瑞典）去除卵丘卵母细胞复合体周围的颗粒细胞，然后将成熟卵母细胞放入G1-plus培养液（Vitrolife，瑞典）中培养2 h，随后进行单精子胞浆内注射。

1.2.3 时差培养、囊胚观察和活检 授精结束后，将卵子用



胞质丝（+） 胞质丝（-）

注：红色箭头代表胞质丝

图1 胞质丝（+）囊胚和胞质丝（-）囊胚

G1-plus培养液培养至受精后第3天，再换成G2-plus培养液培养至囊胚活检日。培养过程中，时差培养箱每隔10 min拍摄1次，持续拍摄至囊胚活检操作前取出培养箱。利用Embryo Viewer软件观察囊胚扩张期内细胞团与滋养外胚层细胞之间是否存在胞质丝，分为胞质丝(+)囊胚组和胞质丝(-)囊胚组。采用Gardner囊胚评分法评估囊胚形态学质量[3]，包括内细胞团评分(A、B和C级)、滋养外胚层细胞评分(A、B和C级)以及囊胚扩张程度(3~6期)的评估。本文中将胚胎分为高质量组(4~6AA、4~6AB、4~6BA)、一般质量组(3~6BB)和低质量组(3~6AC、3~6CA、3~6BC和3~6CB)。按照本中心的活检操作手册进行囊胚活检[17]，活检结束后立即冷冻保存囊胚，并对活检的滋养外胚层细胞进行全基因组扩增和二代测序。

1.2.4 整倍体囊胚FET及随访 患者经过人工周期准备内膜后，将整倍体囊胚解冻复苏2~4 h后进行移植。移植后进行黄体期支持，直至妊娠12周。FET 14 d后测定血清中β-人绒毛膜促性腺激(beta-human chorionic gonadotropi，β-hCG)，阳性者在移植后28 d进行超声检查，观察到心管搏动者确定为临床妊娠。

1.2.5 观察指标 胞质丝是否存在、囊胚形态学质量、胚胎倍性以及妊娠结局。整倍体率=整倍体胚胎数/活检胚胎数×100%。胞质丝(+)率=胞质丝(+)囊胚数/活检囊胚数×100%。

1.3 统计学方法

本研究采用SPSS 26.0统计软件进行数据分析。计量资料经正态性检验后，符合正态分布者以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，组间比较采用独立样本t检验；非正态分布资料采用中位数(四分位数)表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料以例数(百分比)表示，组间比较采用χ^2检验或Fisher确切概率法。采用Kendall's tau-b相关分析评估胞质丝阳性率与胚胎质量等级的相关性。通过多因素logistic回归分析，探讨与胞质丝存在相关的独立影响因素，计算比值比(OR)及其95%置信区间。所有统计检验均为双侧检验，检验水准α=0.05。

2 结 果

2.1 囊胚胞质丝(+)和胞质丝(-)组的患者基本资料比较

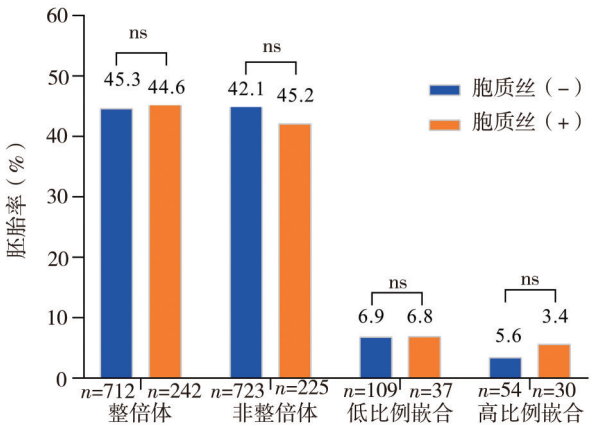
530例PGT-A周期，根据周期中活检的囊胚是否存在胞质丝分为2组：胞质丝(-)周期(n=201)(所有活检囊胚均无胞质丝存在)和胞质丝(+)周期(n=329)(至少一枚活检囊胚存在胞质丝)。与胞质丝(-)周期相比，胞质丝(+)周期的患者体质指数(body mass index，BMI)较低(21.96±2.83 vs. 22.49±2.89，P=0.038)，获卵数(14.20±6.87 vs. 12.10±6.53，P<0.001)明显较高。2组间的男性年龄、助孕次数、不孕年限、自然流产次数、不孕类型、不孕原因、抗苗勒管激素(anti-mullerian hormone，AMH)、基础卵泡刺激素(basal follicle-stimulating hormone，bFSH)、基础促黄体生成素(basal luteinizing hormone，bLH)、促性腺激素(gonadotropin，Gn)使用时间及使用量差异均无统计学意义(均P>0.05)，见表1。

表1 胞质丝(+)和胞质丝(-)囊胚组的患者基本资料比较($\bar{x}\pm s$；n，%)

变量	胞质丝(-)周期(n=201)	胞质丝(+)周期(n=329)	t/χ^2值	P值
女性年龄(岁)	32.55±4.70	31.77±4.53	0.012	0.071
男性年龄(岁)	34.10±5.87	33.84±5.64	0.261	0.738
助孕次数(次)	1.67±1.53	1.60±1.32	0.480	0.619
不孕年限(年)	2.86±3.51	2.97±3.50	0.018	0.679
流产次数(次)	0.99±1.35	0.98±1.37	0.007	0.902
不孕类型			0.480	0.488
原发不孕	55(27.36)	99(30.18)		
继发不孕	146(72.64)	230(69.82)		
不孕因素			9.434	0.456
输卵管因素	77(38.31)	139(42.38)		
男性因素	34(16.92)	48(14.63)		
排卵障碍	5(2.49)	8(2.44)		
内膜因素	0(0.00)	4(1.22)		
混合因素	85(42.29)	130(39.33)		
AMH(μg/L)	3.47±2.61	3.96±2.79	0.883	0.050
bFSH(U/L)	5.78±1.65	5.70±3.50	0.298	0.791
bLH(U/L)	0.37±1.68	3.63±1.82	0.312	0.143
BMI(kg/m^2)	22.49±2.89	21.96±2.83	0.442	0.038
Gn使用时间(d)	8.54±1.92	8.85±1.67	1.766	0.213
Gn使用总量(U)	1 927.45±696.04	1 874.96±605.86	5.139	0.363
获卵数(个)	12.10±6.53	14.20±6.87	0.801	<0.001

2.2 胞质丝(+)和胞质丝(−)囊胚的PGT-A结果

胞质丝(+)囊胚1 598枚，胞质丝(−)囊胚534枚。PGT-A后，胞质丝(+)囊胚组整倍体胚胎242枚，非整倍体胚胎225枚，低比例嵌合胚胎37枚，高比例嵌合胚胎30枚；胞质丝(−)囊胚组整倍体胚胎712枚，非整倍体胚胎723枚，低比例嵌合胚胎109枚，高比例嵌合胚胎54枚。与胞质丝(−)囊胚组相比，胞质丝(+)囊胚组整倍体率(45.3% vs. 44.6%，P>0.05)、非整倍体率(42.1% vs. 45.2%，P>0.05)、低比例嵌合率(6.9% vs. 6.8%，P>0.05)和高比例嵌合率(5.6% vs. 3.4%，P>0.05)均无显著差异，见图2。Kendall相关分析胚胎PGT-A结果与胞质丝(+)之间的关系，结果显示相关系数为−0.007，P=0.759。



注：ns，差异无统计学意义，P>0.05

图2 胞质丝(+)和胞质丝(−)囊胚的PGT-A结果比较

2.3 不同形态学质量的囊胚胞质丝(+)率比较

2 132枚活检囊胚根据形态学质量分为高质量囊胚组(n=795)，一般质量囊胚组(n=1 044)和低质量囊胚组(n=293)。高质量组、一般质量组和低质量组囊胚的胞质丝(+)率分别为30.19%，24.62%和12.63%。多组卡方检验结果显示3组间胞质丝阳性率差异有统计学意义(P<0.001)。随着胚胎形态学等级的降低，胞质丝(+)率降低，Kendall相关系数为−0.115，P<0.001，见图3。

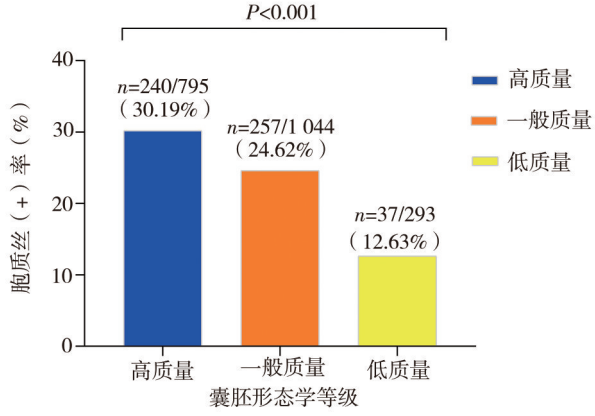


图3 不同形态学质量囊胚组胞质丝(+)率比较

2.4 多因素逻辑回归分析与胞质丝(+)相关的因素

采用多因素逻辑回归分析胞质丝的存在是否与患者特征相关，模型中包含女性年龄、男性年龄、女性BMI、AMH、bFSH、bLH、Gn使用天数、Gn用量以及获卵数。结果显示这些因素均不是引起患者至少有1枚胞质丝(+)囊胚的相关因素，见表2。

表2 多因素逻辑回归分析患者是否存在胞质丝(+)囊胚与基本资料的相关性

变量	胞质丝(+)周期 vs. 胞质丝(−)周期 *OR*值(95%CI)	*P*值
女性年龄(岁)	0.966(0.890~1.049)	0.814
男性年龄(岁)	1.050(0.988~1.117)	0.116
女性BMI(kg/m^2)	0.953(0.884~1.028)	0.210
AMH	0.972(0.884~1.070)	0.565
bFSH(U/L)	1.039(0.981~1.099)	0.193
bLH(U/L)	1.008(0.892~1.140)	0.895
Gn使用总量(U)	1.000(0.999~1.000)	0.142
Gn使用时间(d)	1.153(0.935~1.423)	0.184
获卵数(个)	0.946(0.858~1.042)	0.259

采用多因素逻辑回归分析胞质丝的存在是否与胚胎特征相关，将卵子年龄、胚胎质量、胚胎染色体倍性纳入分析，结果显示胚胎形态学质量与胞质丝的出现明显相关。随着胚胎形态学质量的降低，胞质丝的出现率明显降低。一般质量与优质胚胎相比(OR=0.751，95%CI=0.593~0.951，P=0.018)，低质量囊胚与优质胚胎相比(OR=0.335，95%CI=0.222~0.505，P<0.001)。然而，囊胚扩张期的胞质丝是否存在年龄、胚胎染色体倍性差异无统计学意义(均P>0.05)，见表3。

表3 多因素逻辑回归分析与胞质丝出现相关的胚胎因素

变量	胞质丝(+) vs. 胞质丝(−) *OR*值(95%CI)	*P*值
女性年龄(岁)	0.972(0.942~1.003)	0.071
胚胎染色体倍性(整倍体 vs. 非整倍体)	1.035(0.845~1.268)	0.739
胚胎质量(一般 vs. 优质)	0.751(0.593~0.951)	0.018
胚胎质量(低质量 vs. 优质)	0.335(0.222~0.505)	<0.001

2.5 胞质丝(+)和胞质丝(−)整倍体囊胚FET后的临床结局

530例患者进行单个整倍体囊胚解冻复苏移植，根据移植的整倍体囊胚是否存在胞质丝，分为胞质丝(+)囊胚组(n=115)和胞质丝(−)囊胚组(n=415)。与胞质丝(−)囊胚组相比，胞质丝(+)组女性年龄和BMI差异均无统计学意义(P>0.05)。此外，与胞质丝(−)周期相比，胞质丝(+)周期的优质胚胎比例(53.04% vs. 38.07%，P=0.004)和第5天胚胎的比例(83.48% vs. 72.05%，P=0.013)显著较高。然而，2组之间的整倍体囊胚妊娠结局相比，种植率(72.17% vs. 66.02%，P=0.213)、流产率(14.46% vs. 12.77%，P=0.691)

和活产率（61.74% vs. 57.59%，P=0.424）差异均无统计学意义，见表4。

表4 胞质丝（+）和胞质丝（−）整倍体囊胚解冻复苏移植周期临床结局比较（n,%;$\bar{x}\pm s$）

变量	胞质丝（−）周期（n=415）	胞质丝（+）周期（n=115）	t/χ^2值	P值
女性年龄（岁）	32.34 ± 4.24	31.74 ± 4.09	0.560	0.178
BMI（kg/m^2）	22.04 ± 2.74	21.93 ± 2.76	0.061	0.708
胚胎质量			9.827	0.007
优质	158（38.07）	61（53.04）		
一般	209（50.36）	48（41.74）		
低质量	48（11.57）	6（5.22）		
发育天数（d）			6.197	0.013
第5天	299（72.05）	96（83.48）		
第6天	116（27.95）	19（16.52）		
种植率	274（66.02）	83（72.17）	1.549	0.213
流产率	35（12.77）	12（10.48）	0.158	0.691
活产率	239（57.59）	71（61.74）	0.638	0.424

3 讨 论

囊胚内细胞团和滋养外胚层细胞之间的胞质连接，被称为胞质丝。近年来，随着时差培养技术的广泛应用，发现胞质丝的出现是体外胚胎培养过程中的常见现象。然而，胞质丝对胚胎发育潜能的影响了解甚少，需要更多的研究来全面了解胞质丝在植入前胚胎发育中的作用，为胚胎选择提供更多的参数。

研究证实胞质丝通常在早期囊胚阶段开始出现[18]，可能是由于细胞极化问题或培养条件较差导致的[10,12]。小鼠实验表明体外培养的胚胎胞质丝出现率明显高于体内培养的胚胎[11]。在本文活检囊胚中，胞质丝（+）囊胚的比例为25.05%（534/2 132），低于文献报道的44%~82%。由于本文是首次报道采用PGT-A的人群分析囊胚胞质丝与发育潜能的相关性，研究人群的差异可能是胞质丝（+）囊胚比例不同的原因。

本研究以530例PGT-A患者新鲜周期活检的2 132枚囊胚为研究对象，分析囊胚胞质丝与胚胎质量、胚胎染色体倍性之间的相关性，以及影响胞质丝出现的潜在因素。本文研究结果显示胞质丝的出现与胚胎质量明显相关，胚胎形态学质量越差，胞质丝的出现率越低。此结果与最初Scott LA等[10]的研究结论不一致，而与近年来Ma BX等[16]和Eastick J等[19]的研究结果一致，均认为胞质丝（+）是胚胎质量较好的特征。

目前，胞质丝与胚胎染色体倍性的相关性未见报道。本文通过比较胞质丝（+）囊胚与胞质丝（−）囊胚PGT-A结果，研究发现2组囊胚的整倍体率、非整倍体率及嵌合率均没有明显统计学差异。2020年Ebner T等[13]的研究表明囊胚胞质丝与囊胚扩张期自发性的皱缩相关。此外，自发性皱缩和再扩张现象可能是囊胚在试图挽救囊胚滋养外胚层细胞相对无序生长状态，或者将损伤（可能是染色体异常）细胞排出的过程[20]，是胚胎非整倍体率高和胚胎活力差的特征[8,21]。尽管本文未分析胞质丝（+）与囊胚自发性皱缩的相关性，但是胞质丝与胚胎染色体倍性的直接分析结果显示2者并不相关。

近年来，胞质丝（+）囊胚的妊娠结局受到广泛关注，Eastick J等[14]和Ma BX等[16]的研究均表明胞质丝（+）囊胚与（−）胞质丝囊胚相比，可获得更高的种植率。2023年Coticchio G等[20]的最新研究结果显示在校正患者年龄和胚胎质量后，胞质丝（+）囊胚和胞质丝（−）囊胚的活产率差异无统计学意义。本文结果显示胞质丝（+）与胞质丝（−）整倍体囊胚的种植率、流产率和活产率差异均无统计学意义。值得注意的是，本文是首次以整倍体囊胚为研究对象，排除了染色体非整倍性的干扰，更好的分析胞质丝的存在与否对妊娠的影响。研究对象的差异可能是导致本结果与Ma BX等[16]研究结论不一致的原因，但都显示胞质丝不影响临床妊娠。本文样本例数较少，仍然需要更多的研究来证实胞质丝对临床妊娠的影响。

目前，胞质丝的形成以及生物学功能研究较少。在囊胚的发育过程中，内细胞团诱导了极性滋养外胚层细胞的高度增殖，导致滋养外胚层细胞从极性区向透明带区转移[22]。靠近透明带的滋养外胚层细胞是离内细胞团距离最远的细胞，然而这些细胞究竟是如何接收到增殖信号的尚不清楚[22-23]。因此，有文献认为胞质丝是内细胞团和滋养外胚层细胞之间的通信增强后形成的表现特征[23]。随后，Salas-Vidal E等[11]通过鼠胚免疫荧光试验来研究胞质丝的生物学功能，发现成纤维细胞生长因子2受体和人表皮生长因子受体3在胚胎发育和信号转导中发挥重要作用，特别是与滋养外胚层细胞的增殖和信号转导活性相关，推测胞质丝及其囊泡在内细

胞团和滋养外胚层细胞之间的通信中可能发挥了重要作用，并传递来自囊胚内细胞团的信号分子到滋养外胚层细胞，并影响滋养外胚层细胞增殖和分化。

胞质丝随着囊胚扩张程度呈动态变化的[11]，可能细胞的功能状态密切相关，但目前尚缺乏一个统一有效的等级评价标准。本文仅从囊胚扩张期胞质丝的有无角度进行分析，可以作为一个基本的客观的评估指标，未来可能需要更深入的研究来建立更全面的评价指标，评估胞质丝与胚胎发育的相关性。

综上所述，囊胚胞质丝的存在与囊胚形态学质量相关，与囊胚的倍性以及整倍体囊胚移植后的临床结局无相关性。未来仍需更多的研究来证实胞质丝的生物学功能以及对胚胎发育的影响。

参 考 文 献

[1] Glujovsky D, Farquhar C. Cleavage-stage or blastocyst transfer: what are the benefits and harms?[J]. Fertil Steril, 2016, 106(2): 244-250.

[2] Eum JH, Park JK, Kim SY, et al. Clinical outcomes of single versus double blastocyst transfer in fresh and vitrified-warmed cycles[J]. Clin Exp Reprod Med, 2016, 43(3): 164-168.

[3] Schoolcraft WB, Gardner DK, Lane M, et al. Blastocyst culture and transfer: analysis of results and parameters affecting outcome in two *in vitro* fertilization programs[J]. Fertil Steril, 1999, 72(4): 604-609.

[4] Rubio I, Galán A, Larreategui Z, et al. Clinical validation of embryo culture and selection by morphokinetic analysis: a randomized, controlled trial of the EmbryoScope[J]. Fertil Steril, 2014, 102(5): 1287-1294.

[5] Coticchio G, Mignini Renzini M, Novara PV, et al. Focused time-lapse analysis reveals novel aspects of human fertilization and suggests new parameters of embryo viability[J]. Hum Reprod, 2018, 33(1): 23-31.

[6] Liu YH, Qi F, Matson P, et al. Between-laboratory reproducibility of time-lapse embryo selection using qualitative and quantitative parameters: a systematic review and meta-analysis[J]. J Assist Reprod Genet, 2020, 37(6): 1295-1302.

[7] McCollin A, Swann RL, Summers MC, et al. Abnormal cleavage and developmental arrest of human preimplantation embryos *in vitro*[J]. Eur J Med Genet, 2020, 63(2): 103651.

[8] Cimadomo D, Marconetto A, Trio S, et al. Human blastocyst spontaneous collapse is associated with worse morphological quality and higher degeneration and aneuploidy rates: a comprehensive analysis standardized through artificial intelligence[J]. Hum Reprod, 2022, 37(10): 2291-2306.

[9] Cimadomo D, Rienzi L, Conforti A, et al. Opening the black box: why do euploid blastocysts fail to implant? A systematic review and meta-analysis[J]. Hum Reprod Update, 2021, 29(5): 570-576.

[10] Scott LA. Oocyte and embryo polarity[J]. Semin Reprod Med, 2000, 18(2): 171-183.

[11] Salas-Vidal E, Lomelí H. Imaging filopodia dynamics in the mouse blastocyst[J]. Dev Biol, 2004, 265(1): 75-89.

[12] Hardarson T, Van Landuyt L, Jones G. The blastocyst[J]. Hum Reprod, 2019, 27: 172-191.

[13] Ebner T, Sesli Ö, Kresic S, et al. Time-lapse imaging of cytoplasmic strings at the blastocyst stage suggests their association with spontaneous blastocoel collapse[J]. Reprod Biomed Online, 2020, 40(2): 191-199.

[14] Eastick J, Venetis C, Cooke S, et al. The presence of cytoplasmic strings in human blastocysts is associated with the probability of clinical pregnancy with fetal heart[J]. J Assist Reprod Genet, 2021, 38(8): 2139-2149.

[15] Joo K, Nemes A, Dudas B, et al. The importance of cytoplasmic strings during early human embryonic development[J]. Front Cell Dev Biol, 2023, 11: 1177279.

[16] Ma BX, Yang L, Tian Y, et al. Cytoplasmic strings between ICM and mTE are a positive predictor of clinical pregnancy and live birth outcomes: a time-lapse study[J]. Front Med, 2022, 9: 934327.

[17] 朱家红，熊 顺，武丽红，等. 整倍体胚胎形态动力学参数对单囊胚移植妊娠结局的影响[J]. 中华生殖与避孕杂志，2020，43(9)：898-990.

Zhu JH, Xiong S, Wu LH, et al. The influence of morphological and dynamic parameters of diploid embryos on the outcome of single blastocyst transfer pregnancy[J]. Chinese Journal of Reproduction and Contraception, 2020, 43(9): 898-990.

[18] Nadir Ciray H, Campbell A, Agerholm IE, et al. Proposed guidelines on the nomenclature and annotation of dynamic human embryo monitoring by a time-lapse user group[J]. Hum Reprod, 2014, 29(12): 2650-2660.

[19] Eastick J, Venetis C, Cooke S, Chapman M. Detailed analysis of cytoplasmic strings in human blastocysts: new insights[J]. Zygote, 2023, 31(1): 78-84.

[20] Coticchio G, Barrie A, Lagalla C, et al. Plasticity of the human preimplantation embryo: developmental dogmas, variations on themes and self-correction[J]. Hum Reprod Update, 2021, 27(5): 848-865.

[21] Marcos J, Pérez-Albalá S, Mifsud A, et al. Collapse of blastocysts is strongly related to lower implantation success: a time-lapse study[J]. Hum Reprod, 2015, 30(11): 2501-2508.

[22] Gardner RL. The early blastocyst is bilaterally symmetrical and its axis of symmetry is aligned with the animal-vegetal axis of the zygote in the mouse[J]. Development, 1997, 124(2): 289-301.

[23] Chai N, Patel Y, Jacobson K, et al. FGF is an essential regulator of the fifth cell division in preimplantation mouse embryos[J]. Dev Biol, 1998, 198(1): 105-115.

（责任编辑：周一青）

本文引用格式：
朱家红，邹佳益，王 江，等. 囊胚扩张期胞质丝存在对胚胎发育和妊娠结局的影响[J]. 重庆医科大学学报，2025，50(5)：688-693.