

## **Analýza faktorů ovlivňujících úspěšnost početí: Role věku, stresu a klinických parametrů**

Neplodnost je dle WHO definována jako onemocnění mužského nebo ženského reprodukčního systému, znemožňující otěhotnění po 12 měsících nebo delším období pravidelného nechráněného pohlavního styku (WHO, 2024). Z posledních statistik věnujícím se neplodnosti vyplývá, že až 1 z 6 lidí v produktivním věku je postižen neplodností (WHO, 2025). Faktorů, které neplodnost ovlivňují je mnoho, četné studie se je však snaží redukovat a identifikovat ty signifikantní.

Věk ženy představuje jeden z nejkritičtějších biologických faktorů ovlivňujících reprodukční zdraví, přičemž schopnost početí začíná výrazně klesat po 30. roce života v důsledku přirozeného snižování ovariální rezervy a kvality oocytů (Delbaere et al., 2020). Současný trend odkládání rodičovství do vyššího věku je spojen se zvýšeným rizikem neplodnosti, kterou moderní postupy asistované reprodukce nedokážou vždy plně kompenzovat, neboť biologické limity stárnutí organismu zůstávají dominantním faktorem (Emokpae & Brown, 2021). Kromě věku hrají zásadní roli také specifické zdravotní diagnózy, jako je syndrom polycystických ovárií (PCOS), který skrze hormonální dysbalanci a anovulační cykly vytváří významnou fyziologickou bariéru úspěšného početí a vyžaduje cílený klinický management (Palomba et al., 2018).

Vedle biologických determinant mají na fertilitu obou partnerů zásadní vliv modifikovatelné faktory životního stylu a psychologické aspekty, zejména hladina chronického stresu a celková kvalita života. Psychická zátěž narušuje hormonální regulaci osy hypothalamus-hypofýza-gonády, což u žen vede k poruchám cyklu a u mužů k prokazatelnému zhoršení kvality a motility spermatu (Palomba et al., 2018; Ilacqua et al., 2018). Tento negativní vliv je často umocněn rizikovým chováním, jako je kouření tabáku, které skrze oxidační stres poškozují DNA zárodečných buněk a u žen je spojeno s dřívějším nástupem menopauzy, čímž dochází k dalšímu zkrácení reprodukčního okna (Oboni et al., 2016). Komplexní přístup k léčbě neplodnosti by proto měl zahrnovat nejen medicínskou intervenci, ale i úpravu životního stylu a management stresu, které mohou významně zvýšit šanci na úspěšné otěhotnění (Emokpae & Brown, 2021).

V rámci této práce se tedy zaměřím na analýzu dat za účelem identifikace faktorů, které mají signifikantní vliv na neplodnost.

### **VÝZKUMNÝ SOUBOR**

Empirická část tohoto souboru vychází z analýzy datového souboru „Fertility Health Dataset“, dostupného v internetové databázi Kaggle.

Tento datový soubor byl navržen pro potřeby strojového učení a pokročilého statistického modelování v oblasti reprodukční medicíny. Hlavním účelem tohoto datasetu je predikce úspěchu těhotenství (binárního výsledku – početí úspěšné/neúspěšné), na základě komplexního souboru biologických, klinických a s životním stylem spjatých indikátorů obou partnerů. Celkový rozsah souboru zahrnuje data od 799 párů. Cílová proměnná (výsledek početí) vykazuje v souboru rozdělení na 582 (72,8 %) úspěšných a 217 (27,2 %) neúspěšných případů.

### **ZPRACOVÁNÍ DAT**

Pro predikci úspěšnosti těhotenství byla použita binomiální logistická regrese, pro její využití při zkoumání vztahu mezi alternativní závislou proměnnou a jednou a více proměnnými. Před zahájením analýzy v softwaru TIBCO Statistica byla data spojitých proměnných (věk, BMI, parametry spermogramu) standardizována (na Z-skóry), což umožnilo přímé porovnání jejich vlivu na závislou proměnnou úspěšnost těhotenství (1=úspěch, 0=neúspěch) bez ohledu na původní jednotky.

Proměnné úroveň stresu a kouření byly do modelu zahrnuty jako kategorické proměnné. U stresu model vytvořil dvě dummy proměnné ( $df=2$ ), což umožnilo zachytit nelineární rozdíly mezi nízkou, střední a vysokou zátěží.

Nezávislé proměnné zahrnuté v data setu lze rozdělit do 4 klíčových kategorií:

**1. Biologické faktory na straně ženy**

- Věk: spojitá proměnná (v letech)
- BMI: Index tělesné hmotnosti – spojitá proměnná
- Pravidelnost menstruace: binární ukazatel (pravidelná/nepravidelná)
- Stav PCOS: přítomnost syndromu polycystických ovárií (binární ukazatel: ano/ne)

**2. Biologické faktory na straně muže:**

- Věk: spojitá proměnná (v letech)
- Počet spermií: koncentrace počtu v mil/ml (spojitá proměnná)
- Motilita: procento pohyblivých spermií (spojitá proměnná)

**3. Životní styl a psychosociální faktory:**

- Úroveň stresu: ordinální proměnná (3 úrovně: nízká, střední, vysoká)
- Kouření: dichotomická proměnná (ano/ne)
- Konzumace alkoholu: dichotomická proměnná (ano/ne)

**4. Klinický kontext**

- Typ léčby: kategorie zahrnující přirozené početí bez léčby, medikaci a asistovanou reprodukci (IVF)
- Délka pokusů: časové období uvedené v měsících, po které se pár pokoušel o těhotenství (spojitá proměnná)

**ANALÝZA**

Datový soubor byl podroben binomiální logistické regresi se zahrnutím všech výše popsaných proměnných. Tato metoda byla zvolena, jelikož závislá proměnná úspěšnost početí nabývá pouze dvou hodnot (binární proměnná). Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce č.1.

Parametr  $\text{Exp}(B)$  *odds ratio* vyjadřuje poměr šancí výskytu sledované události při změně prediktoru o jednu jednotku.

Použití Waldovy statistiky umožňuje určení statisticky významných proměnných, u kterých lze zamítnout nulovou hypotézu parametru  $\beta_i = 0$ .

Tabulka 1: Odhad parametrů modelu

	Regresní koeficient $\beta$	Stan. Chyba	Exp(B)	Wald. Stat.	p
(Intercept)	1,63	0,21		60,17	0,01
Počet spermií	0,22	0,11	1,25	4,10	0,04
Motilita	-0,23	0,11	0,80	4,03	0,04
Věk ženy	<b>-1,45</b>	<b>0,12</b>	<b>0,23</b>	<b>139,87</b>	<b>&lt;0,01</b>
Věk muže	0,09	0,10	1,09	0,86	0,35
BMI	-0,01	0,10	0,99	0,02	0,90
Délka pokusů	0,02	0,10	1,02	0,03	0,85
Pravidelná menstruace	0,06	0,11	1,13	0,30	0,58
PCOS	<b>0,37</b>	<b>0,12</b>	<b>2,10</b>	<b>9,64</b>	<b>&lt;0,01</b>
Úroveň stresu střední	<b>0,84</b>	<b>0,15</b>	<b>3,75</b>	<b>30,34</b>	<b>&lt;0,01</b>
Úroveň stresu vysoká	<b>-0,35</b>	<b>0,14</b>	<b>1,14</b>	<b>6,57</b>	<b>&lt;0,01</b>
Kouření	<b>0,25</b>	<b>0,10</b>	<b>1,66</b>	<b>5,97</b>	<b>0,02</b>
Alkohol	0,07	0,14	0,99	0,25	0,62
IVF	<b>-0,49</b>	<b>0,17</b>	<b>0,37</b>	<b>8,92</b>	<b>&lt;0,01</b>
Medikace	-0,09	0,11	0,83	0,70	0,40
Bez léčby	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00

Na základě analýzy pomocí logistické regrese bylo identifikováno 6 statisticky významných proměnných umožňujících predikci úspěchu početí: věk ženy, PCOS (syndrom polycystických ovarií), nízká úroveň stresu, kouření a IVF.

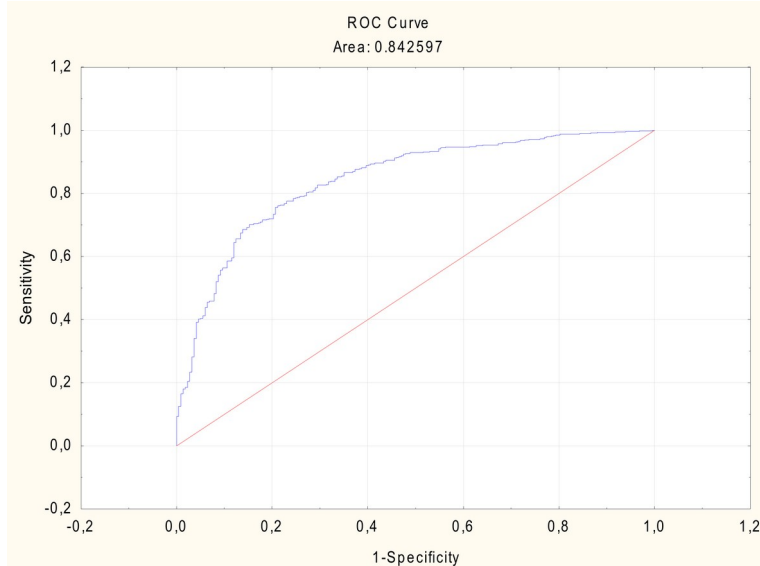
Regresor věk ženy nabývá hodnot  $\exp(B) = 0,23$ ,  $\beta = -1,45$ ,  $p < 0,001$ .  $\exp(B)$  (odds ratio) vyjadřuje poměr šancí výskytu sledované události při změně prediktoru o jednu jednotku. V tomto případě tedy zvýšení věku o jednotku snižuje šanci na úspěšné početí o 77 %, a jedná se tak o statisticky nejvýznamnější prediktor.

Klasifikační schopnost modelu byla hodnocena pomocí matice záměn (Tabulka č.2). Model disponuje vysokou senzitivitou (91,1 %), což poukazuje na velmi přesnou schopnost identifikovat páry s vysokým potenciálem k úspěšnému početí. Relativně nižší specifita (54,4 %) naznačuje, že model u části neúspěšných pokusů predikoval kladný výsledek. Tento jev může být způsoben biologickými faktory, které nebyly v datasetu zahrnuty.

Tabulka č.2: Ukazatel kvality predikce modelu

Pozorované hodnoty	Predikce modelu		
	1	0	% správných
1	530	52	91,1
0	99	118	54,4

Graf č.1: ROC křivka modelu predikce úspěšnosti početí



Kvalita a predikční síla vytvořeného modelu byla primárně ověřena pomocí ROC analýzy, přičemž hodnota plochy pod křivkou (AUC = 0,84) indikuje vynikající diskriminační schopnost. Model tak dokáže s vysokou spolehlivostí (84 %) odlišit pacientky s pozitivním výsledkem početí od pacientek neúspěšných, což potvrzuje i výrazný odklon ROC křivky od diagonály náhodné klasifikace.

Vysoká přesnost modelu je v souladu s jeho robustní vysvětlovací schopností, kterou potvrzují koeficienty determinace. Zatímco Cox-Snell  $R^2$  index dosahuje hodnoty 0,258, po korekci na index kvality Nagelkerke  $R^2$  hodnotu 0,390. Tento výsledek naznačuje, že zvolený soubor prediktorů objasňuje přibližně 39 % variability výsledku těhotenství, což u takto komplexního biologického procesu představuje silný a statisticky hodnotný výsledek.

## ZÁVĚR

Vytvořený model logistické regrese vykazuje vysokou predikční schopnost, kdy správně klasifikoval 81,1 % sledovaných případů a vysvětlil přibližně 39 % variability úspěšného početí (Nagelkerke  $R^2 = 0,39$ ).

Jako statisticky nejvýznamnější negativní prediktor byl identifikován věk ženy, u kterého každé zvýšení hodnoty vede k poklesu šance na početí o 77 %. Naopak nejsilnějším pozitivním faktorem je nízká hladina stresu, která zvyšuje šanci na úspěch téměř čtyřnásobně. Významným faktorem se ukázala také absence PCOS, která šanci na početí více než zdvojnásobuje.

Z hlediska životního stylu a anamnézy model prokázal signifikantní vliv u nekouření, které zvyšuje šanci na úspěch o 66 %. Naopak vliv předchozího podstoupení IVF vyšel v tomto modelu negativně, což naznačuje, že u párů v této skupině byla šance na přirozené/aktuální početí o 63 % nižší. Z mužských faktorů byly významné počet spermií ( $\text{Exp}(B) = 1,25$ ;  $p = 0,04$ ) a motilita ( $\text{Exp}(B) = 0,80$ ;  $p = 0,04$ ). Ostatní faktory jako BMI ( $p = 0,90$ ), věk muže ( $p = 0,35$ ) či konzumace alkoholu ( $p = 0,62$ ) se v konkurenci silných biologických a psychologických prediktorů neukázaly jako statisticky významné.

## ZDROJE

Delbaere, I., Verbiest, S., & Tydén, T. (2020). Knowledge about the impact of age on fertility: a brief review. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 125(2), 167–174. <https://doi.org/10.1080/03009734.2019.1707913>

Emokpae, M. A., & Brown, S. I. (2021). Lifestyle behaviors and fertility: Effects of lifestyle factors on fertility. *Reproduction & Fertility*, 2(1), R13–R26. <https://doi.org/10.1530/RAF-20-0046>

Ilacqua, A., Izzo, G., Emerenziani, G. P., Baldari, C., & Aversa, A. (2018). Lifestyle and fertility: the influence of stress and quality of life on male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), Article 115. <https://doi.org/10.1186/s12958-018-0436-9>

Oboni, J. B., Marques-Vidal, P., Bastardot, F., Vollenweider, P., & Waeber, G. (2016). Impact of smoking on fertility and age of menopause: a population-based assessment. *BMJ Open*, 6(11), Article e012015. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012015>

Palomba, S., Daolio, J., Romeo, S., Battaglia, F. A., Marci, R., & La Sala, G. B. (2018). Lifestyle and fertility: the influence of stress and quality of life on female fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), Article 113. <https://doi.org/10.1186/s12958-018-0434-y>

Pilka R. (2022). *Gynekologie*. 2. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf

World Health Organization. (2024). *Infertility*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/infertility>

World Health Organization. (2025). *WHO issues first global guideline on infertility*. <https://www.who.int/news/item/28-11-2025-who-issues-first-global-guideline-on-infertility>