

Analysis of the Survival of Breast Cancer Patients Using Weibull and Poisson Beta-Weibull Non-Mixture Cure Models

Fahimeh Ghasemi*¹, Aliakbar Rasekhi¹, Shahpar Haghghat²

1. Department of Biosistics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Breast Cancer Research Center, Motamed Cancer Institute, ACECR, Tehran, Iran

(Received:2018/02/14

Accept: 2018/10/31)

Abstract

Background: Therapies for many diseases especially cancers have been improved significantly in the recent year, so there have been an increased number of patients who do not experience mortality. In the analysis of these diseases, cure models are used instead of usual survival models. Weibull model and its generalized version, beta Weibull Poisson (BWP), are flexible models in cure models and are used in the present study to analyze breast cancer patients data.

Materials and Methods: The data of the present descriptive study are from patients with breast cancer, who referred to Motamed Cancer Institute in Tehran during 1997-2006 and were followed from 2013 to 2017. A total of 270 patients were randomly selected and their individual characteristics were registered. The data were analyzed using Stata 12 and R3.4.1 softwares with the the significance level set at 0.05.

Results: The results showed that 43 (15.9%) of patients deaths occurred after treatment. The rate of cure after one, three, and five years were found to be 0.99, 0.87, and 0.83 respectively. The results of the current study showed that PBW Non-Mixture Cure Model (AIC=427) has better fit compared with weibull (AIC=593). Based on this model, variables of tumor size greater than 5 ($P<0.001$) and tumor grade 3 ($P<0.001$) are factors affecting patients cured. Also, the cure rate was estimated to be 80%.

Conclusion: By studying the effects of factors affecting the occurrence of death, considering the unknown number of causes and using BWP models, the cancer trend can better be analyzed and more accurate information can be available for researchers.

Keywords: Survival analysis; Long-term survivors; Breast Cancer

* Corresponding Author: Aliakbar Rasekhi
Email:rasekhi@modares.ac.ir

تحلیل بقای بیماران مبتلا به سرطان پستان با استفاده از مدل‌های شفایافته ناآمیخته وایبل و بتا وایبل پواسون

فهمیه قاسمی^{۱*}، علی اکبر راسخی^۱، شهپر حقیقت^۲

۱- گروه آماری زیستی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات سرطان پستان، پژوهشکده معتمد، جهاد دانشگاهی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۸/۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵

چکیده:

سابقه و هدف: در سال‌های اخیر درمان بسیاری از بیماری‌ها به‌ویژه سرطان پستان پیشرفت قابل توجهی یافته است، بنابراین شمار بیمارانی که پیامد مورد نظر از جمله مرگ را تجربه نمی‌کنند افزایش یافته است. در تحلیل آماری این نوع بیماری‌ها، به‌جای مدل‌های معمول بقا از مدل‌های شفایافته استفاده می‌شود. از بین این مدل‌ها، مدل وایبل کاربرد بیشتری دارد و گونه تعمیم‌یافته آن مدل بتا وایبل پواسون به دلیل انعطاف بیشتر داده‌ها را بهتر مدل‌بندی می‌کند. این مطالعه با هدف بررسی عوامل مؤثر بر بقای بیماران مبتلا به سرطان پستان با استفاده از این مدل‌ها انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: داده‌های این مطالعه توصیفی مربوط به بیماران مبتلا به سرطان پستان است که در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۵ به پژوهشکده معتمد جهاد دانشگاهی در تهران مراجعه کرده بودند و در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۱ مورد پیگیری قرار گرفتند. تعداد ۲۷۰ بیمار به صورت مراجعه مستمر انتخاب و مشخصه‌های فردی آن‌ها ثبت شد. برای برازش مدل‌های شفایافته از نرم‌افزارهای *Stata* ۱۲ و *R* ۳/۴/۱ استفاده و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که ۴۳ (۱۵/۹ درصد) نفر از بیماران پس از درمان فوت کردند. شفای یک، سه و پنج ساله بیماران به ترتیب ۰/۹۹، ۰/۸۷ و ۰/۸۳ بود. نتایج برازش مدل نشان داد مدل بتا وایبل پواسون (با $AIC=427$) برازش بهتری نسبت به مدل شفایافته ناآمیخته وایبل ($AIC=593$) دارد. براساس این مدل، متغیرهای اندازه تومور بزرگ‌تر از پنج سانتی‌متر ($P<0/001$) و درجه تومورسه (بدخیم)، ($P<0/001$) معنادار بودند و نسبت شفایافتگی ۸۰ درصد برآورد شد. **نتیجه‌گیری:** با بررسی اثر عوامل مؤثر بر رخداد مرگ و در نظر گرفتن عوامل نامعلوم که با توزیع پواسون مدل‌بندی می‌شود، مدل شفایافته ناآمیخته بتا وایبل پواسون باعث می‌شود سیر طبیعی بیماری بهتر توصیف شود و اطلاعات دقیق‌تری در اختیار محققان قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تحلیل بقا، بقای طولانی‌مدت، سرطان پستان

مقدمه:

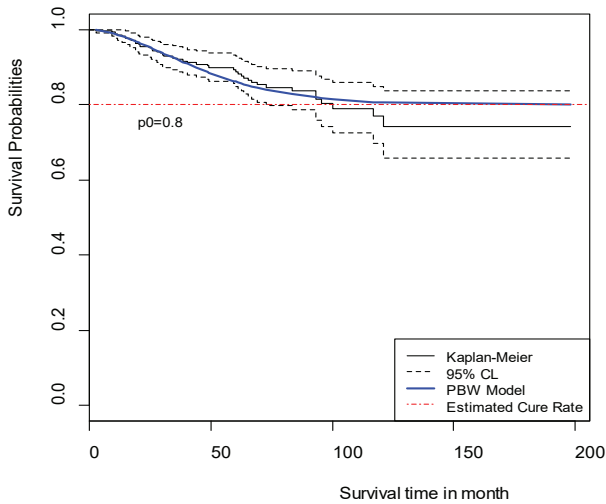
درمان اصلی این بیماری جراحی است که شامل جراحی با حفظ پستان و ماستکتومی رادیکال تعدیل یافته است. از جمله عوامل حیاتی در پیشگیری و کنترل این بیماری، معاینه‌های مرتب و تشخیص زود هنگام است (۴، ۵). در سال ۲۰۱۳ حدود ۲۳۲۳۴۰ زن مورد جدید سرطان پستان به ثبت رسید. در سرطان پستان بقای بیش از پنج سال به عنوان شفایافته (Cure) در نظر گرفته می‌شود. بیش از ۲/۸ میلیون از شفایافتگان سرطان پستان در آمریکا وجود دارد (۶). یکی از راه‌های مفید و مناسب برای بررسی هرگونه پیشرفت در درمان سرطان نظارت بر روند بقای بیماران در طول زمان است (۷). فاصله زمانی تشخیص تا رخداد پیشامد مورد نظر مهم‌ترین معیار درمان برای بیماران، پزشکان و سیاست‌گذاران است (۸). در

سرطان پستان تاکنون شایع‌ترین سرطان در بین زنان و دومین سرطان شایع جهان است (۱). علاوه بر این هنوز در ایران مرگ و میر کمتری نسبت به کشورهای صنعتی غربی دارد (۲). در مطالعه‌هایی که در سایر کشورها انجام شده است، سرطان پستان را به عنوان شایع‌ترین سرطان زنان معرفی کرده‌اند و در برخی مطالعه‌ها به خصوص در کشورهای منطقه خاورمیانه نیز روند بروز این بیماری را رو به افزایش اعلام کرده‌اند (۱). در گزارش کشوری ثبت موارد سرطانی سال ۱۳۸۷ همچنان سرطان پستان در زنان در رتبه اول قرار داشته و با میزان بروز استاندارد شده سنی (Aged Standardized Rate) ۳۳/۲ بالاتر از موارد گزارش شده سرطان پوست است (۳).

نویسنده مسئول: فهمیه قاسمی

پست الکترونیک: rasekhi@modares.ac.ir

داده شد. به منظور تحلیل چندمتغیره، تمامی متغیرهای بررسی شده به طور همزمان وارد مدل‌های شفا یافته نامیخته و ایبل و بتا و ایبل پواسون شدند.



نمودار ۲. منحنی‌های کاپلان-مایر، تابع بقای بتا و ایبل پواسون (PBW) و نسبت شفا یافته برآورد شده برای مبتلایان سرطان پستان

با توجه به جدول ۱ نتایج این تحلیل نشان داد که در بین مدل‌های برازش داده شده براساس معیار اطلاع آکاییکه مدل شفا یافته نامیخته بتا و ایبل پواسون برازش بهتری نسبت به مدل و ایبل دارد (در مدل و ایبل $AIC=593$ و در مدل بتا و ایبل پواسون $AIC=427$ نسبت شفا یافته در این مدل ۸۰ درصد به دست آمد.

پارامتر شکل از مقدار ۱ به طور معناداری فاصله دارد و با توجه به مقدار آن نتیجه می‌شود تابع خطر افراد غیر شفا یافته با افزایش زمان صعودی است. ضریب‌های برآورد شده متغیرهای پیشگو منفی هستند و ضریبی که p -مقدار آن‌ها از پنج درصد کمتر است نشان می‌دهند که به ازای آن متغیر پیشگو میزان شفا یافته به طور معناداری کمتر است. طبق نتایج به دست آمده در جدول ۱، در مدل شفا یافته نامیخته و ایبل متغیر اندازه تومور در سطح ۲-۵ و اندازه تومور بزرگ‌تر از پنج (نسبت به سطح مرجع کمتر از دو) معنادار شدند. در مدل شفا یافته نامیخته بتا و ایبل پواسون نیز متغیرهای اندازه تومور سطح بزرگ‌تر از پنج (نسبت به کمتر از دو) و درجه تومور سه (نسبت به یک) از عوامل موثر بر کاهش میزان شفا یافته بودند. نمودار ۲ منحنی برآورد کاپلان مایر و منحنی تابع بقای حاصل از برازش مدل شفا یافته نامیخته بتا و ایبل پواسون است؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود نسبت شفا یافته ۸۰ درصد را نشان می‌دهد.

بحث:

نتایج مطالعه نشان داد که مدل شفا یافته بتا و ایبل پواسون برازش بهتری نسبت به مدل شفا یافته و ایبل دارد. براساس این مدل، متغیرهای اندازه تومور بزرگ‌تر از پنج سانتی‌متر و درجه وخامت تومور سه ارتباط معناداری با کاهش شفا یافته بیماران نشان دادند. یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر عدم ثبت دقیق اطلاعات و متغیرها در پرونده بیماران بود. ثبت ناقص اطلاعات باعث شد اطلاعات بسیاری از بیماران و همچنین متغیرهایی از مطالعه حاضر خارج شوند.

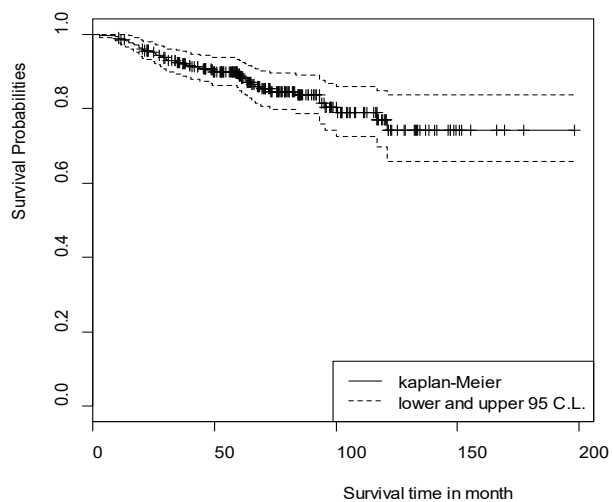
در این مطالعه میزان شفا پنج ساله سرطان پستان با استفاده از مدل بتا و ایبل پواسون ۸۰ درصد برآورد شد. در مطالعه‌های مشابهی که در ایران بر روی مراجعان به مرکز دانشگاهی شهید بهشتی انجام شده بود، از مدل و ایبل استفاده شده بود که بقای پنج ساله سرطان پستان را ۷۷ درصد برآورد کرده بود. تفاوت این دو مقدار می‌تواند ناشی از جمعیت‌های مختلف مورد مطالعه، خدمات درمانی ارائه شده به صورت دولتی یا خصوصی و همچنین مدل‌های آماری به کار گرفته شده باشد (۳۳). در مطالعه

و تابع بقا برای X به صورت $S(t)=\exp(-\theta F_T(t))$ بدست می‌آید. وقتی که $S(t)=\exp(-\theta F_T(t))$ آنگاه تابع بقا ناسره است زیرا $S(\infty)=\exp(-\theta)$ که مقداری مثبت است (۳۲). بنابراین نسبت شفا یافته برابر است با $S(\infty)=P(N=0)=\exp(-\theta)$.

برای مدل‌سازی نسبت شفا یافته از توزیع و ایبل برای مدل‌بندی بقا استفاده شد که یکی از توزیع‌های معروف و متداول است. در مدل‌بندی بخش شفا یافته نیز از تابع ربط لجستیک استفاده شد. همچنین در مرحله بعد برای مدل‌سازی پیشرفته‌تر و منعطف‌تر، توزیع بتا و ایبل پواسون به کار گرفته شد که تابع ربط در این مدل به صورت لگاریتم است زیرا پارامتر پواسون از طریق تابع نمایی با متغیرهای مستقل مرتبط است. توزیع بتا و ایبل پواسون توزیعی است که از توزیع بتا و ایبل و با وزن‌های پواسون به دست می‌آید و می‌تواند انواع توابع خطر حتی انواع غیر یکنوا را مدل‌بندی کند؛ برای جزئیات بیشتر به (۶) مراجعه شود. برای مقایسه مدل‌ها از معیار اطلاع آکاییکه (AIC) استفاده شد. هر چه مقدار AIC کمتر باشد مدل پیشنهادی کارایی بهتری دارد. لازم به ذکر است که در این مطالعه، برای شناسایی افراد شفا یافته از نمودار کاپلان-مایر استفاده شد. به این صورت که اگر نمودار تابع بقا قبل از رسیدن به صفر به صورت خط افقی و مستقیم ادامه یابد بیانگر حضور افراد شفا یافته خواهد بود. در این مطالعه مدل‌های شفا یافته نامیخته و ایبل و بتا و ایبل پواسون به داده‌ها برازش داده شد و پارامترهای مدل با روش بیشینه درست‌نمایی برآورد شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار R نسخه ۳،۴،۱ و STATA نسخه ۱۲ استفاده و در این مطالعه سطح معناداری پنج درصد در نظر گرفته شد.

یافته‌ها:

در این مطالعه ۲۷۰ زن مبتلا به سرطان پستان بررسی شدند. میانگین سن بیماران $46 \pm (11/1)$ سال بود. از تعداد ۲۷۰ بیمار ۴۲ (۱۵/۹ درصد) نفر فوت کردند و تعداد ۲۲۸ (۸۴/۱ درصد) نفر از آن‌ها زنده مانده‌اند که به عنوان سانسور از راست در نظر گرفته شد. در این مطالعه بقای یک، سه و پنج ساله به ترتیب با $0/92$ ، $0/98$ و $0/89$ بود. نمودار ۱ بقای کاپلان-مایر برآورد شده از داده‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مسطح شدن نمودار قبل از رسیدن به نقطه صفر بیانگر حضور افراد شفا یافته در مطالعه است و با توجه به اینکه بقای بیش از پنج سال به عنوان شفا یافته در نظر گرفته می‌شود و جامعه بررسی شده در این مطالعه حداقل پنج سال پیگیری شده است؛ بنابراین دوره پیگیری کافی است.



نمودار ۱. نمودار بقای کاپلان-مایر برآورد شده از داده‌ها

در این مطالعه مدل‌های شفا یافته نامیخته و ایبل و بتا و ایبل پواسون به داده‌ها برازش

جدول ۱: نتایج برازش مدل‌های شفایافته نآمیخته و ایبل و بتا و ایبل پواسون در حضور متغیرهای پیشگو

مدل بتا و ایبل پواسون			مدل و ایبل			رسته	پارامتر
p-مقدار	خطای معیار	برآورد	p-مقدار	خطای معیار	برآورد		
۰/۳۹۶	۱/۹۹۱	۱/۶۹۰	-	-	-		پارامتر اول بتا (a)
۰/۷۷۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	-	-	-		پارامتر دوم بتا (b)
>۰/۰۰۱*	۰/۲۱۶	۱/۴۸۸	۰/۰۰۱*	۰/۸۴۰	۶/۴۰۴		پارامتر شکل و ایبل
۰/۰۸۳	۰/۴۵۷	۲/۵۴۹	۰/۰۱۳*	۰/۱۵۱	۰/۳۷۶		پارامتر مقیاس و ایبل
۰/۰۰۱*	۰/۵۹۰	-۱/۹۳۱	۰/۴۶۰	۲/۴۶۶	-۴/۹۱۹		مقدار ثابت
-	-	-	-	-	-	۵۰ سال و بالاتر †	سن
۰/۵۲۷	۰/۷۶۲	-۰/۴۸۳	۰/۷۵۵	۰/۴۹۰	-۰/۱۵۲	کمتر از ۵۰ سال	
-	-	-	-	-	-	دیپلم و بالاتر †	تحصیلات
۰/۳۶۸	۰/۸۵۴	-۰/۷۶۹	۰/۴۳۷	۰/۴۴۶	-۰/۳۴۶	زیر دیپلم	
-	-	-	-	-	-	مجرد †	وضعیت تاهل
۰/۲۹۱	۰/۹۸۸	-۱/۰۴۳	۰/۴۳۹	۰/۶۶۲	-۰/۵۱۲	متاهل	
-	-	-	-	-	-	ندارد †	سابقه فامیلی
۰/۱۱۳	۰/۶۲۲	-۰/۹۸۶	۰/۸۶۴	۰/۶۶۹	-۰/۱۱۴	دارد	
-	-	-	-	-	-	کمتر از ۲ †	اندازه تومور
۰/۵۵۵	۰/۳۵۷	-۰/۲۱۰	۰/۰۴۸*	۱/۰۸۸	-۲/۱۵۴	۲-۵	
>۰/۰۰۱*	۰/۰۷۰	-۰/۵۰۸	۰/۰۱۵*	۱/۱۶۳	-۲/۸۳۴	بزرگتر از ۵	
-	-	-	-	-	-	۱ †	درجه تومور
۰/۱۰۷	۰/۳۱۳	-۰/۵۰۳	۰/۲۷۴	۰/۷۲۹	-۰/۷۹۷	۲	
>۰/۰۰۱*	۰/۱۲۱	-۰/۷۵۱	۰/۱۳۸	۰/۷۹۸	-۱/۱۸۳	۳	
-	-	-	-	-	-	ندارد †	درگیری غدد لنفاوی
۰/۶۵۴	۰/۸۴۶	-۰/۳۷۹	۰/۰۸۱	۰/۴۹۹	-۰/۸۷۲	دارد	
-	-	-	-	-	-	ماستکتومی رادیکال تعدیل یافته †	نوع جراحی
۰/۱۳۸	۰/۶۴۱	-۰/۹۴۹	۰/۵۱۵	۰/۶۳۶	-۰/۶۷۶	حفظ پستان	
-	-	-	-	-	-	مثبت †	گیرنده استروژن
۰/۵۸۳	۰/۹۴۸	-۰/۵۲۰	۰/۴۸۷	۰/۴۵۸	-۰/۳۲۴	منفی	
۴۲۷/۸۶			۵۹۳/۷۶			AIC	

* معناداری در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد.

† رده مرجع را نشان می‌دهد.

سانسورشدگی نیز در نظر گرفته شد. بنابراین، مدل به کار رفته از سایر مدل‌های متداول بقا انعطاف پذیرتر بود؛ به این مفهوم که با بررسی عوامل موثر بر رخداد مرگ و احتمال شفایافتگی بیماران با استفاده از مدل شفایافته نامیخته بتا وایبل پواسون می‌توان برآورد دقیق‌تری از فرآیند سرطان پستان به‌دست آورد.

مدل‌های آماری پیچیده‌تر به دلیل اینکه جنبه‌های بیشتری از داده‌های مطالعه شده را در برمی‌گیرند، قادرند درک بهتری از فرآیند بیماری مطالعه شده در اختیار محققان قرار دهند. در این مطالعه از مدل شفایافته نامیخته استفاده شده است. برای مطالعه بیشتر می‌توان از مدل‌های شفایافته آمیخته استفاده کرده و مقایسه‌ای بین این دو روش برای انتخاب مدل بهتر انجام داد.

به طور کلی مدل‌های شفایافته نامیخته بتا وایبل پواسون باعث می‌شوند سیر طبیعی بیماری بهتر توصیف شود و اطلاعات دقیق‌تری برای انتخاب استراتژی‌های درمانی مناسب در اختیار محققان قرار داد. با تشخیص زود هنگام سرطان پستان و تسریع درمان می‌توان شفایافتگان مبتلایان سرطان پستان را افزایش داد. از آنجا که سرطان پستان یکی از قابل پیشگیری‌ترین سرطان‌ها است، پیشنهاد می‌شود برنامه‌های کنترل و پیشگیری، غربالگری و تشخیص و درمان بیماران بررسی شده جدی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی:

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری‌های آقایان مرتضی محمدزاده و رضا علی‌اکبری خوبی تشکر کنند. همچنین، مراتب سپاسگزاری خود را از داوران محترم و نظرات ارزشمند و اصلاحی آن‌ها اعلام می‌دارند.

منابع:

- Abachizadeh K, Moradi-Kouchi A, Ghanbari-Motlagh A, Kousha A, Shekarriz-Foumani R, Erfani A. Breast Cancer in Iran: levels, Variations and Correlates. *Community Health (Salāmat-i ijtīmāi)*. 2018; 5(1): 11-21. (Full Text in Persian)
- Taghavi A, Fazeli Z, Vahedi M, Baghestani AR, Pourhoseingholi A, Barzegar F, et al. Increased trend of breast cancer mortality in Iran. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2012; 13(1): 367-370.
- Ahmadi A, Ramazani R, Rezaghali T, Yavari P. Incidence pattern and spatial analysis of breast cancer in Iranian women: Geographical Information System applications. *East Mediterr Health J*. 2018; 24(4): 360-367.
- Gohari MR, Abolghasemi J, Mohammadi M. Prognostic factors of metastases in breast cancer patients using the recurrent Andersen-Gill model. *Koomesh*. 2013; 14(4): 483-489. (Full Text in Persian)
- Yaghmaei S, Bani Hashemi G, Ghorbani R. Survival rate following treatment of primary breast cancer in Semnan, Iran (1991-2002). *Koomesh*. 2008; 9(2): 111-116. (Full Text in Persian)
- Ortega E, Cordeiro G, Campelo A, Kattan M, Cancho V. A power series beta Weibull regression model for predicting breast carcinoma. *Stat Med*. 2015; 34: 1366-1388.
- Abu Bakar M, Salah KA, Ibrahim NA. Cure fraction, modelling and estimating in a population-based cancer survival analysis. *Malaysian J Math Sci*. 2008; 2: 113-134.
- Andersson TM, Dickman PW, Eloranta S, Lambert PC. Estimating and modelling cure in population-based cancer studies within the framework of flexible parametric survival models. *BMC medical research methodology*. 2011; 11(1): 96.

باغستانی و همکاران سائز تومور و درجه بیماری از عوامل مرتبط با شفای بیماران بود(۳۳). در مطالعه اخیر به‌علت هم‌خطی درجه بیماری با درجه تومور، متغیر درجه بیماری حذف شد و متغیرهای درجه تومور، اندازه تومور و سایر مشخصات پاتولوژیکی وارد مدل شدند. نتایج حاکی از ارتباط معنادار اندازه تومور در سطح بزرگ‌تر از پنج، و درجه تومورسه با شفایافتگی (بقا طولانی‌مدت) بیماران بود و این متغیرها پیش‌آگهی قابل توجهی را برای پیش‌بینی زمان بقا و مرگ در زنان مبتلا به سرطان پستان فراهم می‌کنند. ارتباط عوامل مذکور با بقای طولانی‌تر بیماری تأکیدی بر اهمیت تشخیص زود هنگام سرطان پستان و تسریع درمان مبتلایان سرطان پستان است. در مطالعه حاضر درجه وخامت تومور از عوامل مرتبط معنادار با میزان شفای بیماران بود. با توجه به تغییراتی که در سال‌های اخیر در سیستم مرحله‌بندی سرطان پستان مطرح است درجه تومور نیز از عوامل پیش‌آگهی دهنده مهم معرفی شده است(۳۴). بنابراین، به نظر می‌رسد شاید مدل‌سازی با روش‌های پیشرفته‌تر بتواند نقش مهمی در معرفی عوامل جدیدتر و موثرتر سرطان و پیامدهای مهم بالینی آن داشته باشد. بدیهی است تکرار مطالعه‌های مشابه با تعدیل عوامل مخدوش‌گر متفاوت می‌تواند شواهد ارزشمندی برای ارتقای دانش بالینی کنترل سرطان پستان فراهم آورد.

در بیشتر مطالعه‌ها برای شناسایی عوامل موثر بر بقای مبتلایان سرطان پستان از آزمون‌های لگاریتم رتبه‌ای و تحلیل کاکس استفاده می‌کنند. مطالعه رحیم‌زاده نشان داد که در تحلیل بقای بیماران مبتلا به سرطان پستان با مدل شفایافته، متغیرهای متاستاز و مرحله سرطان از عوامل موثر بر شفایافتگی بودند(۱۹) در روشی که در این مطالعه به کار گرفته شد تعداد نامعلوم عواملی که می‌توانند زمان بقا را تحت تأثیر قرار دهند با یک توزیع گسسته (پواسن) مدل‌بندی شد و با درصد بالای

- Asano J, Hirakawa A, Hamada C. Assessing the prediction accuracy of cure in the Cox proportional hazards cure model: an application to breast cancer data. *Pharmaceutical statistics*. 2014; 13(6): 357-363.
- Ortega EM, Barriga GD, Hashimoto EM, Cancho VG, Cordeiro GM. A new class of survival regression models with cure fraction. *Journal of Data Science*. 2014; 12(1): 107-136.
- Farewell VT. The use of mixture models for the analysis of survival data with long-term survivors. *Biometrics*. 1982: 1041-1046.
- Maller RA, Zhou X. *Survival analysis with long-term survivors*: Wiley New York; 1996.
- Atoof F, Mahmoudi M, Zeraati H, Foroushani AR, Moravveji SA. Survival analysis of gastric cancer patients referring to Emam-Khomeini hospital using Weibull cure model. *Fez Journal of Kashan University of Medical Sciences*. 2011; 14(4). (Full Text in Persian)
- Tsodikov A, Ibrahim J, Yakovlev A. Estimating cure rates from survival data: an alternative to two-component mixture models. *J Am Statist Ass*. 2003; 98(464): 1063-1078.
- Rama R, Swaminathan R, Venkatesan P. Cure models for estimating hospital-based breast cancer survival. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2010; 11(2): 387-391.
- Achcar JA, Coelho-Barros EA, Mazucheli J. Cure fraction models using mixture and non-mixture models. *Tatra Mt Math Publ*. 2012; 51(1): 1-9.
- Akhlaghi AA, Najafi I, Mahmoodi M, Shojae A, Yousefifard M, Hosseini M. Survival analysis of Iranian patients undergoing continuous ambulatory peritoneal dialysis using cure model. *Journal of research in health sciences*. 2013; 13(1): 32-36.
- Yu X, De Angelis R, Andersson T, Lambert P, O'Connell D, Dickman P. Estimating the proportion cured of cancer: some practical advice for users.

- Cancer Epidemiol. 2013; 37(6): 836-842.
19. Rahimzadeh M, Baghestani AR, Gohari MR, Pourhoseingholi MA. Estimation of the cure rate in Iranian breast cancer patients. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2014; 15(12): 4839-4842.
20. Klein JP, Moeschberger ML. *Survival analysis: techniques for censored and truncated data*: Springer Science & Business Media; 2005.
21. Kleinbaum D, Klein M. *Survival Analysis: A Self-learning Text*. Springer Science and Business Media. New York, NY. 2012.
22. Collett D. *Modelling survival data in medical research*: CRC press; 2015.
23. Sposto R. Cure model analysis in cancer: an application to data from the Children's Cancer Group. *Stat Med.* 2002; 21(2): 293-312.
24. de Moraes AL. A class of generalized beta distributions, Pareto power series and Weibull power series. *Dissertaca6a9o (mestrado)–Universidade Federal de Pernambuco CCEN.* 2009.
25. Percontini A, Blas B, Cordeiro GM. The beta weibull poisson distribution. *Chil J Stat.* 2013; 4(2): 3-26.
26. Eugene N, Lee C, Famoye F. Beta-normal distribution and its applications. *Commun Stat Theory Methods.* 2002; 31(4): 497-512.
27. Nadarajah S, Kotz S. The beta Gumbel distribution. *Math Probl Eng.* 2004; 2004(4): 323-332.
28. Lee C, Famoye F, Olumolade O. Beta-Weibull distribution: some properties and applications to censored data. *J Mod Appl Stat Methods.* 2007; 6(1): 17.
29. Barreto-Souza W, Santos AH, Cordeiro GM. The beta generalized exponential distribution. *J Stat Comput Simul.* 2010; 80(2): 159-172.
30. Khan MN. The modified beta Weibull distribution. *Hacet J Math Stat.* 2015; 44: 1553-1568.
31. Martinez EZ, Achcar JA, Jácome AA, Santos JS. Mixture and non-mixture cure fraction models based on the generalized modified Weibull distribution with an application to gastric cancer data. *Comput Methods Programs Biomed.* 2013; 112(3): 343-355.
32. Vahidpour M. *Cure rate models (Dissertation)*: Ecole Polytechnique, Montreal (Canada); 2016.
33. Baghestani AR, Shahmirzalou P, Sayad S, Akbari ME, Zayeri F. Comparison Cure Rate Models by DIC Criteria in Breast Cancer Data. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2018; 19(6): 1601.
34. Kalli S, Semine A, Cohen S, Naber SP, Makim SS, Bahl M. American Joint Committee on Cancer's Staging System for Breast Cancer: What the Radiologist Needs to Know. *RadioGraphics.* 2018: 180056.