

## کاربری پروتیین‌های جدید در ساخت واکسن استافیلوکوکوس اورئوس

### چکیده

دکتر محمدرضا پورمند<sup>۱\*</sup>

پروفسور سایمون فوستر<sup>۲</sup>

۱. گروه پاتوبیولوژی، دانشکده بهداشت و  
انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم  
پزشکی تهران

۲. گروه بیولوژی مولکولی، دانشگاه شفیلد

**زمینه و هدف:** به منظور یافتن راه حلی مناسب‌تر جهت درمان عفونت‌های ناشی از استافیلوکوکوس اورئوس، رویکردهای جدیدی به آنتی‌بادی درمانی و واکسیناسیون صورت گرفته است. این تلاش‌ها به دنبال افزایش روزافزون مقاومت استافیلوکوکوس اورئوس به آنتی‌بیوتیک‌های مختلف، شدت گرفته است.

**روش بررسی:** با استفاده از روش‌های بیوانفورماتیک تلاش شد منطقه حفاظت شده‌ای ردیابی گردد که متأسفانه در تحقیقات گذشته بدان توجه نشده بود. در این مطالعه از NCBI/BLAST و TIGR جهت آنالیز ژنها استفاده شد.

**یافته‌ها:** در مطالعه حاضر خانواده ژنی جدیدی در استافیلوکوکوس اورئوس و اپیدرمیدیس پیدا شد که پروتیین‌های ناشی از این خانواده ژنی، در بخش C ترمینال با همدیگر مشابه بوده و ویژگی‌های نسبتاً یکسانی با هم دارند.

**نتیجه‌گیری:** مطالعات بیشتر در زمینه عرضه این بخش محافظت شده در خارج از سلول ممکن است منجر به تولید آنتی‌بادی‌های اختصاصی شده و ابزار مناسبی جهت واکسیناسیون را در اختیار قرار دهد.

**کلمات کلیدی:** استافیلوکوکوس اورئوس، واکسن، بیوانفورماتیک

\*نشانی: گروه پاتوبیولوژی، دانشکده بهداشت و  
انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی  
تهران، تلفن: ۸۸۹۷۳۹۰۱

پست الکترونیک: mpourmand@tums.ac.ir

## مقدمه

مقاومت آنتی بیوتیکی استافیلوکوکوس اورئوس به پنی سیلین و متعاقب آن به متی سیلین و وانکومایسین [۱]، زمینه ساز چاره جویی برای یافتن راه حل های دیگری جهت درمان عفونت های ناشی از این پاتوژن. نظیر استفاده از آنتی بادی های اختصاصی و واکسیناسیون بوده است [۲، ۳].

واکنش دستگاه ایمنی در برابر میکروارگانیسم های پاتوژن، می تواند به صورت تولید آنتی بادی های اختصاصی باشد. یکی از روش های شناسایی این آنتی بادی ها استفاده از بیان مخزن های ژنی است. مطالعات پنج ساله اخیر پیرامون استافیلوکوکوس اورئوس، منجر به شناسایی تعدادی از پروتئین ها شده که قادر به تحریک سیستم ایمنی و تولید آنتی بادی های اختصاصی بر علیه آنها می باشند [۴-۸].

برخی از این تحقیقات در جستجو برای یافتن واکسن مناسبی برای عفونت های ناشی از استافیلوکوکوس اورئوس صورت گرفته اند [۵، ۶]. برخی از این پروتئین های ترشحی و یا مستقر در سطح باکتری، دارای بخش های هومولوگ می باشند. برای مثال تعداد ۶۰ پروتئین ایمونوژن به تنهایی در تحقیق Etz و همکاران وی شناسایی شده اند [۵].

با بررسی بعمل آمده در تحقیق حاضر، متوجه شدیم که چهار پروتئین شناسایی شده ( SACOL0507, SACOL2581, SACOL0723, SACOL2291 )، دارای بخش های هومولوگ می باشند. مطالعه حاضر با استفاده از روش های بیوانفورماتیک به معرفی و شناسایی دقیق خانواده جدید ژنی یا به عبارتی ۱۰ پروتئین خانواده اسکا (Sca) می پردازد که ممکن است پتانسیل های لازم برای ساخت واکسن مناسبی بر علیه عفونت های ناشی از استافیلوکوکوس اورئوس را دارا باشند.

## روش بررسی

مطالعه فوق با استفاده از کروموزوم استافیلوکوکوس اورئوس، با حدود ۲/۸ میلیون جفت باز که در پایگاه TIGR سکانس گردیده، صورت گرفته است. در بانک میکروبی TIGR، سویه مقاوم به متی سیلین که COL نامیده می شود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۹].

جهت ردیابی ژن های مورد مطالعه در گونه نزدیک به این پاتوژن، همزمان ژنوم استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس (ATCC 12228) که با ۲/۵ میلیون جفت باز توسط مرکز ملی ژنوم انسانی چین<sup>۱</sup> در TIGR سکانس شده بود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۱۰].

پس از استخراج ردیف اسیدهای آمینه TIGR به کمک NCBI / BLAST، پروتئین های هومولوگ استخراج گردیدند. ضمناً بسته های نرم افزاری Align Plus 4 و Clone Manager نیز جهت تأیید نتایج مورد استفاده قرار گرفتند.

## یافته ها

تعداد ۱۰ پروتئین در استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس که در قسمت C ترمینال خود مشابه و دارای هومولوژی از ۳۸٪ تا ۶۰٪ می باشند شناسایی گردیدند. این پروتئین ها بنام آنتی ژن های حفاظت شده استافیلوکوکوی<sup>۲</sup> یا اسکا (Sca) نام گذاری گردیدند. براساس شماره لوکوس پروتئین های فوق و میزان هومولوژی در ۱۱۰ اسید آمینه بخش انتهایی C ترمینال، این پروتئین ها به نام های I و J و H و G و F و E و D و C و B و A (Sca) نام گذاری گردیدند (شکل ۱). همانگونه که در تصویر یک مشاهده می گردد، بیشترین هومولوژی در بخش C ترمینال با ۶۰٪ مربوط به ScaA و

1- Chinese National Human Genome Center  
2- Staphylococcal Conserved Antigens

هم هومولوژی دارند (شکل ۲). با بررسی دقیق‌تر می‌توان مشاهده کرد که دو خانواده پروتئینی Sca از استافیلوکوکوس اورئوس و اپیدرمیدیس دارای ویژگی‌های مشابهی در نقطه ایزوالکتریک (pI), درصد هومولوژی و LysM و همچنین وجود Signal Peptide می‌باشند (جدول ۱). بیشترین هومولوژی در پروتئین‌های ScaB و ScaG با ۷۰٪ و کمترین هومولوژی بین پروتئین‌های ScaI با ۳۸٪ در بین دو گونه مشاهده می‌شود.

کمترین هومولوژی مربوط به ScaH و ScaI با ۳۸٪ می‌باشد. سه عضو این خانواده جدید یعنی ScaB، ScaA و ScaE، دارای مناطق LysM می‌باشند که به پروتئین‌ها ویژگی اتصال به دیواره سلولی باکتری را می‌دهند [۱۱]. با استفاده از بانک اطلاعاتی Blast P، مشخص گردید که ScaB و ScaA استافیلوکوکوس اورئوس، به ترتیب دارای ۵۹٪ و ۷۰٪ هومولوژی با دو پروتئین SA0507 و SA0723 می‌باشند. براساس هومولوژی با ۱۱۰ اسید آمینه C ترمینال SA0723 مجموعه‌ای از ۹ پروتئین شناسایی شدند که از ۳۸٪ تا ۵۹٪ با

جدول ۱- مقایسه پروتئین‌های خانواده اسکا (Sca) در استافیلوکوکوس اورئوس و استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس

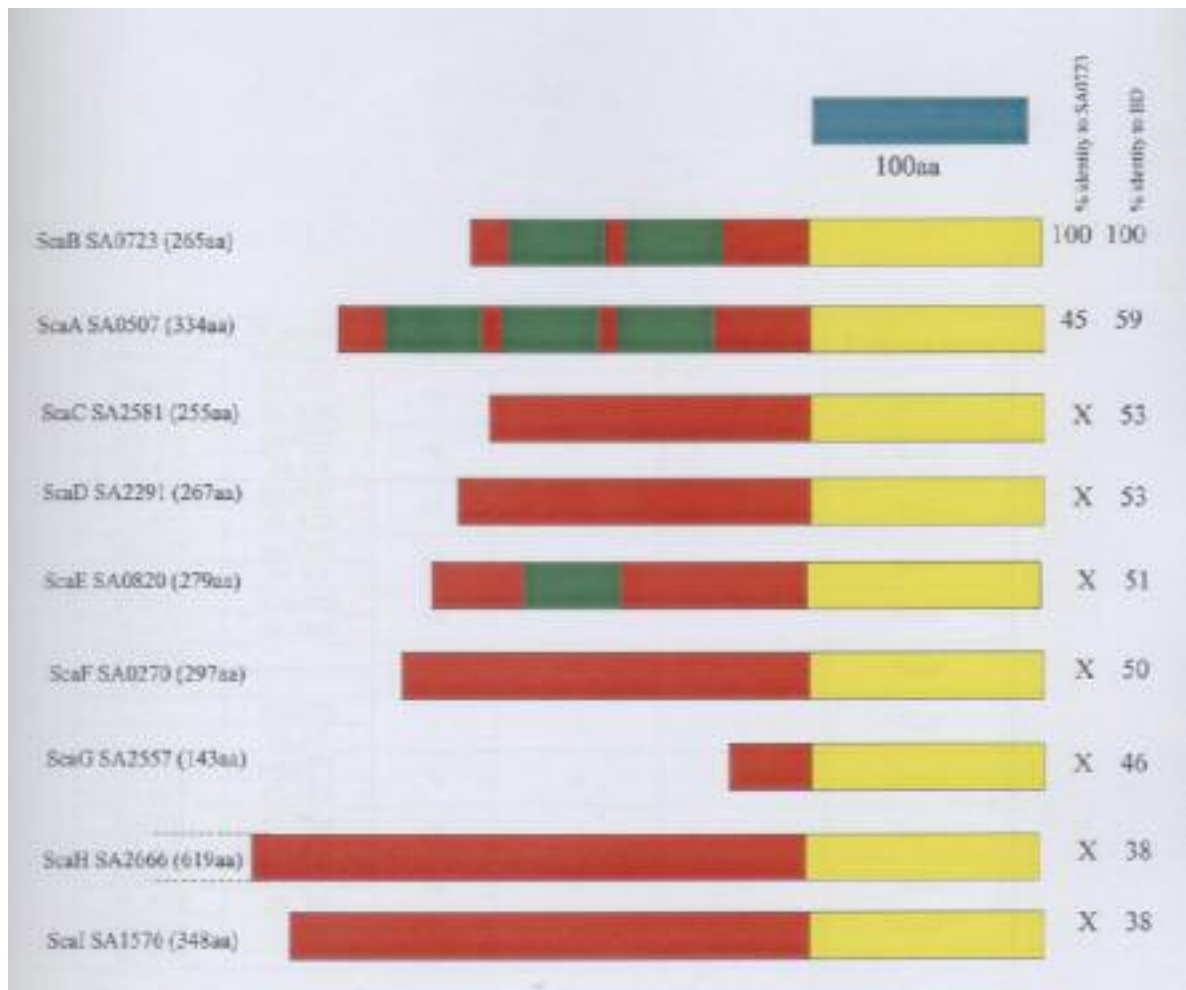
| <i>S. epidermidis</i><br>MW(kDa), pI | <i>S. aureus</i><br>MW(kDa), pI | %<br>identity | Signal peptide | LysM domain | Proposed name |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|----------------|-------------|---------------|
| SE2319<br>35, 10.3                   | SA0507<br>36, 9.99              | 59            | √              | √           | ScaA          |
| SE0433<br>28, 6.5                    | SA0723<br>28, 6.6               | 70            | √              | √           | ScaB          |
| SE1872<br>28, 8.6                    | SA2581<br>28, 8.26              | 55            | √              | -           | ScaC          |
| SE2124<br>28, 8.6                    | SA2291<br>29, 9.1               | 67            | √              | -           | ScaD          |
| SE0537<br>29, 4.1                    | SA0820<br>30, 10.6              | 46            | √              | √           | ScaE          |
| SE0870<br>18, 9.7                    | -<br>-                          | -             | √              | -           | ScaF          |
| -<br>-                               | SA0270<br>33, 6.3               | -             | √              | -           | ScaF          |
| SE2108<br>17, 10.8                   | SA2557<br>17, 10.6              | 70            | √              | -           | ScaG          |
| SE2231<br>74, 4.7                    | SA2666<br>69, 6.3               | 63            | √              | -           | ScaH          |
| SE1489<br>39, 8.95                   | SA1576<br>38, 9.8               | 38            | √              | -           | ScaI          |
| SE1876<br>18, 5.03                   | -<br>-                          | -             | √              | -           | ScaJ          |

شکل ۱- تصویر شماتیک پروتئین‌های خانواده اسکا (Sca) در استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس.



در این تصویر ۱۱۰ اسیدآمینو بخش C ترمینال پروتئین‌ها به همراه بخش‌های LysM نمایش داده شده است. برای مثال ScaB دارای ۲ بخش LysM می باشد. علامت X به معنای برابر بودن همولوژی پروتئین با بخش C ترمینال است.

شکل ۲- تصویر شماتیک پروتئین‌های خانواده اسکا (Sca) در استافیلوکوکوس اورئوس.



در این تصویر ۱۱۰ اسیدآمینو بخش C ترمینال پروتئین‌ها به همراه بخش‌های LysM نمایش داده شده است. برای مثال ScaB دارای ۲ بخش LysM می‌باشد. علامت X به معنای برابر بودن همولوژی پروتئین با بخش C ترمینال است.

## بحث

استافیلوکوکوس اورئوس روی سلول‌های میزبان دارد. از آنجائی که استافیلوکوکوس اورئوس، یک پاتوژن خارج سلولی محسوب می‌شود که احتمالاً از سازوکارهای متعددی جهت چسبیدن به سلولهای میزبان برخوردار بوده و دارای راهبردهای متنوعی برای مقابله با میزبان می‌باشد.

به تازگی شناسایی لیگاندها و سازوکارهای مولکولی چسبندگی، ابعاد جدی در استافیلوکوکوس اورئوس و سایر گونه‌ها پیدا کرده است [۱۶]. برای مثال با استفاده از Blast می‌توان پی برد که خانواده اسکا (Sca) دارای یک منطقه (CHAP) می‌باشد که در هیدرولیز پپتیدوگلیکان نقش دارد [۱۷، ۱۸]. به همین دلیل پروتئین PcsB از گونه استرپتوکوکوس پنومونی شباهت بسیاری با اعضای این خانواده داشته و همانطور که قبلاً نشان داده شده است، PcsB پروتئینی است که در تقسیم سلولی و حساسیت به آنتی بیوتیک‌ها نقش دارد [۱۹].

بدین ترتیب بنظر می‌رسد که ناحیه حفاظت شده‌ای در بین گونه‌های مختلف وجود دارد. مطالعات دقیقتر در آزمایشگاه می‌تواند به شناسایی نقش این منطقه محافظت شده در اتصال به سلول‌های میزبان کمک کرده و نقش اپی‌توپ‌های حفاظتی جهت واکسیناسیون بین گونه‌ای را آشکارتر سازد.

پروتئین‌های حاوی LPXTG، در یک خانواده پروتئینی در استافیلوکوکوس اورئوس به همین نام طبقه‌بندی گردیده‌اند و امروزه نقش این پروتئین‌ها در بیماری‌زایی روشن شده است [۱۲]. اعضای خانواده اسکا (Sca) در استافیلوکوکوس اورئوس و اپیدرمیدیس فاقد LPXTG در ردیف اسید آمینه‌ای خود می‌باشند، با این حال بدلیل وجود Signal Peptide در بخش N ترمینال همه پروتئین‌های اسکا (Sca)، ممکن است این پروتئین‌ها ترشحی و یا در سطح سلول باکتری عرضه شوند.

سازوکارهای مختلفی در باکتری‌های گرم مثبت مشاهده شده‌اند که پروتئین‌های سطح سلولی را توصیف می‌نمایند. برای مثال در استرپتوکوکوس پنومونی، ۲۰ اسید آمینه تکرار شونده، پروتئین LytA را به کولین تیکوئیک یا لیپوتکوئیک اسید متصل می‌کنند [۱۳]. در لیستریا، پروتئین InlB توسط توالی تکرار شونده بخش C ترمینال که حاوی GW است به اسیدهای لیپوتکوئیک می‌چسبد [۱۴].

شاید بتوان خانواده اسکا (Sca) را به عنوان زیر مجموعه‌ای از خانواده بزرگ پروتئین MSCRAMMs لحاظ کرد [۱۵]. این خانواده، نقشی حیاتی در کلونیزه کردن

## References

1. MMWR. Staphylococcus aureus Resistant to Vancomycin United States, 2002. *MMWR* 2002; 51 :565-7.
2. Josefsson E, Hartford O, O'Brien L, Patti JM, Foster T. Protection against experimental Staphylococcus aureus arthritis by vaccination with clumping factor A, a novel virulence determinant. *J Infect Dis* 2001; 184: 1572-80.
3. McKenney D, Pouliot KL, Wang Y, Murthy V, et al. Broadly protective vaccine for Staphylococcus aureus based on an in vivo-expressed antigen. *Science* 1999; 284: 1523-7.
4. Burnie JP, Matthews RC, Carter T, Beaulieu E, et al. Identification of an immunodominant ABC transporter in methicillin-resistant Staphylococcus aureus infections. *Infect Immun* 2000; 68: 3200-9.
5. Etz H, Minh DB, Henics T, Dryla A, et al. Identification of in vivo expressed vaccine candidate antigens from Staphylococcus aureus. *Proc Natl Acad Sci* 2002; 99: 6573-8.
6. Weichhart T, Horky M, Sollner J, Gangl S, et al. Functional selection of vaccine candidate peptides from Staphylococcus aureus whole-genome expression libraries in vitro. *Infect Immun* 2003; 71: 4633-41.
7. Colque-Navarro P, Palma M, Soderquist B, Flock JI, Mollby R. Antibody responses in patients with staphylococcal septicemia against two Staphylococcus aureus fibrinogen binding proteins: clumping factor and an extracellular fibrinogen binding protein. *Clin Diagn Lab Immunol* 2000; 7: 14-20.
8. Vytvytska O, Nagy E, Bluggel M, Meyer HE, et al. Identification of vaccine candidate antigens of Staphylococcus aureus by serological proteome analysis. *Proteomics* 2002; 2: 580-90.
9. Gill SR, Fouts DE, Archer GL, Mongodin EF, et al. Insights on evolution of virulence and resistance from the complete genome analysis of an early methicillin-resistant Staphylococcus aureus strain and a biofilm-producing methicillin-resistant Staphylococcus epidermidis strain. *J Bacteriol* 2005; 187: 2426-38.
10. Zhang YQ, Ren SX, Li HL, Wang YX, et al. Genome-based analysis of virulence genes in a nonbiofilm-forming Staphylococcus epidermidis strain (ATCC 12228). *Mol Microbiol* 2003; 49: 1577-93.
11. Bateman A, Bycroft M. The structure of a LysM domain from E. coli membrane-bound lytic murein transglycosylase D (MltD). *J Mol Biol* 2000; 299: 1113-9.
12. Roche FM, Massey R, Peacock SJ, Day NP, et al. Characterization of novel LPXTG-containing proteins of Staphylococcus aureus identified from genome sequences. *Microbiology* 2003; 149: 643-54.
13. Holtje JV, Tomasz A. Specific recognition of choline residues in the cell wall teichoic acid by the N-acetylmuramyl-L-alanine amidase of Pneumococcus. *J Biol Chem* 1975; 250: 6072-6.
14. Jonquieres R, Bierne H, Fiedler F, Gounon P, Cossart P. Interaction between the protein InlB of Listeria monocytogenes and lipoteichoic acid: a novel mechanism of protein association at the surface of gram-positive bacteria. *Mol Microbiol* 1999; 34: 902-14.
15. Crossley KB, Archer G. The staphylococci in human disease. New York: Churchill Livingstone: 1997.
16. Ryan PA, Pancholi V, Fischetti VA. Group A streptococci bind to mucin and human pharyngeal cells through sialic acid-containing receptors. *Infect Immun* 2001; 69: 7402-12.
17. Bateman A, Rawlings ND. The CHAP domain: a large family of amidases including GSP amidase and peptidoglycan hydrolases. *Trends Biochem Sci* 2003; 28: 234-7.
18. Rigden DJ, Jedrzejewski MJ, Galperin MY. Amidase domains from bacterial and phage autolysins define a family of gamma-D, L-glutamate-specific amidohydrolases. *Trends Biochem Sci* 2003; 28: 230-4.
19. Reinscheid DJ, Gottschalk B, Schubert A, Eikmanns BJ, Chhatwal GS. Identification and molecular analysis of PcsB, a protein required for cell wall separation of group B streptococcus. *J Bacteriol* 2001; 183: 1175-83.

## A novel bioinformatic approach for Staphylococcal Vaccine development

M. R. Pourmand<sup>1\*</sup>  
S. Foster<sup>2</sup>

1. Department of Pathobiology,  
School of Public Health, Tehran  
University of Medical Sciences,  
Tehran, Iran.

2. Department of Molecular Biology,  
University of Sheffield, UK.

### Abstract

**Background:** Staphylococcus aureus and Staphylococcus epidermidis are major human pathogens of increasing importance due to the spread of antibiotic resistance. Novel potential targets for therapeutic antibodies are products of staphylococcal genes expressed during human infection. Previously, the secreted and surface-exposed proteins among seroreactive antigens have been discovered. Furthermore, approximately 60 immunogenic proteins were identified and have shown that bacterial surface display is uniquely suited to assess the value of the antigenic epitope.

**Methods:** Using a bioinformatic analysis, a novel gene family was identified in Staphylococcus aureus and S. epidermidis. NCBI (National Center for Biotechnology Information) BLAST and TIGR search were used for identification of the loci on Staphylococcal genomes.

**Results:** The members of nine gene family from S. aureus based on a conserved C-terminal domain following an N-terminal domain which varies in sequence and length. Further Blast P searches for paralogues revealed the novel Sca gene family in S. epidermidis has also highly conserved 110 amino acid C-terminal domain. Thus the Sca family has a conserved domain across different genera.

**Conclusion:** Further studies to determine the role of the conserved Sca domain in ligand binding and demonstration of conserved epitope may establish the domain as a credible target for cross species vaccination.

**Keywords:** Staphylococcus aureus, vaccine, bioinformatics

\* School of public Health, Tehran  
university of medical sciences, Tehran,  
Iran, Tel: +98 (21) 88973901, E-mail:  
mpourmand@tums.ac.ir