



경계성 절제가능형 췌장 연구 동향에 대한 체계적인 문헌 고찰: 계량서지학적 분석 및 시각화된 분석

박재근¹, 황지웅²

¹한림대학교 강남성심병원 내과학교실 소화기내과, ²중앙대학교 의과대학 중앙대학교광명병원 외과

Systematic Review of Research Progress on Borderline Resectable Pancreatic Cancer: A Bibliometric and Visualized Analysis

Jae Keun Park¹, Ji Woong Hwang²

¹Division of Gastroenterology and Hepatology, Department of Internal Medicine, Hallym University Kangnam Sacred Heart Hospital, Seoul, ²Department of Surgery, Chung-Ang University Gwangmyeong Hospital, Chung-Ang University College of Medicine, Gwangmyeong, Korea

Received April 15, 2024

Revised April 18, 2024

Accepted April 18, 2024

Corresponding author:

Ji Woong Hwang

E-mail: dattoree@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8533-4461>

Borderline resectable pancreatic cancer, an intermediate stage between a completely resectable state and an unresectable state, requires a multidisciplinary treatment approach. This study aimed to elucidate the main characteristics and recent research trends regarding borderline resectable pancreatic cancer to gain further insights into them. Data from published papers about borderline resectable pancreatic cancer were collected from Web of Science (2014–2023) for the analysis. This study included 355 papers; data on major countries, publishing organizations, and keywords were collected and analyzed. Furthermore, R studio and VOSviewer were used for the qualitative and quantitative analyses of keywords. Publication of papers on borderline resectable pancreatic cancer was observed to be increasing annually by 12.8%, with the United States and Japan being the main publishing countries. In 2014, keywords related to surgery and chemotherapy were dominant; however, a shift toward more integrative approaches, such as neoadjuvant therapy, was observed over time. This study demonstrates rapidly evolving trends and paradigm changes in the research and management of borderline resectable pancreatic cancer. Thus, the results of this study are expected to contribute to establishing future research strategies and improving patient treatment outcomes.

Key Words: Bibliometrics; Borderline resectable pancreatic cancer; Visualized analysis; Research focus; Research trend

INTRODUCTION

췌장암(pancreatic cancer, PC)은 진단과 치료가 가장 어렵고 까다로운 암이다. 그중에서도 경계성 절제가능형 췌장암(borderline resectable pancreatic cancer, BRPC)은 특히 중요한 위치를 차지하는 종양으로 종양을

완전히 제거할 수 있는 절제 가능한 췌장암과 질병이 너무 광범위하게 진행되어 수술이 불가능한 절제 불가능한 췌장암 사이의 중간 단계에 해당한다[1]. 일반적으로 경계성 절제가능형 췌장암(BRPC)은 종양이 주변 혈관을 약간 침범했지만 적절한 수술 전 치료 후 수술로 제거할 가능성이 있는 상태를 말하며 경계성 절제가능형 췌장암 환자



(BRPC)의 치료 결과를 개선하기 위해 수술만 아니라 다양한 의학 분야에서 연구가 진행되고 있다[2-5].

서지학(bibliometric analysis)은 특정 연구 분야의 출판물의 성과와 영향력을 양적, 질적 관점에서 조사하는 문헌 분석 방법으로써 주요 연구 동향, 새로운 주제 및 해당 분야의 진화를 파악하는 데 도움이 되며, 과학 분야에 대한 포괄적인 개요를 제공한다[6]. 또한 서지학은 과학 및 학술 커뮤니티에서 정보에 입각한 의사 결정과 전략적 계획을 용이하게 하는 데 도움을 주기 때문에 의학을 포함한 다양한 학문 분야에서 광범위하게 사용되고 있다[7-10]. 그러나 경계성 절제가능형 췌장암에 대한 서지학적 분석은 아직 발표되지 않은 실정이다.

이 연구의 목적은 서지학적 방법을 사용하여 최근 10년간의 경계성 절제가능형 췌장암 연구 동향을 분석하고, 주요 특징을 평가함으로써 해당 연구의 현황과 동향을 더 잘 이해하는 것이다.

MAIN SUBJECTS

데이터 소스 및 검색 전략

서지 분석을 위해 웹 오브 사이언스(Web of Science, WoS)의 과학 인용 색인 확장판(SCIE)에서 종합적인 연구를 수행했으며 2014년부터 2023년까지 10년간 발표된 논문을 수집하였고 2024년 3월 4일에 WoS에서 검색되었다. 검색 전략은 다음과 같았다: TS = (“borderline resectable pancreatic cancer” or “borderline resectable pancreatic ductal adenocarcinoma”).

데이터 수집 및 분석

본 연구에는 원본 논문과 리뷰만 포함되었으며, 영어가 아닌 언어로 작성된 논문은 이 연구에서 제외되었다. 연구에 포함된 논문은 출판 연도, 출처 국가, 인용 횟수, 출판 기관, 교신저자 이름, 출판된 저널, 논문 타이틀, 논문 키워드 등의 매개변수를 사용하여 분석하였다. 모든 출판물 분석에는 Microsoft Office Excel 365 (Microsoft, Redmond, WA, USA)와 R studio가 사용되었다. 키워드의 정성적, 정량적 분석을 위해 VOSviewer (Leiden University, Leiden, Netherlands)를 사용하여 동시 발생 매트릭스를 기반으로 지도를 구성하였다. 키워드는 지

도의 노드에 표시되었고, 노드가 크기가 클수록 빈도가 높으며, 노드 사이의 선은 특정 키워드의 동시 발생을 나타내는 것으로 선이 굵을수록 연관성이 높음을 의미한다. 서로 연관된 키워드는 각각의 클러스터로 분류가 되고 이는 서로 다른 색상으로 식별된다.

초기에 선별된 780개의 논문 중 총 355개의 논문이 본 연구에 포함되었다(Fig. 1). 경계성 절제가능형 췌장암에 대해 가장 많이 인용된 상위 10개의 논문은 Table 1에 기술하였다. 가장 많이 인용된 논문은 Bockhorn 등[11]에 의한 “Borderline resectable pancreatic cancer: a consensus statement by the International Study Group of Pancreatic Surgery (ISGPS)” (616회 인용)이었으며, 경계성 절제 가능형 췌장암에 대한 논문 발표 건수는 꾸준히 증가하는 경향을 보였다(연간 성장률: 12.8%) (Fig. 2).

논문 저자, 기관 및 국가

전체 발행물의 3분의 1을 발행한 미국(n = 105, 29.8%)이 가장 생산성이 높은 국가였으며(Fig. 3), 일본(n = 93, 26.4%)과 중국(n = 27, 7.7%)이 그 뒤를 이었다. 일본, 중국, 한국 등의 동아시아 국가에서 절반에 가까운 논문이 출판되었다. 가장 많은 논문을 발표한 기관은 MD Anderson Cancer Center (n = 46)였으며, University of Amsterdam (n = 43)과 Johns Hopkins University (n = 41)가 그 뒤를 이었다(Table 2). 가장 많은 수의 논문을 출판하고 총 인용 횟수도 가장 많았던 연구자는 van Tienhoven G였으며(n = 15, 인용 횟수 = 1,652회), van Tienhoven G에 이어 Koerkamp BG (n = 14, 인용 횟수 = 1,592회)와 van Eijck CHJ (n = 14, 인용 횟수 = 1,139회)가 각각 두 번째와 세 번째로 많은 논문을 발표하였다(Table 3).

개제 저널 및 인용

Annals of Surgical Oncology (n = 26, 인용 횟수 = 751)가 가장 많은 논문을 발표했고, *Pancreatology* (n = 11, 인용 횟수 = 549) 및 *Pancreas* (n = 11, 인용 횟수 = 272)가 그 뒤를 이었다(Table 4). 상위 10개 저널 중 총 피인용 횟수가 가장 많은 저널은 *Annals of Surgery*였다 (n = 1,209). *Annals of Surgery*는 상위 10개 저널 중에서 출판 횟수는 가장 적었지만 인용 횟수는 가장 많았으

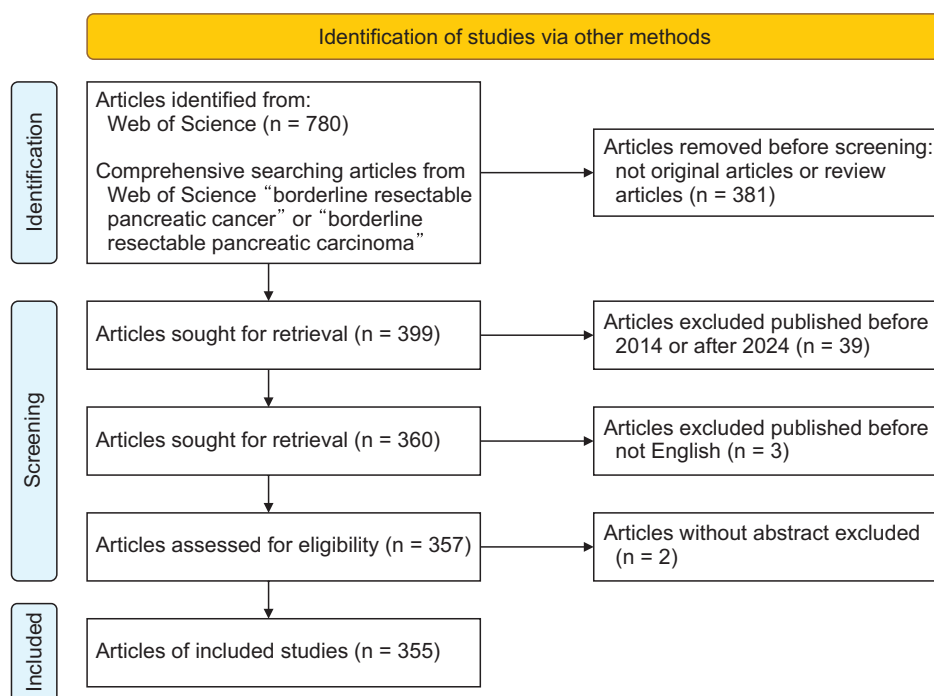


Fig. 1. Flow diagram showing the selection for articles on borderline resectable pancreatic cancer.

Table 1. Top 10 Most-cited Articles on IPMN Research

Corresponding author	Title	Published year	Total citations
Izbicki, JR	Borderline resectable pancreatic cancer: a consensus statement by the ISGPS	2014	616
Ferrone, CR	Radiological and surgical implications of neoadjuvant treatment with FOLFIRINOX for locally advanced and borderline resectable pancreatic cancer	2015	606
Van Tienhoven, G	Preoperative chemoradiotherapy versus immediate surgery for resectable and borderline resectable pancreatic cancer: results of the Dutch randomized phase III PREOPANC trial	2020	564
Linehan, DC	Targeting tumour-associated macrophages with CCR2 inhibition in combination with FOLFIRINOX in patients with borderline resectable and locally advanced	2016	497
Choi, SH	Oncological benefits of neoadjuvant chemoradiation with gemcitabine versus upfront surgery in patients with borderline resectable pancreatic cancer	2018	430
Isaji, S	International consensus on definition and criteria of borderline resectable pancreatic ductal adenocarcinoma 2017	2018	390
Murphy, JE	Total neoadjuvant therapy with FOLFIRINOX followed by individualized chemoradiotherapy for borderline resectable pancreatic adenocarcinoma a phase 2 clinical trial	2018	369
Versteijne, E	Meta-analysis comparing upfront surgery with neoadjuvant treatment in patients with resectable or borderline resectable pancreatic cancer	2018	332
Katz, MHG	Preoperative modified FOLFIRINOX treatment followed by capecitabine-based chemoradiation for borderline resectable pancreatic cancer alliance for clin	2016	326
Versteijne, E	Neoadjuvant chemoradiotherapy versus upfront surgery for resectable and borderline resectable pancreatic cancer: long-term results of the Dutch randomized PREOPANC trial	2022	228

IPMN, intraductal papillary mucinous neoplasm; ISGPS, International Study Group of Pancreatic Surgery.

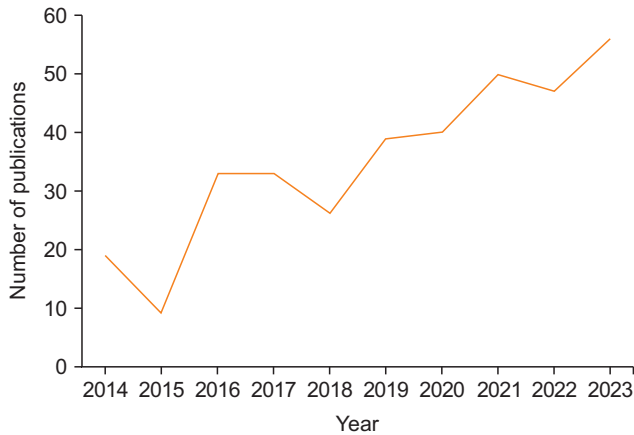


Fig. 2. Annual publication on borderline resectable pancreatic cancer.

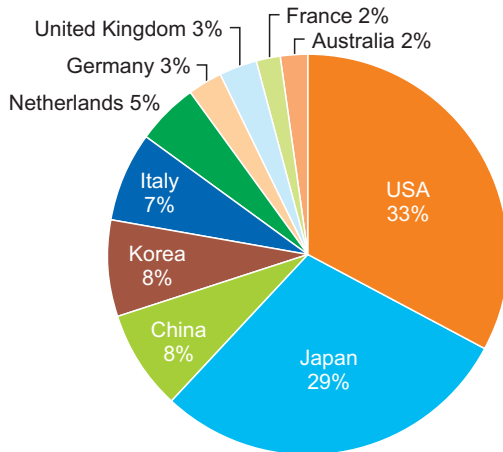


Fig. 3. The contribution of the country to publication on borderline resectable pancreatic cancer.

며, 이는 다른 저널에 비해 영향력 지수가 훨씬 높기 때문인 것으로 보인다.

키워드의 주제별 전개

전체 연구 기간을 세 개의 시기(2014–2017년, 2018–2020년, 2021–2023년)로 나누어 키워드의 출현 추이를 분석하였다(Fig. 4). 첫 번째 시기에는 ‘vascular resection’, ‘portal-vein resection’ 등 수술과 관련 키워드가 주를 이뤘고, 두 번째 시기에는 ‘gemcitabine’, ‘FOLFIRINOX’ 등 항암제와 관련된 키워드가 두드러지게 나타났다. 세 번째 시기에는 ‘curative resection’, ‘consensus statement’, ‘phase III trial’ 등의 용어와 함께 선행요법

Table 2. Top 10 Institution in BRCA

Rank	Institutions	Country	Count of articles (n)
1	MD Anderson Cancer Center	USA	46
2	University of Amsterdam	Netherlands	43
3	Johns Hopkins University	USA	41
4	Harvard University	USA	39
5	University of Texas System	USA	36
6	Seoul National University	South Korea	35
7	University of Ulsan	South Korea	34
8	Vrije Universiteit Amsterdam	Netherlands	34
9	University System of Ohio	USA	31
10	Erasmus University Medical Center	Netherlands	30

Table 3. Top 10 Corresponding Authors in Borderline Resectable Pancreatic Cancer

Rank	Corresponding author	h-index	g-index	m-index	Total citations	Number of publications
1	van Tienhoven G	10	15	1.111	1,652	15
2	Koerkamp BG	10	14	1.429	1,592	14
3	van Eijck CHJ	10	14	1.111	1,139	14
4	Yamaue H	11	14	1.1	484	14
5	Katz MHG	10	13	0.909	1,233	13
6	Besselink MG	9	12	1.286	1,532	12
7	Okada K	9	12	1	216	12
8	He J	8	12	1	199	12
9	Jang JY	8	11	1	527	11
10	Hirono S	9	11	0.9	209	11

Table 4. Top 10 Journals Publishing the Study on Borderline Resectable Pancreatic Cancer

Rank	Journal title	Impact factor 2022	Number of publications	Total citations
1	Annals of Surgical Oncology	3.3	26	751
2	Pancreatology	3.6	11	549
3	Pancreas	2.9	11	272
4	Cancers	5.2	11	125
4	Frontiers in Oncology	4.7	11	84
6	Surgery	3.8	9	767
7	HPB	2.9	9	236
8	BMC Cancer	3.8	9	168
9	Journal of Gastrointestinal Oncology	2.1	9	57
10	Annals of Surgery	10.1	8	1,209

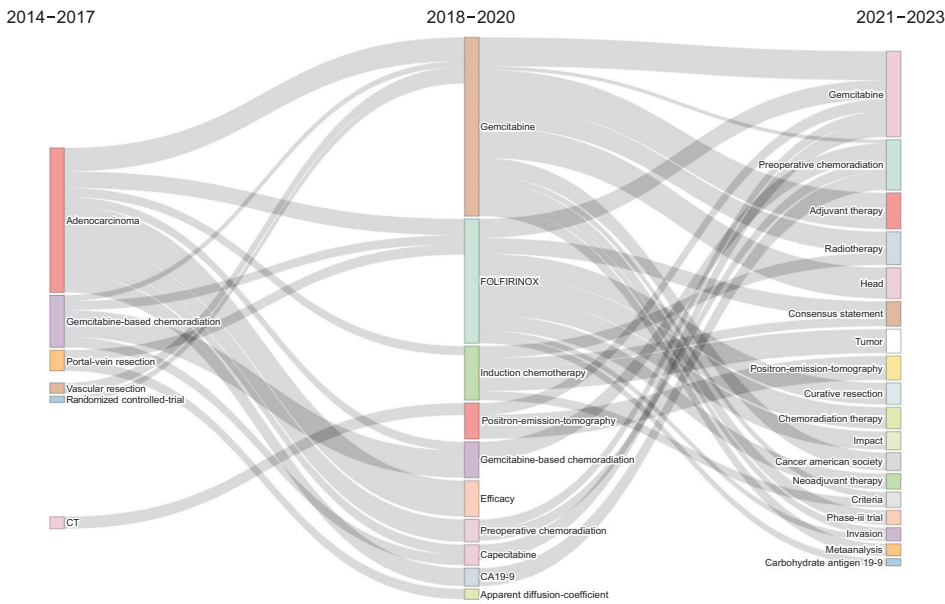


Fig. 4. Thematic evolution of keyword plus about borderline resectable pancreatic cancer.

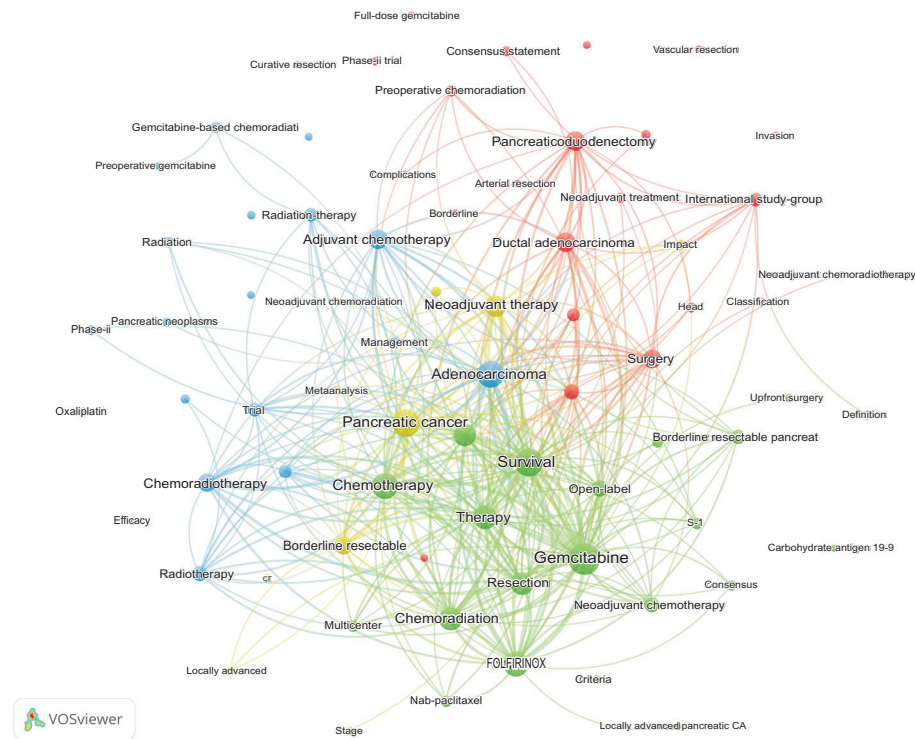


Fig. 5. The network visualization of keywords co-occurrence with frequency more 10 times. Circles with the same color belong to the same cluster.

에 주로 관련된 키워드가 등장하였다.

키워드 동시출현 분석

경계성 절제가능형 췌장암 연구 분야의 연구 핫스팟

(research hotspot)을 탐색하기 위해 서지 키워드 네트워크 분석 도구인 VOSviewer를 사용하였다[12]. 전체 키워드 882개 중 10회 이상 등장한 73개의 키워드를 분석 대상으로 선정하여 4개의 클러스터로 분류하였다(Fig. 5). 빨간색 클러스터는 주로 수술과 관련된 키워드로 구성

되었으며, pancreaticoduodenectomy (67회), ductal adenocarcinoma (66회), surgery (62회) 키워드가 가장 많이 나타났다. 녹색 클러스터는 주로 화학요법과 관련된 키워드로 구성되었으며, 가장 많이 사용된 키워드는 gemcitabine (174회), survival (131회), chemotherapy (112회)였다. 파란색 클러스터는 주로 임상시험과 관련된 키워드로 구성되었으며, 가장 많은 키워드는 adenocarcinoma (120회), adjuvant chemotherapy (64회), chemoradiotherapy (58회)였다. 마지막으로 노란색 클러스터는 주로 선행화학요법과 관련된 키워드로 구성되었으며, 가장 많이 사용된 키워드는 pancreatic cancer (125 times), neoadjuvant therapy (82 times), borderline resectable (55 times)이었다.

경계성 절제가능형 췌장암(BRPC)은 절제가능형 췌장암과 국소진행형 췌장암의 중간단계로 이 질환에 관련된 연구는 일반적인 췌장암에 대한 논문 중에서 그다지 많지는 않다[13]. 그러나 췌장암에 대한 항암화학요법의 발전으로 인해 경계성 절제가능형 췌장암에 대한 연구가 활발 [14]하게 이루어지고 있어 비록 아직 편수가 많지는 않으나 본 연구에서 보듯이 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 가장 많이 인용된 논문으로는 2014년에 Bockhorn 등[11]이 발표한 “Borderline resectable pancreatic cancer: a consensus statement by the International Study Group of Pancreatic Surgery (ISGPS)”으로 이는 경계성 절제가능형 췌장암의 진단 및 치료에 대한 명확한 기준이 필요하다는 것을 보여준다고 할 수 있다.

미국과 일본에서 전체 논문의 62% 정도 출판하였으며 이는 췌장암의 유병률과 깊은 연관이 있으며 이는 양국가가 보유하고 있는 첨단 의료 인프라, 향상된 수술 테크닉, 상당한 자금의 지원 등이 결합되어 있기 때문인 것으로 보인다.

VOSviewer를 통한 키워드 분석에서는 논문들에 등장하는 키워드는 크게 수술, 항암화학요법, 임상연구, 선행화학요법의 네 개의 클러스터로 분류가 되었다. 키워드 분석에서 이러한 클러스터의 출현은 경계선 절제 가능한 췌장암의 연구 및 치료에 대한 포괄적이고 통합된 접근 방식을 반영하는 것으로 수술 능력의 향상, 화학요법을 통한 전신 질환 통제의 강화, 치료 시기 및 순서의 최적화(선행화학요법에서 볼 수 있듯이) 사이의 역동적인 상호작용이 강조된다고 할 수 있다. 또한, 각 클러스터는 그 자체로 존재할 뿐만 아니라 다른 클러스터와 교차하면서 이

어려운 질병을 효과적으로 퇴치하는 데 필요한 복잡하고 다학제적인 전략을 보여주고 있다.

또한, 본 연구에 포함된 기간을 세 부분으로 나누어서 등장하는 키워드를 조사함으로써 시간의 흐름에 따른 연구 동향을 분석하였는데 첫 번째 기간에는 portal vein resection이나 vascular resection과 같은 수술과 연관된 키워드가 주로 등장하였으나 두 번째 기간에는 gemcitabine이나 FOLRIFINOX와 같은 항암제와 연관된 키워드가 등장하고 세 번째 기간에는 neoadjuvant treatment에 대한 키워드들이 주를 이루어 등장하고 있다. 키워드의 이러한 연대순 변화는 임상 및 수술 치료의 발전을 반영할 뿐만 아니라 보다 전체적이고 통합된 치료 접근 방식에서의 전환을 보여준다. 이러한 추세는 종양의 생물학에 대한 깊은 이해와 경계선 절제 가능한 췌장암 환자의 생존과 삶의 질을 향상시키기 위해 다양한 치료 방식을 결합하려는 연구 방향을 보여준다고 할 수 있다. 이는 경계성 절제가능형 췌장암의 효과적인 치료를 위해서는 수술 및 항암의 다각적인 치료 전략이 필요하다는 사실을 반영한다고 할 수 있다. 또한, 이러한 연구의 변화가 10년이라는 짧은 기간 동안에 이루어지고 있다는 것은 경계성 절제가능형 췌장암에 대한 연구 동향이 수술에서 선행화학요법을 통한 curative resection으로 빠르게 옮겨가고 있음을 보여주고 있다.

다른 서지 분석과 마찬가지로 이 연구에도 몇 가지 잠재적 한계가 있다[12]. 첫째, 이 연구의 인용 분석은 WoS를 기반으로 했기 때문에 Scopus 및 Google과 같은 다른 데이터베이스에서 색인된 일부 논문이 누락되었을 수 있다. 둘째, 언어 편향, 기관 편향, 자기 인용 편향, 권력자 편향 등 여러 가지 편향이 존재할 가능성이 있다. 마지막으로, 교신저자와 소속 기관만 분석에 고려했기 때문에 다른 모든 저자의 기여도가 충분히 반영되지 못하였다.

CONCLUSION

본 연구는 경계성 절제가능형 췌장암(BRPC)에 대한 최초의 서지 연구로서 비교적 짧은 기간에 빠르게 발전하고 있는 연구 동향을 분석하였다. 경계성 절제가능형 췌장암(BRPC)에 대한 연구 논문의 특징과 연구 핫스팟(research hotspot)에 대한 인사이트를 제공하고 있다. 짧은 기간 동안 빠르게 변화하고 있는 경계성 절제가능형 췌장암에 대한 연구 동향을 보여주고 있으며 향후 더욱

향상된 생존율을 보여줄 것으로 기대된다.

FUNDING

None.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

Conceptualization: Ji Woong Hwang. Formal analysis: Ji Woong Hwang. Supervision: Ji Woong Hwang. Investigation: Jae Keun Park, Ji Woong Hwang. Software: Ji Woong Hwang. Validation: Jae Keun Park, Ji Woong Hwang. Visualization: Ji Woong Hwang. Methodology: Ji Woong Hwang. Writing—original draft: Jae Keun Park. Writing—review & editing: Ji Woong Hwang.

ORCID

Jae Keun Park, <https://orcid.org/0000-0002-8323-9660>

Ji Woong Hwang, <https://orcid.org/0000-0001-8533-4461>

REFERENCES

1. Mehta VK, Fisher G, Ford JA, et al. Preoperative chemoradiation for marginally resectable adenocarcinoma of the pancreas. *J Gastrointest Surg* 2001;5:27-35. [https://doi.org/10.1016/s1091-255x\(01\)80010-x](https://doi.org/10.1016/s1091-255x(01)80010-x)
2. Stoop TF, Theijse RT, Seelen LWF, et al. Preoperative chemotherapy, radiotherapy and surgical decision-making in patients with borderline resectable and locally advanced pancreatic cancer. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2024;21:101-124. <https://doi.org/10.1038/s41575-023-00856-2>
3. Hajibandeh S, Hajibandeh S, Intrator C, et al. Neoadjuvant chemoradiotherapy versus immediate surgery for resectable and borderline resectable pancreatic cancer: meta-analysis and trial sequential analysis of randomized controlled trials. *Ann Hepatobiliary Pancreat Surg* 2023;27:28-39. <https://doi.org/10.14701/ahbps.22-052>
4. Huan L, Yu F, Cao D, Zhou H, Qin M, Cao Y. Comparison of neoadjuvant treatment and surgery first for resectable or borderline resectable pancreatic carcinoma: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One* 2024;19:e0295983. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295983>
5. Kwaśniewska D, Fudalej M, Nurzyński P, et al. How a patient with resectable or borderline resectable pancreatic cancer should be treated—a comprehensive review. *Cancers (Basel)* 2023;15:4275. <https://doi.org/10.3390/cancers15174275>
6. Luukkonen T. Invited Review Article: Bibliometrics and evaluation of research performance. *Ann Med* 1990;22:145-150. <https://doi.org/10.3109/07853899009147259>
7. Park S, Bekemeier B, Flaxman A, Schultz M. Impact of data visualization on decision-making and its implications for public health practice: a systematic literature review. *Inform Health Soc Care* 2022;47:175-193. <https://doi.org/10.1080/17538157.2021.1982949>
8. Ahn SK, Hwang JW. Global trends in immunotherapy research on breast cancer over the past 10 years. *J Oncol* 2020;2020:4708394. <https://doi.org/10.1155/2020/4708394>
9. Kim H, Shin SP, Hwang JW, Lee JW. Outcomes of laparoscopic common bile duct exploration (LCBDE) after failed endoscopic retrograde cholangiopancreatography versus primary LCBDE for managing cholecystocholedocholithiasis. *J Int Med Res* 2020;48:300060520957560. <https://doi.org/10.1177/0300060520957560>
10. Lee K, Hwang JW, Sohn HJ, Suh S, Kim SW. A systematic review of progress on hepatocellular carcinoma research over the past 30 years: a machine-learning-based bibliometric analysis. *Front Oncol* 2023;13:1227991. <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1227991>
11. Bockhorn M, Uzunoglu FG, Adham M, et al. Borderline resectable pancreatic cancer: a consensus statement by the International Study Group of Pancreatic Surgery

- (ISGPS). *Surgery* 2014;155:977-988. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2014.02.001>
12. Park JK, Hwang JW. Research progress and future directions on intraductal papillary mucinous neoplasm: a bibliometric and visualized analysis of over 30 years of research. *Medicine (Baltimore)* 2023;102:e33568. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000033568>
 13. Takahashi S. How to treat borderline resectable pancreatic cancer: current challenges and future directions. *Jpn J Clin Oncol* 2018;48:205-213. <https://doi.org/10.1093/jjco/hyx191>
 14. de Scordilli M, Michelotti A, Zara D, et al. Preoperative treatments in borderline resectable and locally advanced pancreatic cancer: current evidence and new perspectives. *Crit Rev Oncol Hematol* 2023;186:104013. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2023.104013>