

Design and Functionality of Monopolar Active Electrode for Medical Electrosurgery Purposes

S. D. Hariyanto^{1*}, M. Mahardika¹, W. Kurniawan²

¹Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta 55281 Telp. +62-274-521673

²Rumah Sakit Akademik Universitas Gadjah Mada, Jl. Kabupaten (Lingkar Utara),
Kronggahan, Trihanggo, Gamping, Sleman, Yogyakarta 55291 Telp +62-274-4530404
e-mail: *hariyantosatriawan@gmail.com

Abstrak

Dua jenis operasi bedah medis yang dikenal saat ini adalah operasi bedah terbuka (*conventional surgery*) dan operasi endoskopis (*endoscopic surgery*). Operasi endoskopis dapat dilakukan dengan menggunakan laser dan electrosurgery. Permasalahan yang timbul saat operasi *electrosurgery* urologi adalah terbatasnya umur pemakaian komponen elektroda aktif tipe monopolar, yang hanya sebanyak empat kali operasi. Penelitian ini berisi pemaparan mengenai desain komponen elektroda aktif dan penjelasan fungsi dari tiap komponen elektroda yang telah penulis rancang.

Kata kunci: *Electrosurgery, elektroda aktif, endoskopis, bedah.*

Abstract

The two types of medical surgery that are known today are open surgery (conventional surgery) and endoscopic surgery (endoscopic surgery). Endoscopic surgery can be done by using lasers and electro surgery. The problem that arises during the urology electro surgery operations is the limited use of monopolar type active electrode components, which are only four times the operation. This study contains an explanation of the design of active electrode components and an explanation of the functions of each electrode component that has been designed.

Keywords: *Electrosurgery, active electrode, endoscopic, surgery.*

1. PENDAHULUAN

Teknologi bedah telah ditemukan di Mesir sejak 3000 tahun sebelum masehi (Ulmer, 2007). Pada masa itu, bedah medis dilakukan untuk operasi tumor pada tubuh manusia dengan menggunakan metode yang relatif sederhana, yaitu dengan melakukan kontak fisik antara permukaan logam panas dengan bagian tubuh yang akan dioperasi. Seiring perkembangan zaman, teknologi operasi bedah telah mengalami kemajuan yang sangat signifikan. Kegiatan operasi bedah dilaksanakan untuk pengambilan sampel jaringan (biopsi) dan penanganan terhadap berbagai penyakit, seperti: tumor, kanker, inflamasi usus kronis, dan penyakit kulit.

Ditinjau dari metode yang digunakan, operasi bedah yang telah dikenal selama ini dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu teknik operasi bedah terbuka (*open surgery*) dan teknik operasi endoskopis (*endoscopic surgery*). *Open surgery* banyak diaplikasikan pada jenis operasi konvensional yang memerlukan pembedahan pada skala besar, seperti : operasi jantung, operasi tulang, dan operasi pengangkatan tumor, sedangkan *endoscopic* banyak

diaplikasikan untuk kegiatan operasi pada perut (*laparoscopic surgery*), operasi pada sendi (*arthoscopic surgery*), dan operasi pada uretra (*urethoscopic surgery*) (Velanovich, 2000).

Perbedaan mendasar antara *open surgery* dan *endoscopic surgery* dapat diidentifikasi berdasarkan parameter waktu operasi (*operation time*) dan pendarahan (*blood loss*). Dibandingkan dengan *laparoscopic surgery*, metode *open surgery* memiliki kelebihan pada sisi biaya operasi yang lebih ekonomis dan tidak memerlukan pelatihan khusus bagi ahli bedah untuk melaksanakan proses operasi. Akan tetapi, *open surgery* memiliki kelemahan pada durasi waktu operasi yang lebih lama, pendarahan (*blood loss*), dan risiko infeksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *endoscopic surgery*. Selain itu, jenis dan lokasi kerusakan jaringan maupun organ tubuh juga menjadi pertimbangan untuk memilih metode operasi yang sesuai.

Metode *open surgery* seringkali dilaksanakan dengan menggunakan alat bedah konvensional berupa gunting dan pisau bedah. Kelemahan alat bedah konvensional ini terletak pada tidak adanya fitur kontrol terhadap pendarahan secara langsung, sehingga untuk menghentikan pendarahan diperlukan metode tambahan lainnya. Untuk mengatasi kelemahan pada alat bedah konvensional, penggunaan alat bedah laser dan *electrosurgery* merupakan peralatan yang banyak digunakan untuk kegiatan operasi bedah medis. Laser memiliki tingkat pendarahan yang lebih rendah dibandingkan peralatan operasi berbasis *electrosurgery*, akan tetapi penggunaan teknologi laser memiliki kelemahan pada tingkat kesulitan pelaksanaan operasi yang relatif lebih tinggi pada proses kontrol instrumen peralatan laser terhadap lokasi jaringan tubuh yang akan dioperasi dan harga peralatan yang relatif lebih mahal dibandingkan *electrosurgery*.

Penggunaan *electrosurgery* dan laser pada proses bedah menunjukkan perbedaan hasil yang tidak terlalu signifikan, akan tetapi laser memiliki risiko kegagalan prosedur yang lebih besar dibandingkan *electrosurgery* (Hainer, 1991). Peralatan bedah berbasis *electrosurgery* terbagi menjadi dua jenis, yaitu tipe *monopolar* dan *bipolar*. Tipe *monopolar* diaplikasikan untuk kegiatan *cutting* (pemotongan), *dessication* (pengeringan jaringan tubuh), dan *coagulation* (penghentian pendarahan), sedangkan tipe *bipolar* digunakan untuk kegiatan *dessication* dan *coagulation*. Penggunaan alat *electrosurgery* pada bedah medis telah banyak dilakukan karena kelebihanannya pada aspek kemudahan operasional, harga yang lebih terjangkau, dan hasil kualitas operasi yang baik. Akan tetapi, peralatan *electrosurgery* khususnya untuk tipe *monopolar* memiliki kelemahan pada jumlah siklus penggunaannya yang terbatas (empat sampai lima kali operasi) dan diperlukan penggantian secara periodik pada komponen elektroda aktifnya. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus memperoleh desain dan prototipe elektroda aktif alat *electrosurgery* tipe *monopolar* berbahan material Stainless Steel 316L (SS 316 L) serta menguji elektroda tersebut untuk mengetahui potensi jumlah siklus operasi yang dapat dilakukan. Selain itu, analisis terhadap hasil operasi juga dilakukan untuk mengetahui karakteristik fungsional produk elektroda aktif untuk tipe *monopolar* yang telah dibuat.

2. METODE PENELITIAN

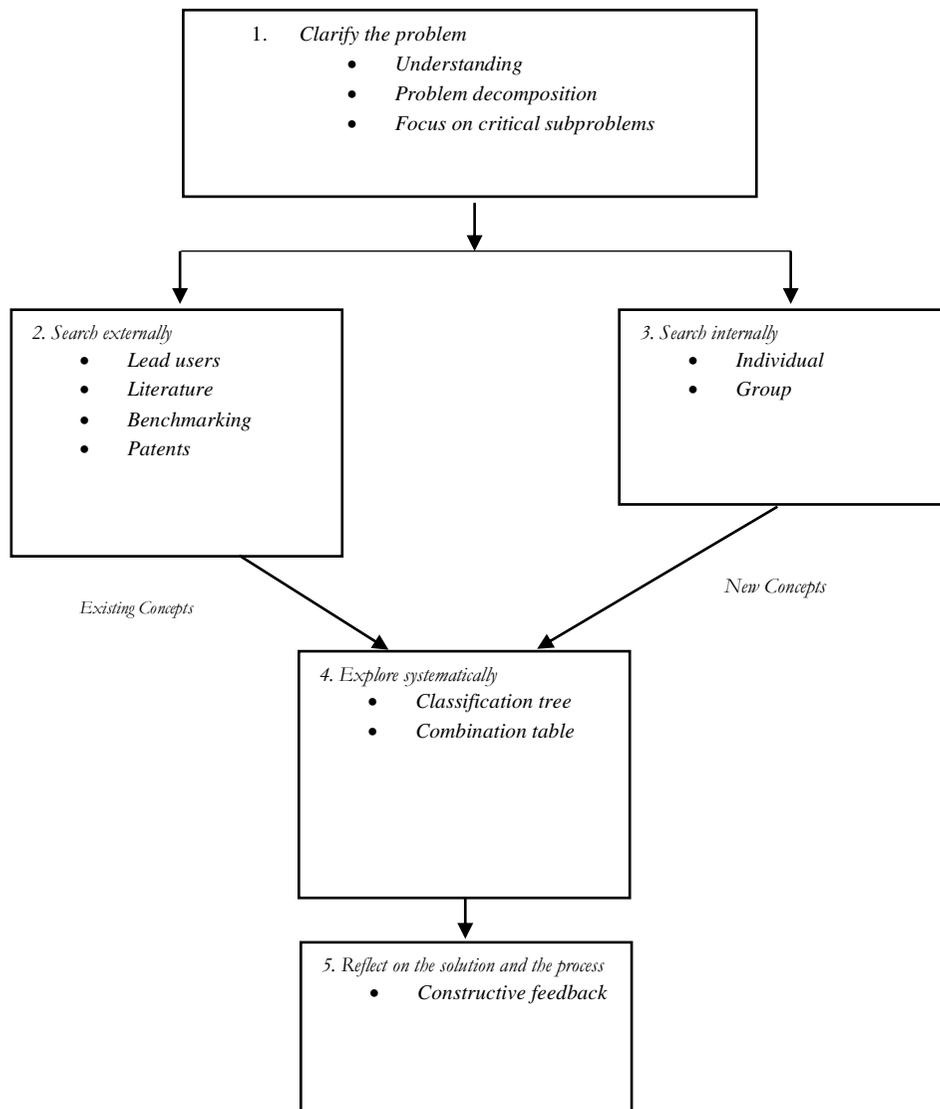
Obyek penelitian adalah elektroda aktif tipe *monopolar* yang dibuat dari material SS 316 L yang difabrikasi oleh perusahaan Nilaco Corp dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Perancangan dilakukan dengan tahapan memperjelas permasalahan, pencarian alternatif solusi dari eksternal (literatur, paten, pemakai) dan internal (kelompok peneliti), eksplorasi secara sistematis terhadap berbagai solusi, dan refleksi pada solusi dan proses

seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Komposisi kandungan logam SS 316 L yang digunakan pada penelitian ini tercantum pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi bahan material elektroda aktif.

No	Material	Code	Ukuran	Volume	Satuan
1	SS 316 L Sheet	788323	0,1x100x300	2	pcs
2	SS 316 L Wire	784387	0,5x10 m	1	pcs
3	SS 316 L Wire	784327	0,3 x 10m	1	pcs
4	SS 316 L Sheet	788383	0,2 x 100 x 300	2	pcs
5	SS 316 L Rod	782560	Dia 3 x 500 mm	1	pcs



Gambar 1. Tahapan metode pengembangan konsep desain (Ulrich dkk, 2012)

Tabel 2. Komposisi unsur penyusun material SS 316 L (Rodriguez, 2011).

Element	Percentage of mass (%)
C	0,0180
Cr	16,9280
Ni	9,5800
Mn	0,6020
Si	0,3644
Mo	0,2898
P	0,0015

1. *Clarify the problem*

Elektroda aktif yang dipakai selama ini memiliki bentuk geometri yang tidak sesuai dengan alat *resectoscope* sehingga menyebabkan kesulitan pada instalasi elektroda aktif. Elektroda aktif yang sebelumnya telah ada hanya mampu digunakan untuk dua sampai empat kali siklus.

2. *Search externally*

a. *Lead user*

Informasi mengenai parameter penggunaan alat untuk operasi bedah *electrosurgery* diperoleh dari keterangan ahli bedah terkait. Informasi tersebut adalah sebagai berikut ini :

1. Operasi yang dilakukan adalah untuk pemotongan jaringan prostat atau dikenal sebagai operasi TURP (*Transurethral resection of the prostate*)
2. Elektroda aktif dirancang untuk proses operasi TURP dengan beban kerja sebesar 60 gram jaringan prostat per jam
3. Penggunaan daya listrik untuk proses operasi berada pada rentang 40-120 Watt
4. Elektroda aktif tipe monopolar yang sudah ada di pasaran memiliki waktu pakai dua sampai empat kali pemakaian proses operasi.

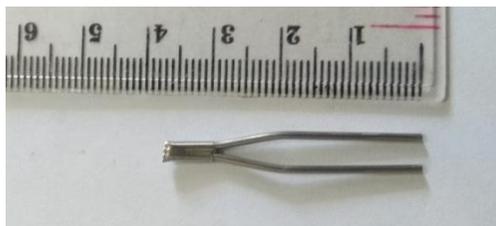
b. *Literature*

Menurut (Palanker, Vankov, & Huie, 2008) parameter yang berpengaruh pada operasi bedah menggunakan elektroda aktif *monopolar electrosurgery* adalah sebagai berikut :

1. Mekanisme interaksi antara elektroda aktif dengan jaringan tubuh yang dioperasi
2. Jenis mode operasi yang digunakan
3. Properti material dan geometri elektroda

c. *Benchmarking*

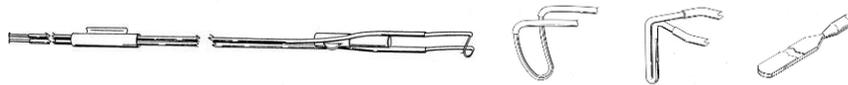
Pengambilan data dari produk elektroda aktif tipe monopolar yang sudah tersedia di pasaran penulis lakukan dengan mengidentifikasi komponen dan dimensi dari berbagai komponen penyusunnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran produk *existing* pada tahap *benchmarking*

d. *Patent*

Pengembangan konsep desain elektroda aktif pada penelitian ini mencakup tinjauan terhadap paten yang terkait dengan geometri elektroda aktif tipe monopolar. Adapun paten yang telah terpublikasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



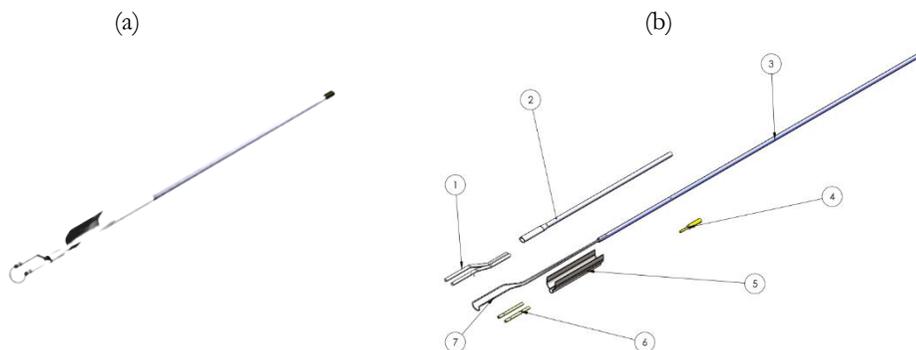
Gambar 3. Desain *probe* elektroda aktif monopolar hasil rancangan Buelna pada tahun 1990 dengan nomor paten 5080660 (Sumber : US Patent)

3. *Search Internally*

Merupakan tahapan untuk memperoleh konsep rancangan elektroda aktif. Pada tahap ini akan diperoleh daftar spesifikasi kebutuhan yang diperlukan untuk produk elektroda aktif yang akan difabrikasi. Telaah terhadap spesifikasi produk berdasarkan empat aspek penting yang mempengaruhi kualitas produk tersebut dalam penggunaannya, empat aspek penting yang menjadi tinjauan penulis dalam mengembangkan konsep desain adalah aspek desain, fleksibilitas, material, dan fungsi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain elektroda aktif tipe monopolar yang telah berhasil dirancang ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. (a) Desain elektroda aktif dan (b) komponen-komponen penyusun elektroda aktif tipe *monopolar*.

Elektroda aktif tipe monopolar tersusun dari tujuh komponen, keterangan mengenai masing-masing komponen tersebut dijabarkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen-komponen penyusun elektroda aktif tipe *monopolar*.

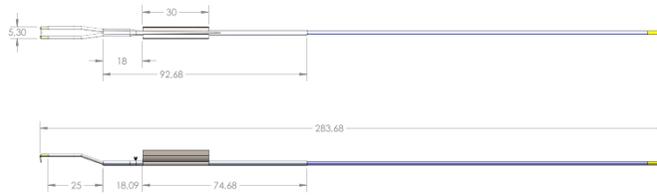
Nomor Komponen	Keterangan
1	<i>Tube SS 316 L 1,25 mm hollow</i>
2	<i>Tube SS 316 L 2 mm hollow</i>
3	<i>Tube poliolefin 1 mm hollow</i>
4	Konektor listrik
5	<i>U stopper</i>
6	<i>Tube poliolefin 1,1 mm hollow</i>
7	<i>Probe diameter 0,3 mm</i>

Electrosurgery adalah teknik operasi bedah medis yang memanfaatkan arus listrik berfrekuensi tinggi untuk menghasilkan panas yang dapat digunakan sebagai sarana untuk melakukan beragam metode operasi. Berdasarkan jenis elektroda aktifnya, *electrosurgery* dapat dikategorikan menjadi dua bagian besar, yaitu *electrosurgery* tipe *monopolar* dan tipe *bipolar*. Pada tipe *monopolar*, arus listrik mengalir pada elektroda aktif yang memiliki dimensi relatif lebih kecil dibandingkan elektroda *dispersive*, sehingga menimbulkan nilai *current density* yang lebih besar pada bagian *probe* (ujung) elektroda aktif. Hal ini akan memicu timbulnya kenaikan temperatur yang sangat tinggi pada bagian obyek operasi yang mengalami kontak dengan *probe* elektroda aktif. Arus yang keluar dari elektroda aktif tersebut kemudian mengalir menuju bagian elektroda *dispersive* yang ditempatkan di bagian lain dari obyek operasi. Elektroda *dispersive* berfungsi untuk mengumpulkan kembali arus listrik yang keluar dari elektroda aktif. Perbandingan luasan kontak antara elektroda aktif dan obyek operasi dengan elektroda *dispersive* dengan obyek operasi memiliki nilai yang sangat besar bahkan hingga ribuan kali dibanding luasan kontak antara elektroda aktif dengan obyek. Sebagai akibatnya, kenaikan temperatur pada elektroda *dispersive* menjadi sangat rendah (Tucker, Kramolowsky, & Platz, 1990).

Pada peralatan *electrosurgery* yang bertipe *bipolar*, bentuk elektroda aktifnya didesain agar berfungsi untuk menjepit (*forcept*) obyek operasi sekaligus mensuplai panas ke daerah yang diapit oleh elektroda aktif, sehingga bidang kontak antara elektroda tipe *bipolar* memiliki besar luasan yang sama, selain itu pada elektroda aktif tipe *bipolar* elektroda *dispersive*-nya adalah bagian lain dari *forcept* (penjepit). Hal ini mengakibatkan aplikasi elektroda tipe *bipolar* lebih dikhususkan untuk mekanisme koagulasi pada jaringan tubuh yang dioperasi.

Penggunaan arus listrik berfrekuensi tinggi ini dimaksudkan agar tidak terjadi proses stimulasi kejutan listrik pada sistem organ tubuh manusia. Arus listrik yang digunakan pada peralatan *electrosurgery* berada pada rentang 200 kHz- 3,3 MHz (Ulmer, 2007). Untuk mendapatkan arus listrik yang memenuhi persyaratan tersebut, digunakan peralatan yang disebut sebagai ESU (*electrosurgical unit*) atau disebut juga sebagai *generator bovie*. ESU mengubah arus listrik yang berada pada rentang frekuensi 55-60 Hz menjadi berfrekuensi 200 kHz-3,3 MHz.

Selain itu dimensi elektroda aktif yang dirancang pada penelitian ini telah menyesuaikan ukuran dari alat resektoskopis yang ada (merk Hawk) dengan spesifikasi ukuran seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Dimensi elektroda aktif

4. KESIMPULAN

Desain elektrode aktif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 memiliki spesifikasi yang sesuai dengan alat bedah yang diperlukan untuk operasi medis endoskopis yang menggunakan metode *electrosurgery* khususnya pada operasi bedah urologi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Eggleston, J., Maltzahn, W., 2000, *Electrosurgical Device*, California, CRC Press Farm Pract; 4:419-26, South Carolina University.
- Farrugia, M., McGurgan, P., McMillan, L., & O'Donovan, P. (2001). Recent advances in electrosurgery - VERSAPOINT technology® technology. *Reviews in Gynaecological Practice*, 1(1), 12–17. [https://doi.org/10.1016/S1471-7697\(01\)80030-7](https://doi.org/10.1016/S1471-7697(01)80030-7)
- García-Bracamonte, B., Rodriguez, J., Casado, R., & Vanaclocha, F. (2013). Electrosurgery in Patients With Implantable Electronic Cardiac Devices (Pacemakers and Defibrillators). *Actas Dermo-Sifiliográficas (English Edition)*, 104(2), 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.adengl.2012.09.020>
- Hainer, B. L. (1991). Fundamentals of electrosurgery. *The Journal of the American Board of Family Practice*, 4(6), 419–426.
- Johnston, J. H., Jensen, D. M., & Auth, D. (1987). Experimental Comparison of Endoscopic Yttrium-Aluminum-Garnet Laser, Electrosurgery, and Heater Probe for Canine Gut Arterial Coagulation: Importance of Compression and Avoidance of Erosion. *Gastroenterology*, 92(5), 1101–1108. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(87\)91065-1](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(87)91065-1)
- Kalkwarf, K. L., Krejci, R. F., & Edison, A. R. (1979). A method to measure operating variables in electrosurgery. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 42(5), 566–570. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(79\)90255-5](https://doi.org/10.1016/0022-3913(79)90255-5)
- Maness, W. L., Roeber, F. W., Clark, R. E., Cataldo, E., Riis, D., & Haddad, A. W. (1978). Histologic evaluation of electrosurgery with varying frequency and waveform. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 40(3), 304–308. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(78\)90037-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(78)90037-9)
- Massarweh, N. N., Cosgriff, N., & Slakey, D. P. (2006). Electrosurgery: History, Principles, and Current and Future Uses. *Journal of the American College of Surgeons*, 202(3), 520–530. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2005.11.017>
- Nessler, N. H., & Reischer, W. (2003). Measuring device for neutral electrodes in electrosurgery. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 33(2), 197–203. [https://doi.org/10.1016/S0263-2241\(02\)00063-5](https://doi.org/10.1016/S0263-2241(02)00063-5)
- Noble, W. H. (1976). A histologic resection comparison different of effects electrodes of electrosurgical using. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 35(5), 575–579.
- Palanker, D. V., Vankov, A., & Huie, P. (2008). Electrosurgery with cellular precision. *IEEE*

- Transactions on Biomedical Engineering*, 55(2), 838–841.
<https://doi.org/10.1109/TBME.2007.914539>
- Raiser, J., Golombeck, M. A., & Dössel, O. (2002). Numerical field calculation of patient return electrodes in electrosurgery. *Biomedizinische Technik. Biomedical Engineering*, 47 Suppl 1, 274–277. <https://doi.org/10.1515/bmte.2002.47.s1a.274>
- Shaw, D. H., Ph, D., & Kalkwarf, K. L. (1988). Self-sterilization electrode. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*, 66(3), 290–292.
- Tucker, R. D., Kramolowsky, E. V., & Platz, C. E. (1990). In vivo effect of 5 French bipolar and monopolar electrosurgical probes on the porcine bladder. *Urological Research*, 18(4), 291–294. <https://doi.org/10.1007/BF00294777>
- Ulmer, B. C. (2007). Electrosurgery: History and Fundamentals. *Perioperative Nursing Clinics*, 2(2), 89–101. <https://doi.org/10.1016/j.cpen.2007.03.003>
- Velanovich, V. (2000). Laparoscopic vs open surgery. A preliminary comparison of quality-of-life outcomes. *Surgical Endoscopy*, 14(1), 16–21. <https://doi.org/10.1007/s004649900003>