

혼용된 2종의 살균제 살포 농도 및 간격에 따른 잔디 동전마름병 방제효과

장석원^{1*} · 정석우¹ · 김세훈¹ · 박종현¹ · 이지영²

¹한국골프대학 골프코스매니지먼트과, ²파크밸리 골프클럽 코스관리부

Control Effect on Dollar Spot Disease Caused by *Sclerotinia homoeocarpa* under Different Application Rates and Intervals with Two Mixed Fungicides

Seog-Won Chang^{1*}, Suk-Woo Jung¹, Sehun Kim¹, Jong-Hyun Park¹, and Ji-Young Lee²

¹Department of Golf Course Management, Korea Golf University, Hoengseong, 225-811, Korea

²Division of Golf Course Management, Park Vally Golf Course, Wonju, 220-833, Korea

(Received on October 09, 2013; Revised on November 11, 2013; Accepted on December 02, 2013)

ABSTRACT. Dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* F.T. Benn. is a common and economically important turfgrass disease in South Korea. Fungicides mixture (propiconazole 25% + boscalid 47%) treatments, showing synergistic interaction, with three application rates (low: 50.3 ml 10a⁻¹ and 97.5 g 10a⁻¹, intermediate: 67.0 ml 10a⁻¹ and 130.0 g 10a⁻¹, and high: 100.5 ml 10a⁻¹ and 195.0 g 10a⁻¹) and two application intervals (10 and 15 days) were evaluated for control of dollar spot in creeping bentgrass golf course putting green. In both nontreated plots of field A and B, the disease has severed as 48.3 and 60.0% after the pathogen inoculation. Two fungicide mixture treatments showed significantly higher the disease control effect than a single fungicide treatment (propiconazole). Field A which showed more the disease severity but the fungicide still showed acceptable level of the disease efficacy (89.0%), significant differences in control value were not detected among treatments. The results suggest that the lower application rate of two fungicides mixture treatments may reduce the dollar spot disease severity in creeping bentgrass golf course putting green.

Key words: Control value, Dollar spot, Interval, Fungicide mixture, Rate, *Sclerotinia homoeocarpa*

Sclerotinia homoeocarpa F.T. Bennett에 의한 동전마름병은 우리나라를 포함한 전세계 온대성 기후대의 한지형 잔디 식재 골프장 그린과 페어웨이에서 가장 일반적이며 경제적으로 문제가 되는 병 중 하나이다(Smith et al., 1989; Shim et al., 2000; Chang et al., 2011).

우리나라 골프장에서 동전마름병 발생은 봄부터 시작하여 조건이 양호할 경우 늦은 가을까지 지속된다. 발병에 좋은 환경 조건은 18~30°C 정도의 온도와 상대습도 85% 이상으로 알려져 있다(Smith et al., 1989). 잔디에서 동전마름병 증상은 엽신에 작은 반점으로 병반이 나타나기 시작하며 진전됨에 따라 전형적으로 갈색 또는 적갈색의 경

계부위를 보인다. 보통 병원균은 감염 잎으로부터 주변부와 닿아 있는 잎으로 균사접촉을 통해 전염한다. 골프장 퍼팅 그린에서 병징은 주변이 독특한 연갈색으로 1달러 크기 내외이며 가운데는 표백 패치 크기로 진전되며 심할 경우 병반이 합쳐지기도 한다. 병이 심해지면 잔디를 고사시킬 뿐만 아니라 퍼팅의 질을 저하시키고 미관을 떨어뜨린다(Couch, 1995).

동전마름병의 방제는 우리나라를 포함해 전세계적으로 살균제 살포에 의한 것이 일반적이다(Couch, 2002; Latin, 2006; Chang et al., 2009; Kim et al., 2010). 하지만 지속적인 살균제 살포는 약제에 대한 병원균의 선발압을 높이기 때문에 약제 저항성이 문제를 초래할 수 있다(Jo et al., 2008). 살균제에 대한 *S. homoeocarpa*의 약제 저항성은 1960년대 후반에 발견된 이후 현재까지 다양한 농약에서 문제되어 왔다(Cole et al., 1968; Detweiler et al., 1983;

*Corresponding author:

Phone) +82-55-934-0143, Fax) +82-55-934-0146

E-mail) changsw802@hanmail.net

Smith et al., 1989; Jo et al., 2008).

한국식물보호협회(<http://www.koreacpa.org>)에 따르면 국내에서 동전마름병 방제 약제는 단용 8종, 합제 5종이 등록되어 있다. 방제약제로 등록된 살균제 대부분(단제 8종 중 5종)이 트리아졸계이기 때문에 동일 계통 농약에 대한 교차저항성도 문제되고 있어, 이에 대한 대비가 요구되고 있다(Shim et al., 2001; Putman et al., 2010).

우리나라 대부분의 골프장에서 동전마름병은 봄부터 늦은 가을까지 지속적으로 발생한다. 방제를 위해 살균제의 잦은 살포는 약제저항성 균의 출현을 야기하고 그에 따라 동반되는 약효의 저하는 골프장 관리 비용의 증가, 생태계 교란, 대체농약 개발 비용 증가 등 많은 부작용을 일으킨다(Warren et al., 1977; Smith et al., 1989; Shim et al., 2001; Koch et al., 2009).

이에 대한 대안으로 작용기작이 다른 농약의 혼용은 살포약량의 감소, 복수의 병 동시방제나 상승작용에 따른 약효 제고를 목적으로 실시되어 왔다(Couch and Smith, 1991; Gisi, 1996). 이때 보통 작용기작(mode of action)이 다른 2~3종의 약제가 혼용되며 약효의 상승은 조합에 따라 다르게 나타난다(De Ward, 1996; Gisi, 1996; Kosman & Cohen, 1996; Burpee & Latin, 2008). 계통이 다른 농약의 혼용은 병원균 집단의 약제저항성 유발이 지연될 수 있다는 장점을 가지고 있다(Gisi, 1996).

Chang et al., (2012)에 따르면 트리아졸계인 propiconazole 과 몇 종류의 다른 계통 농약과의 혼용은 동전마름병 방제에 상승효과를 보이는 것으로 나타났다. 특히 propiconazole + boscalid 조합은 동전마름병 방제에 있어서 다른 조합에 비해 높은 상승효과를 보이며 병 발생 정도에 관계 없이 탁월한 효과를 나타냈다. 하지만 이 조합은 농약사용지침서의 기준량으로 평가하여 방제효과가 높다 하더라도 두 개의 약제를 함께 사용하였기 때문에 두 배의 농약 사용량과 농도로 현장에서 사용 시 비용과 환경에 대한 부담을 유발할 수 있다. 따라서 주요 병에 대하여 방제효과와 관

리비용을 절감할 수 있는 적정 살포 량과 간격을 찾는 것은 중요하다.

동전마름병에 대한 살균제 상승효과 조합의 살포 방법

본 연구에서는 propiconazole + boscalid 조합을 이용하여 동전마름병 방제 시 약제의 사용을 줄임으로 해서 병원균의 약제에 대한 선발압을 낮추고 방제에 드는 비용과 노력을 절감하기 위하여 살포 농도와 간격을 조절하여 평가하였다. 본 연구의 처리내용은 Table 1과 같다. Chang et al. (2012)의 보고에서와 같이 동전마름병 방제에서 상승효과가 나타났던 propiconazole과 boscalid 조합을 이용하여 농약사용지침서에 나타나 있는 각 약제의 기준량(10 a 당 각각 100.5 ml와 195.0 g)을 대조구로 기준량의 2/3, 1/2량을 각각 10, 15일 간격으로 처리하였다. 시험 장소는 강원도 원주시 소재 골프장으로 크리핑벤프그래스(*Agrostis stolonifera* L.) (품종명: Penncross)로 조성된 두 곳의 그린에서 실시하였다. 두 곳의 그린은 표고 차이가 크게 나고 약 500 m의 간격을 두고 위치해 있다. 각 처리는 9월 중순부터 10월 또는 15일 간격으로 3회 처리하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로, 반복별 1 m×1 m 면적으로 배치하였다.

포장에서 병 발생은 Chang et al. (2012)의 방법과 동일하게 인공접종으로 실시하였다. 접종원은 본 연구팀이 강원도 평창 소재 골프장에서 분리한 YW-11F-1 균주를 이용하였다. 접종용 균주는 약제 평가 시 약제 저항성에 의한 약효 오류를 줄이기 위하여 Koch et al. (2009)의 방법에 따라 주요 약제에 대한 배지 내 약제 저항성을 평가하여 propiconazole과 boscalid에 저항성이 없는 균주를 선발하여 사용하였다(Chang et al., 2012).

접종원 제조 및 포장 접종은 Burpee and Latin (2008)의 방법을 약간 변형하여 실시하였다. YW-11F-1 균주를 PDA 배지에서 배양한 다음 살균한 캔터키블루그래스(*Poa pratensis* L.) (품종명: midnight) 종자에 접종한 후 1개월간 25°C에

Table 1. Propiconazole, and propiconazole + boscalid tank mixed treatments tested in this study.

Fungicide or treatment	Chemical class	Active ingredient (%)	Application interval (days)	Application rate (10 a ⁻¹)
Propiconazole	Triazole	25	10	100.5 ml
Propiconazole + boscalid	Triazole + Carboximide	25 + 47	10	100.5 ml + 195.0 g
Propiconazole + boscalid	Triazole + Carboximide	25 + 47	15	100.5 ml + 195.0 g
Propiconazole + boscalid	Triazole + Carboximide	25 + 47	10	67.0 ml + 130.0 g
Propiconazole + boscalid	Triazole + Carboximide	25 + 47	15	67.0 ml + 130.0 g
Propiconazole + boscalid	Triazole + Carboximide	25 + 47	10	50.3 ml + 97.5 g
Propiconazole + boscalid	Triazole + Carboximide	25 + 47	15	50.3 ml + 97.5 g
Nontreated control	-	-	-	-

서 배양하였고, 충분히 말린 다음 m²당 200 g씩 골고루 접종하였다. 접종은 1차 약제 처리와 동일한 날에 식물체 내 약제 침투를 고려하고 접종 균주에 대한 치료효과를 피하기 위하여 약제살포 7시간 후 실시하였다. 접종 후 원활한 병 발생을 위해 다음 날부터 약제 살포일을 제외하고 매일 오후 6시, 시험 포장에 약 5분간 관수를 실시하였다. 기타 관수, 예초 등 주요 관리는 연구 결과에 영향을 끼칠 수 있기 때문에 약제 살포나 병 평가와 동일한 날짜를 피하여 실시하였다. 병 발생 정도는 병원균 접종 5일 후부터 5일 간격으로 병반면적률로 평가하였다. 최종 병반면적률은 모든 약제를 10일 간격으로 3회 처리 후 10일 차에 조사하였다. 각 처리구의 약효(control value)는 다음과 같이 병반면적률을 방제가로 환산하여 표시하였다.

방제가(%) = [(농약 무처리구 병반면적률 - 농약 처리구 병반면적률) / 농약처리구 병반면적률] × 100

모든 데이터는 SAS 프로그램(SAS7.1, SAS Institute Inc., 1999)을 이용하여 분석하였다.

살균제 조합의 살포 농도 및 간격에 따른 동전마름병 방제효과

본 연구에서 동전마름병 방제를 위해 현장에서의 비용 감소와 환경에 대한 부담을 줄이기 위해 propiconazole + boscalid 조합의 살포 희석배수와 살포간격에 따른 평가 결과는 Table 2, 3과 같다. 필자들의 보고(Chang et al., 2012)에 따르면 propiconazole + boscalid 조합은 동전마름병 방제에 있어서 상승효과를 나타낼 뿐만 아니라 병 발생 정도에 상관없이 높은 효과를 갖는 것으로 나타났다. 본 연구에서도 평가가 이루어진 두 곳의 포장 모두 살균제 무처리구에서 각각 평균 48.3%, 60.0%의 발병도를 보여 살균제의 약효를 평가하기에 충분한 발생을 보였다(Fig.

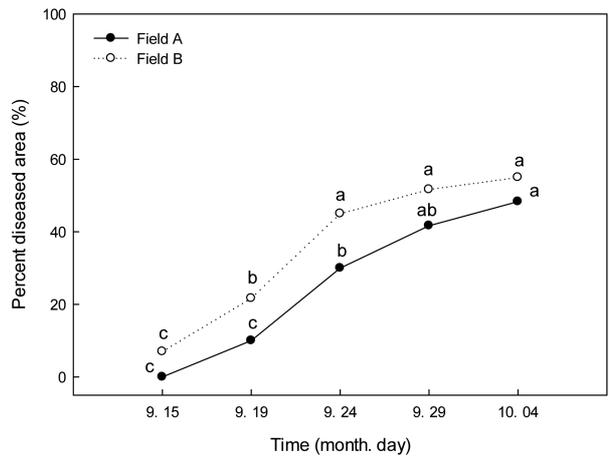


Fig. 1. Progression of dollar spot severity in nontreated plots of creeping bentgrass (cultivar: Penncross) putting green at Wonju, Gangwon in 2012. Values followed by the same letter in a field are not significantly different at $P = 0.05$ according to the Fisher's protected least significant difference (LSD) test. (Field A: $LSD_{0.05}$ value: 15.8; Field B: $LSD_{0.05}$ value: 12.7)

1과 Table 1).

포장 A에서는 대조약제인 propiconazole의 방제가 41.4%를 제외하고 모든 propiconazole + boscalid 조합 처리구에서 평균 89% 이상의 높은 약효를 나타냈다(Table 2). 처리 약제의 기준량과 2/3 량에서는 처리간격에 관계없이 96% 이상의 방제효과를 보였으며 처리간에 통계적인 유의성은 없었다. 기준량의 반량으로 처리한 조합에서는 10일 간격으로 처리하였을 때는 방제가가 평균 97.9%였으나, 15일 간격으로 처리하였을 때 89%의 약효를 보였다.

포장 B에서는 대조약제인 propiconazole이 방제가 61.1%

Table 2. Effect of fungicide (propiconazole and boscalid mixture) application rates and intervals on dollar spot disease control at field A in 2012.

Treatment	Application amount (10 a ⁻¹)	Application interval (days)	Disease severity (%) ^a	Control value (%) ^b
Propiconazole	100.5 ml	10	28.3b ^c	41.4
Propiconazole + boscalid	100.5 ml + 195.0 g	10	1.7c	96.6
Propiconazole + boscalid	100.5 ml + 195.0 g	15	2.0c	95.9
Propiconazole + boscalid	67.0 ml + 130.0 g	10	0.0c	100.0
Propiconazole + boscalid	67.0 ml + 130.0 g	15	1.0c	97.9
Propiconazole + boscalid	50.3 ml + 97.5 g	10	1.0c	97.9
Propiconazole + boscalid	50.3 ml + 97.5 g	15	5.3c	89.0
Nontreated control	-	-	48.3a	-

^a Disease severity was based on percent area diseased.

^b Application date: 15 September, 24 September, and 4 October 2012.

^c Determined from the formula $E = X + [Y(100 - X)] / 100$, where X = the percent control in plots treated with one component of a tank mixture and Y = the percent control in plots treated with a second component of the same tank-mixture. Within a column, values followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ according to the Fisher's protected least significant difference (LSD) test.

Table 3. Effect of fungicide (propiconazole and boscalid mixture) application rates and intervals on dollar spot disease control at field B in 2012.

Treatment	Application Amount (10 a ⁻¹)	Application interval (days)	Disease severity (%) ^a	Control value (%) ^b
Propiconazole	100.5 ml	10	23.3b ^c	61.1
Propiconazole + boscalid	100.5 ml + 195.0 g	10	0.0d	100.0
Propiconazole + boscalid	100.5 ml + 195.0 g	15	0.3d	99.4
Propiconazole + boscalid	67.0 ml + 130.0 g	10	0.0d	100.0
Propiconazole + boscalid	67.0 ml + 130.0 g	15	0.7d	98.9
Propiconazole + boscalid	50.3 ml + 97.5 g	10	1.0d	98.3
Propiconazole + boscalid	50.3 ml + 97.5 g	15	3.0c	95.0
Nontreated control	-	-	60.0a	-

^a Disease severity was based on percent area diseased.

^b Application date: 15 September, 24 September, and 4 October 2012.

^c Determined from the formula $E = X + [Y(100-X)] / 100$, where X = the percent control in plots treated with one component of a tank mixture and Y = the percent control in plots treated with a second component of the same tank-mixture. Within a column, values followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ according to the Fisher's protected least significant difference (LSD) test.

를 제외하고 모든 처리구에서 반복별 평균 95% 이상의 높은 약효를 나타냈다(Table 3). 처리조합의 기준량과 2/3, 1/2 량에서는 처리간격에 관계없이 95% 이상의 방제효과를 보였다. 1/2량으로 15일 간격 처리를 제외하고 처리 간에 통계적인 유의성은 보이지 않았다. 두 포장 모두 단독 및 혼용 약제 처리구에서 약해는 나타나지 않았다(데이터 미제시).

본 연구에서 약제의 처리 간격이 길수록 낮은 방제가를 보인 것으로 나타났다. 그러한 결과는 잔디 식물체내 잔디의 잔류량과 무관하지 않은 것으로 보인다. Frederick et al. (1996)의 보고에 따르면 vinclozolin은 크리핑벤트그래스에 살포 후 약 21일간 존재한다고 하였다. Latin (2006)도 크리핑벤트그래스 체내에서 침투성 살균제의 병 방제 유효농도가 약 2주 정도 존재한다고 보고하였다.

포장 A와 B에서 수행한 결과, 동전마름병에 대하여 95% 이상의 높은 방제효과를 얻기 위해서는 기준량의 1/2일 경우 10일 간격, 2/3량은 15일 간격이 가능한 것으로 나타났다. 하지만 잔디 체내·외 조건(강우, 광, 휘발 정도, 식물 및 미생물의 활동, 예초 등)에 따라 살균제의 분해 정도는 매우 다를 수 있기 때문에(Hewitt, 1998) 살포 간격이 너무 길면 다른 결과를 초래할 수 있을 것으로 생각된다.

위의 결과는 골프장 등 현장에서 동전마름병을 방제할 때 매우 실용적일 것으로 기대된다. 낮은 농도와 긴 살포 간격으로 높은 방제효과를 기대할 수 있고, 서로 다른 작용점을 지닌 조합이기 때문에 상대적으로 약제 저항성(Jo et al., 2008)으로부터 좀 더 안전할 수 있다. 특히, 본 연구가 진행된 포장에서의 높은 병 발생(48.3% 및 60.0%)에도 불구하고 우수하고 안정적인 약효를 보인 것은 위의

처리구가 동전마름병의 높은 선발압에 효과적임을 시사하는 것이다.

요 약

Sclerotinia homoeocarpa F.T. Bennett에 의한 동전마름병은 우리나라 골프장에서 지역에 관계없이 일반적이며 경제적으로 가장 중요한 잔디 병 중 하나이다. 크리핑벤트그래스로 조성된 골프장 그린에서 propiconazole과 boscalid를 혼합제로 하여 방제효과를 평가하였다. 혼합제의 약량은 기준량과 기준량의 1/2량, 2/3량으로 하였고, 살포간격은 각각 10일과 15일 간격으로 3회 처리하였다. 동전마름병은 2개 포장의 무처리구에서 각각 반복별 평균 48.3, 60.0%의 발생을 보였다. 각 처리구는 1개의 처리구(기준량의 1/2 처리구로 15일 간격 살포)를 제외하고 처리별 통계적 유의성은 없었다. 따라서 현장에서 농약회사에서 추천하는 기준량의 농도보다 낮은 농도(기준량의 2/3 및 1/2 농도)로 15일 간격으로 살포하게 될 경우 기준량에 준하는 약효를 얻을 수 있으므로 살포 농약량, 인력, 병원균의 약제 저항성 등을 낮추는 효과를 보일 것으로 예상된다.

주요어: 방제효과, 동전마름병, 살포 간격, 살균제 혼용, 약량, *Sclerotinia homoeocarpa*

Acknowledgement

This work was supported by National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-

2010-0025559). We deeply appreciate to dept.' members of golf course management in Park Vally Golf Club and to Turfgrass Science Institute' members in Hanul Sports-turf Inc.

References

- Burpee, L. and Latin, R. 2008. Reassessment of fungicide synergism for control of dollar spot. *Plant Dis.* 92:601-606.
- Chang, S.W., Chang, T.H., Hong, J.K., Park, J.H. and Jung, S.W. 2011. Vegetative compatibility grouping of *Sclerotinia homoeocarpa* isolates infecting turfgrass in South Korea. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25:171-176.
- Chang, S. W., Jung, S-W., Kim, S., Park, J-H. and Lee, J-Y. 2012. Synergistic interaction of fungicides in mixtures under different conditions of dollar spot disease caused by *Sclerotinia homoeocarpa*. *Asian J. Turfgrass Sci.* 26:96-101.
- Cole, H.B., Taylor, B. and Duich, J. 1968. Evidence of differing tolerances to fungicides among isolates of *Sclerotinia homoeocarpa*. *Phytopathology* 58:683-686.
- Couch, H.B. 1995. Diseases of turfgrasses, 3rd ed. Krieger Publishing Co., Malabar, FL, USA.
- Couch, H. B. and Smith, B.D. 1991. Synergistic and antagonistic interactions of fungicides against *Pythium aphanidermatum* on perennial ryegrass. *Crop Prot.* 10:386-390.
- Detweiler, A.R., Vargas, J.M. and Danneberger, T.K. 1983. Resistance of *Sclerotinia homoeocarpa* to iprodione and benomyl. *Plant Dis.* 67:627-630.
- DeWaard, M.A. 1996. Synergism and antagonism in fungicide mixtures containing sterol demethylation inhibitors. *Phytopathology* 86:1280-1283.
- Frederick, E.K., Throssell, C.S., Bischoff, M. and Turco, R.F. 1996. Fate of vinclozolin in creeping bentgrass turf under two application frequencies. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57:391-397.
- Gisi, U. 1996. Synergistic interaction of fungicides in mixtures. *Phytopathology* 86:1273-1279.
- Hewitt, H.G. 1998. Fungicides in Crop Protection. CAB International, New York, USA.
- Jo, Y.K., Chang, S.W., Boehm, M. and Jung, G. 2008. Rapid development of fungicide resistance by *Sclerotinia homoeocarpa* on turfgrass. *Phytopathology* 98:1297-1304.
- Kim, J.H., Choi, H.Y., Shim, G.Y., and Kim, Y.H. 2010. Chemical resistance and control of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* on turfgrass of golf courses in Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 24:170-175. (In Korean)
- Koch, P.L., Grau, C.R., Jo, Y.K. and Jung, G. 2009. Thiophanate-methyl and propiconazole sensitivity in *Sclerotinia homoeocarpa* populations from golf courses in Wisconsin and Massachusetts. *Plant Dis.* 93:100-105.
- Kosman, E. and Cohen, Y. 1996. Procedures for calculating and differentiating synergism and antagonism in action of fungicide mixtures. *Phytopathology* 86:1263-1272.
- Latin, R. 2006. Residual efficacy of fungicides for control of dollar spot in creeping bentgrass. *Plant Dis.* 90:571-575.
- Putnam, A.I., Jung, G. and Kaminski, J.E. 2010. Geographic distribution of fungicide- insensitive *Sclerotinia homoeocarpa* isolates from golf courses in the northern United States. *Plant Dis.* 94:186-195.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS/STAT User' Guide, Version 7-1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shim, G.Y., Min, G.Y., Shin, H.D. and Lee, H.J. 2000. Occurrence of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* in turfgrass of golf course in Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 14:241-250. (In Korean)
- Shim, G.Y., Min, G.Y., Shin, H.D. and Lee, H.J. 2001. Occurrence of chemical resistance and control of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* in turfgrass of golf course in Kora. *Kor. Turfgrass Sci.* 15:1-8. (In Korean)
- Smith, J.D., Jackson, N. and Woolhouse, A.R. 1989. Fungal diseases of amenity turf grasses. E and F. N. Spon, New York, USA.
- Warren, C.G., Sanders, P.L., Cole, H. and Duich, J.M. 1977. Relative fitness of benzimidazole-tolerant and cadmium-tolerant populations of *Sclerotinia homoeocarpa* in absence and presence of fungicides. *Phytopathology* 67:704-708.