บทวิทยาการ
Original Article

การวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งจุลภาคแบบนู้พและแบบวิกเกอร์ส บนผิวเคลือบฟัน

จรรยา ชื่นอารมณ์
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
โทรศัพท์: 074-287562
โทรสาร: 074-429874
อีเมล: chanya.ch@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งจุลภาคของเคลือบฟันด้วยวิธีนู้พและวิกเกอร์ส ภายใต้แรงกดขนาดต่าง ๆ โดยวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งจุลภาคแบบนู้พและวิกเกอร์สของฟันกรามจำนวน 10 ซี่ ด้วยแรงกด 100 200 และ 300 กรัม นำชิ้นทดสอบไปวัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดซ้ำอีกครั้งด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาวเพื่อยืนยันผลการวัด เปรียบเทียบความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดที่วัดด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาคและกล้องจุลทรรศน์วัดความยาวโดยการทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่สัมพันธ์กัน ผลการวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งเคลือบฟันแบบวิกเกอร์สและนู้พ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 23.9-41.6 μm และ 65.6-120.4 μm ตามลำดับ โดยพบว่าความยาวเส้นทแยงมุมของความแข็งแบบนู้พที่ได้จากการวัดระยะด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาคและกล้องจุลทรรศน์วัดความยาว มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) แต่ความยาวเส้นทแยงมุมแบบวิกเกอร์สมีค่าไม่ต่างกัน ($p > .05$) การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ภายใต้ข้อจำกัดของการวิจัยนี้ การวัดแบบวิกเกอร์สช่วยลดความผิดพลาดในการวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งของเคลือบฟันได้ดีกว่าการวัดแบบนู้พ

บทนำ

การทดสอบความแข็งจุลภาคเป็นวิธีการที่ใช้อย่างแพร่หลายในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความแข็งของเคลือบฟัน ทำให้ทราบคุณสมบัติความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูปร่างและความต้านทานต่อการแตกหัก[1] วิธีการคือ ใช้หัวกดซึ่งทำจากเพชร กดลงบนผิวเคลือบฟันชั่วระยะเวลาหนึ่ง ให้เกิดเป็นรอยกดรูปสี่เหลี่ยมตามรูปร่างของหัวกด วัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดนั้น เพื่อใช้คำนวณค่าความแข็งตามสมการที่กำหนด การทดสอบความแข็งจุลภาคที่นิยมใช้ในการทดสอบความแข็งฟันมี 2 แบบ คือ นู้พและวิกเกอร์ส ซึ่งรูปร่างของหัวกดมีลักษณะต่างกันและสูตรการคำนวณความแข็งก็ต่างกัน โดยที่

Vickers hardness number (HV) = $1.854 \times (F/d^2)$

Knoop hardness number (HK) = $14.230 \times (F/d^2)$

เมื่อ F คือ แรงกด (กิโลกรัม) d คือความยาวเส้นทแยงมุมเฉลี่ย (มิลลิเมตร) ของรอยกดแบบวิกเกอร์ส หรือความยาวเส้นทแยงมุมด้านยาวสุด (มิลลิเมตร) ของรอยกดแบบนู้พ ส่วน 1.854 และ 14.230 คือค่าคงที่จากการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างมุมของหัวกดกับการกดตั้งฉากบนผิววัสดุของหัวกดแบบวิกเกอร์สและแบบนู้พ ตามลำดับ

รายงานวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบความแข็งของเคลือบฟันในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ระหว่างปี พ.ศ.2510 ถึง พ.ศ.2511 จากการสืบค้นรายชื่อบทความวิจัยในฐานข้อมูลพับเมด (Pubmed:www. pubmed. gov) ด้วยคำค้น "enamel and Knoop" และ "enamel and Vickers" และจากการอ่านบทคัดย่อของรายชื่อบทความที่ปรากฏทั้งหมด พบว่ามีการใช้การทดสอบแบบนู้พ 77 เรื่อง และแบบวิกเกอร์ส 54 เรื่อง ในการวัดความแข็งเคลือบฟัน คิดเป็นร้อยละ 60 และร้อยละ 40 ตามลำดับ ขณะที่ทั่วโลกมีการใช้การทดสอบแบบวิกเกอร์สประมาณร้อยละ 60[1] เพื่อวัดความแข็งของเซรามิก ส่วนงานวิจัยความแข็งจุลภาคของวัสดุ พบว่าประเทศในกลุ่มยุโรปส่วนใหญ่ใช้การทดสอบแบบวิกเกอร์ส แต่ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้การทดสอบแบบนู้พ[2] ซึ่งอาจเนื่องจากอเมริกาเป็นผู้กำหนดมาตรฐานการทดสอบความแข็งแบบนู้พ (ASTM standard C730 for glass and glass ceramic และ C849 for ceramic whiteware)[1]

การทดสอบความแข็งของเคลือบฟันไม่ได้มีการกำหนดไว้เป็นมาตรฐานว่าต้องใช้หัวกดชนิดใด ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้การทดสอบแบบนู้พหรือแบบวิกเกอร์สก็ได้ แต่การที่รูปร่างของหัวกด ขนาดความลึกของรอยกด และสูตรการคำนวณค่าความแข็งที่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งมีข้อบ่งชี้ความเหมาะสมในการใช้กับวัสดุบางประการที่แตกต่างกัน จึงอาจเป็นปัญหาสำหรับนักวิจัยในการเลือกใช้รูปแบบการทดสอบ ซึ่งไม่ว่าจะเลือกใช้วิธีวัดแบบใด สิ่งสำคัญที่สุดคือความถูกต้องและแม่นยำของการวัดขนาดรอยกด ซึ่งขึ้นกับลักษณะพื้นผิวของเคลือบฟันและรอยกดที่มีความคมชัดเพียงพอ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความถูกต้องและแม่นยำของการวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งเคลือบฟันแบบนู้พหรือวิกเกอร์สด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาค และยืนยันผลโดยการวัดซ้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาว เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ต้องการใช้เครื่องมือชนิดนี้ สามารถเลือกใช้หัวกดทดสอบได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะงาน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ฟันกรามใหญ่ซี่ที่สาม จำนวน 10 ซี่ ล้างทำความสะอาด ฝังในเรซินอะคริลิกเพื่อเป็นตัวจับยึด ขัดให้ผิวเคลือบฟันด้านแก้มเปิดเป็นพื้นที่ประมาณ 3x3 ตารางมิลลิเมตร ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 240, 320, 600 และ 1200 ตามลำดับ นำฟันแต่ละซี่ไปวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งจุลภาคแบบนู้พและวิกเกอร์ส (Buehler, Micromet II, Buehler Ltd, USA) บนผิวเคลือบฟันที่เปิดไว้ด้วยแรงกด 100 200 และ 300 กรัม การกดแต่ละครั้งใช้เวลา 20 วินาที ทำซ้ำ 3 ครั้ง ทุกแรงกดที่ใช้ เพื่อหาค่าความแข็งเฉลี่ยในฟันแต่ละซี่ รอยกดแต่ละรอยมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความยาวเส้นทแยงมุมรอยกด เพื่อป้องกันการเพิ่มของความเค้นรอบรอยกด (stress concentration) ที่จะส่งผลถึงความแข็งบริเวณใกล้เคียง

หลังการกด วัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดด้วยกำลังขยาย 400 เท่า ผ่านเลนส์ตา เพื่อให้เครื่องทดสอบคำนวณค่าความแข็งจุลภาค และนำชิ้นทดสอบไปวัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดซ้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาว (Measuring microscope, Nikon, MM-400, Nikon Coporation, Japan) ที่กำลังขยาย 500 เท่าผ่านจอมอนิเตอร์ เพื่อยืนยันผลเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความแข็งจุลภาค จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าความยาวเส้นทแยงมุมโดยการทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired t-test) ว่ามีความแตกต่างหรือไม่

ผล

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นค่าความยาวเส้นทแยงมุมแบบนู้พและแบบวิกเกอร์สที่วัดด้วยเครื่องวัดความแข็งระดับจุลภาค (MH) เปรียบเทียบกับการวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาว (MM) การใช้แรงกดน้อยทำให้วัดความยาวเส้นทแยงมุมได้สั้นกว่าเมื่อใช้แรงกดมาก

ค่าความยาวเส้นทแยงมุมแบบวิกเกอร์สที่ได้จากการวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาว มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการวัดด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาคส่วนค่าความยาวเส้นทแยงมุมแบบนู้พที่ได้จากการวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปที่ 1 แสดงรอยกดแบบนู้พและวิกเกอร์สที่กำลังขยาย 400 เท่า โดยการถ่ายผ่านเลนส์ตาของเครื่องวัดความแข็งจุลภาคด้วยกล้องดิจิทัล (Sony, Cyber-shot DSC-P150, Sony Corporation, Japan) และรูปที่ 2 แสดงรอยกดแบบนู้พและวิกเกอร์ส ที่ถ่ายด้วยด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาวที่กำลังขยาย 500 เท่า (ภาพถ่ายทั้ง 6 ภาพ เป็นขนาดย่อส่วนร้อยละ 25 จากขนาดภาพจริงที่บันทึกผ่านจอคอมพิวเตอร์)

ตารางที่ 1 *ค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นทแยงมุมรอยกดแบบวิกเกอร์สและแบบนู้พ ที่วัดด้วยเครื่องวัดความแข็ง-จุลภาค (MH) และกล้องจุลทรรศน์วัดความยาว (MM)*

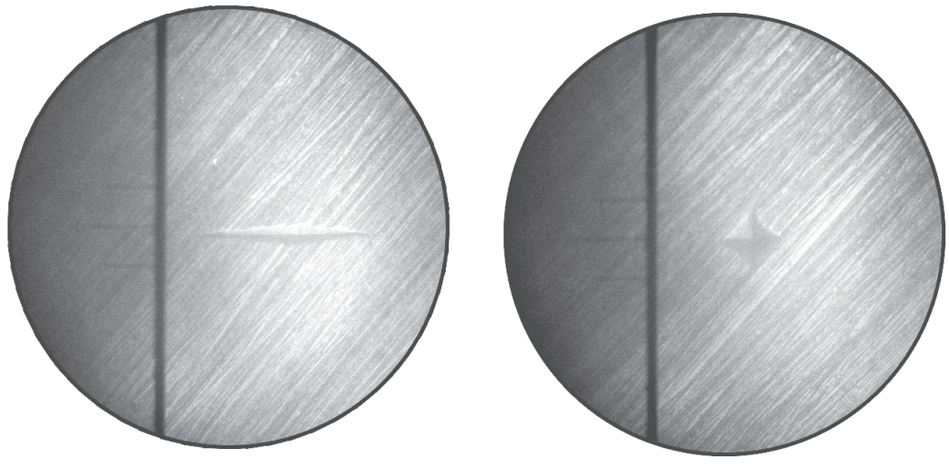
Table 1 *Mean (s.d.) and Paired t-tests of Vickers and Knoop indentation diagonal length measured by using a microhardness tester (MH) and a measuring microscope (MM)*

	100 g		200 g		300 g	
	Mean (s.d.)	*p* - value	Mean (s.d.)	*p* - value	Mean (s.d.)	*p* - value
Vickers						
Diagonal (μm)						
MH	24.4 (1.4)		34.4 (1.4)		41.6 (1.1)	
		.156		.421		.481
MM	23.9 (1.8)		33.9 (2.2)		41.2 (1.7)	
Knoop						
Diagonal (μm)						
MH	65.6 (4.1)		94.7 (5.0)		115.6 (3.1)	
		.046*		.026*		.002*
MM	69.4 (4.0)		98.6 (3.6)		120.4 (3.5)	

* Statistically significant difference at $p < .05$

รูปที่ 1 *รอยกดแบบนู้พและวิกเกอร์ส ที่มองเห็นผ่านเลนส์ตาของเครื่องวัดความแข็งจุลภาคที่กำลังขยาย 400 เท่า*

Fig. 1 *Knoop and Vickers indentation which see through the eyepiece microscope with 400x magnification of microhardness tester*

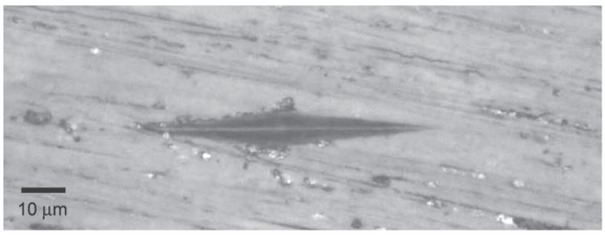


Knoop indentation - 300 g load

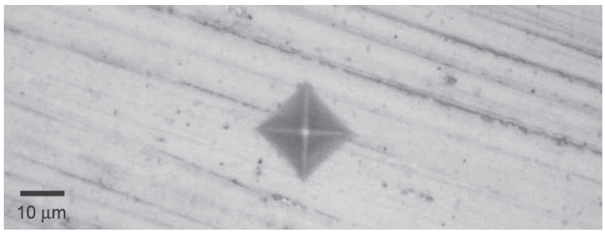
Vickers indentation - 300 g load

รูปที่ 2 *รอยกดแบบนู้พและวิกเกอร์ส ที่แรงกด 100 200 และ 300 กรัม ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาวที่กำลังขยาย 500 เท่า*

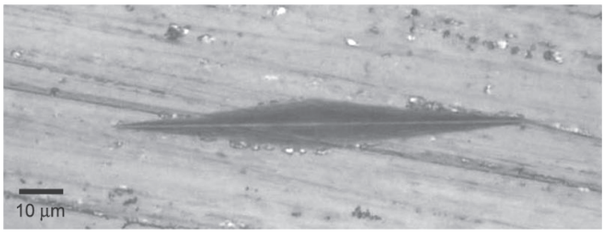
Fig. 2 *Knoop and Vickers indentation under 100 200 and 300 g loads images using a measuring microscope with 500 x magnification*



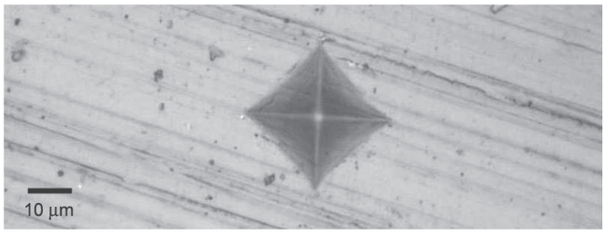
Knoop indentation - 100 g load



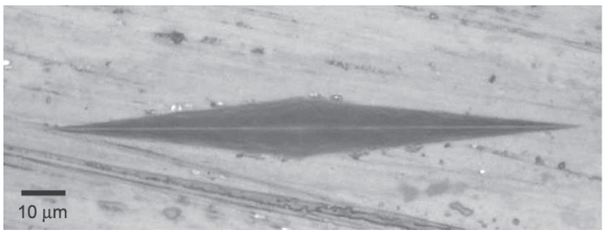
Vickers indentation - 100 g load



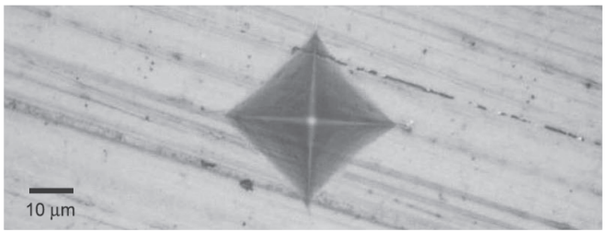
Knoop indentation - 200 g load



Vickers indentation - 200 g load



Knoop indentation - 300 g load



Vickers indentation - 300 g load

บทวิจารณ์

การวัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาคในการศึกษาครั้งนี้ ต้องใช้เลนส์ขยายภาพเนื่องจากรอยกดมีขนาดเล็กมาก และต้องวัดขนาดเส้นทแยงมุมของรอยกดผ่านเลนส์ตา แม้ว่าปัจจุบันจะมีการส่งภาพผ่านระบบคอมพิวเตอร์และวัดขนาดเส้นทแยงมุมผ่านจอมอนิเตอร์ได้ แต่เครื่องวัดความแข็งจุลภาคที่ต้องวัดเส้นทแยงมุมผ่านเลนส์ตาก็ยังมีการใช้งานอยู่โดยทั่วไป และโดยที่ความถูกต้องของการวัดขึ้นกับลักษณะพื้นผิวชิ้นงาน ความคมชัดของรอยกด และผู้ทดสอบ ดังนั้นถ้าผิวชิ้นงานไม่เรียบ รอยกดไม่คมชัด และผู้ทดสอบขาดประสบการณ์และความชำนาญ ไม่ว่าจะวัดผ่านเลนส์ตาหรือจอมอนิเตอร์ อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้

การศึกษาครั้งนี้นำกล้องจุลทรรศน์วัดความยาวมาใช้เพื่อยืนยันผลการวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาคผ่านเลนส์ตา กล้องจุลทรรศน์วัดความยาวใช้หลักการวัดความยาวเส้นทแยงมุมรอยกดเช่นเดียวกับเครื่องวัดความแข็งจุลภาค แต่มีการส่งภาพผ่านระบบกล้องวิดีโอเข้าสู่จอคอมพิวเตอร์ และสามารถปรับความคมชัดของภาพได้ ทำให้วัดความยาวเส้นทแยงมุมได้ง่ายกว่าการวัดด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาคที่วัดความยาวเส้นทแยงมุมผ่านไมโครมิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่กับเลนส์ตา ซึ่งภาพที่มองเห็นมีขนาดเล็ก ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้ง่าย และเมื่อเปรียบเทียบผลการวัดระหว่างเครื่องวัดความแข็งจุลภาคและกล้องจุลทรรศน์วัดความยาว พบว่าเครื่องมือทั้งสองชนิดวัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดแบบวิกเกอร์สได้ไม่ต่างกัน แต่วัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดแบบนู้พได้ต่างกัน

ความแตกต่างกันของความยาวเส้นทแยงมุมแบบนู้พ เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาคและกล้องจุลทรรศน์วัดความยาว และการมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่าการวัดแบบวิกเกอร์สทุกขนาดแรงกดที่ใช้ ทั้งที่รอยกดแบบนู้พมีความยาวเส้นทแยงมุมมากกว่า และน่าจะมีความผิดพลาดในการวัดน้อยกว่าแบบวิกเกอร์ส แสดงให้เห็นว่ารูปร่างของรอยกดน่าจะเป็นตัวแปรสำคัญของความแม่นยำในการวัด ค่าความแข็งแบบนู้พซึ่งใช้ความยาวเส้นทแยงมุมด้านยาวเพียงด้านเดียวในการคำนวณนั้น การกำหนดปลายมุมจากการบรรจบกันของเส้นแขนของมุม 2 เส้น ทำได้ยาก เนื่องจากเส้นทั้งสองทำมุมแคบมากเพียง 14 องศาเท่านั้น ปลายมุมของรอยกดแบบนู้พจึงมองเห็นเป็นแนวเส้นตรงมากกว่าจะเห็นเป็นรูปมุมที่ชัดเจน (รูปที่ 1 และ 2) นอกจากนี้ลักษณะพื้นผิวก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งของความแม่นยำในการวัด ถ้ามุมของรอยกดแบบนู้พซ้อนอยู่ในรอยขีดข่วนหรือขรุขระของผิว ผู้วัดจะไม่สามารถกำหนดปลายมุมรอยกดได้แน่นอน ซึ่งทำให้การวัดมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงได้

แม้วิธีวัดความแข็งจุลภาคจะไม่ยุ่งยากซับซ้อน แต่มีข้อควรระวังมากมายหลายประการ โดยเฉพาะข้อจำกัดเรื่องความละเอียด (resolution) ของภาพ และการมองเห็นรอยกดของผู้ทดสอบ[3] และต้องใช้การคำนวณพิเศษ หากเส้นขอบของรอยกดไม่ใช่เส้นตรง[4] การศึกษาครั้งนี้พบว่าการวัดความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดแบบนู้พบนผิวเคลือบฟัน ทำได้ยากกว่ารอยกดแบบวิกเกอร์สมาก ซึ่งแม้จะใช้กล้องจุลทรรศน์วัดความยาวซึ่งมองเห็นภาพรอยกดได้ชัดเจนกว่า ยังพบปัญหาแบบเดียวกัน ทำให้ความยาวเส้นทแยงมุมแบบนู้พ ที่วัดด้วยกล้องจุลทรรศน์วัดความยาวมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงเช่นกัน และมีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวัดความแข็งจุลภาคแบบวิกเกอร์สและแบบนู้พ มีข้อบ่งชี้การใช้งานบางประการที่แตกต่างกัน การวัดแบบวิกเกอร์สไม่เหมาะสำหรับชิ้นงานบาง เช่น ฟิล์ม หรือวัสดุที่มีความเปราะมาก เนื่องจากรอยกดที่ลึกกว่าการวัดแบบนู้พ อาจทะลุชิ้นงานหรือทำให้ชิ้นงานเกิดรอยร้าวต่อเนื่องจากรอยกด[5] ส่วนการวัดแบบนู้พเป็นวิธีที่ดัดแปลงจากการวัดแบบวิกเกอร์ส โดยปรับรูปร่างหัวกดให้สั้นกว่าแบบวิกเกอร์สเพื่อให้สามารถทดสอบชิ้นงานที่บางและเปราะได้ดี มีการใช้หัวกดทั้งสองชนิดในงานวิจัยการวัดความแข็งของฟัน[6-15] การเลือกใช้หัวกดนู้พอาจเป็นเพราะเห็นว่าการวัดความเส้นทแยงมุมด้านยาวเพียงด้านเดียว น่าจะวัดได้ง่ายกว่าและรวดเร็วกว่า หรือใช้ตามข้อบ่งชี้การใช้งานที่เห็นว่าผิวเคลือบฟันมีลักษณะแข็งเปราะแบบเซรามิก

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าหากต้องวัดความยาวเส้นทแยงมุมผ่านเลนส์ตาแล้ว การวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งแบบวิกเกอร์สน่าจะเหมาะสมสำหรับการวัดเส้นทแยงมุมของความแข็งของเคลือบฟันมากกว่าแบบนู้พ เนื่องจากรอยกดที่เกิดขึ้นมองเห็นได้ชัดเจนกว่ารอยกดแบบนู้พ และการวัดความยาวเส้นทแยงมุม 2 เส้น จะช่วยลดความผิดพลาดในการกำหนดระยะความยาวเส้นทแยงมุมได้มากกว่า เช่นเดียวกับที่ Gutiérrez-Salazar และ Reyes-Gasga[16] ให้ความเห็นในการเลือกวัดความแข็งฟันแบบวิกเกอร์สว่าเป็นเพราะรอยกดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเห็นได้ชัดกว่า แม้ว่ารูปร่างสี่เหลี่ยมจตุรัสของรอยกดแบบวิกเกอร์สบนผิวเคลือบฟันอาจเกิดลักษณะโค้งเว้า (sink-in) เล็กน้อย จากการที่เคลือบฟันมีการคืนตัวกลับ (recovery) หลังจากคลายแรงกด[4] แต่สามารถมองเห็นปลายเส้นทแยงมุมได้ชัดเจนดี การวัดความแข็งจุลภาคแบบนู้พอาจไม่เหมาะสมสำหรับฟันที่ไม่สามารถเตรียมพื้นผิวให้เรียบมากได้ เช่น ฟันผุ หรือฟันสึกกร่อนที่มีพื้นผิวขรุขระ เพราะกำหนดจุดปลายของเส้นทแยงมุมได้ยาก ส่งผลให้วัดความยาวเส้นทแยงมุมผิดพลาดได้ง่าย การขัดผิวเคลือบฟันจนได้ผิวที่เรียบมันปราศจากรอยขัดเลยนั้นอาจช่วยทำให้การวัดเส้นทแยงมุมแบบนู้พง่ายขึ้น แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความแข็งของฟันก่อนและหลังการทดลอง ผิวฟันที่ผ่านการทดลองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพผิว เช่น ผุ สึกกร่อน หรือมีรอยขัดถู เมื่อนำมาวัดความแข็งแบบนู้พก็จะวัดเส้นทแยงมุมได้ยากเช่นกัน ในการวิจัยครั้งต่อไป จึงควรให้ผู้เชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือทั้งสองแบบหลาย ๆ คน วัดเปรียบเทียบกัน เพื่อกำจัดข้อบกพร่องซึ่งอาจเกิดจากการใช้ผู้วิจัย 1 คน ในการศึกษานี้

บทสรุป

การศึกษาครั้งนี้พบว่า ภายใต้ข้อจำกัดของการวิจัยนี้ หากใช้เครื่องวัดความแข็งจุลภาคแบบวัดผ่านเลนส์ตาการวัดความแข็งจุลภาคบนผิวเคลือบฟันด้วยหัวกดแบบวิกเกอร์ส จะมองเห็นขอบเขตและกำหนดปลายเส้นทแยงมุม ดีกว่ารอยกดแบบนู้พ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนเฉลิมพระเกียรติ 100 ปี สมเด็จย่า คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Quinn GD. Hardness Testing of Ceramics. ***Adv Mater Proc*** 1998;154:23-7.
2. Boyer HE. Hardness Testing. Ohio: ASM International; 1987.
3. Shahdad SA, McCabe JF, Bull S, Rusby S, Wassell RW. Hardness measured with traditional Vickers and Martens hardness methods. ***Dent Mater*** 2007;23:1079-85.
4. Zhang G, Le DT, Tucker SR, Ng SJ. Characterization of Indentationimpressions on Human Enamel for Hardness Measurement. Institute for Systems Research Technical Report; 1997. Series no. TR 1997-10.
5. Yoldas O, Akova T, Uysal H. Influence of different indentation load and dwell time on Knoop microhardness tests for composite materials. ***Polymer Testing*** 2004;23:343-6.
6. Maia E, Baratieri LN, Caldeira de Andrada MA, Monteiro S Jr, Vieira LC. The influence of two home-applied bleaching agents on enamel microhardness: an in situ study. ***J Dent*** 2008;36:2-7.
7. Abdullah AZ, Strafford SM, Brookes SJ, Duggal MS. The effect of copper on demineralization of dental enamel. ***J Dent Res*** 2006;85:1011-5.
8. Van Eygen I, Vannet BV, Wehrbein H. Influence of a soft drink with low pH on enamel surfaces: an in vitro study. ***Am J Orthod Dentofacial Orthop*** 2005;128:372-7.
9. ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. ***J Dent Res*** 1995;74:374-80.
10. Giamalia I, Steinberg D, Grobler S, Gedalia I. The effect of propolis exposure on microhardness of human enamel in vitro. ***J Oral Rehabil*** 1999;26:941-3.
11. Lupi-Pegurier L, Muller M, Leforestier E, Bertrand MF, Bolla M. In vitro action of Bordeaux red wine on the microhardness of human dental enamel. ***Arch Oral Biol*** 2003;48:141-5.
12. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Prati C, Carvalho RM. Microhardness of acid-treated and resin infiltrated human dentine. ***J Dent*** 2005;33:349-54.
13. Fuentes V, Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Pashley DH. Tensile strength and microhardness of treated human dentin. ***Dent Mater*** 2004;20:522-9.
14. Chunmuang S, Jitpukdeebodintra S, Chuenarrom C, Benjakul P. Effect of xylitol and fluoride on enamel erosion in vitro. ***J Oral Sci*** 2007;49:293-7.
15. Oliveira LD, Carvalho CA, Nunes W, Valera MC, Camargo CH, Jorge AO. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*** 2007;104:125-8.
16. Gutiérrez-Salazar MP, Reyes-Gasga J. Microhardness and chemical composition of human tooth. ***Mater Res*** 2003;6;367-73.

Original Article

Knoop and Vickers Diagonal of Microhardness Measurements of Enamel

Chanya Chuenarrom
Scientist at Faculty of Dentistry
Department of Prosthetic Dentistry
Prince of Songkla University
Hat Yai, Songkhla 90112
Tel: 074-287562
Fax: 074-429874
E-mail: chanya.ch@psu.ac.th

Abstract

The objective of this study was to compare the diagonal of hardness measurement of tooth enamel by using Knoop and Vickers microhardness methods. Ten molar teeth were measured for diagonal of hardness using a microhardness tester with Knoop and Vickers indenters under 100, 200 and 300 g test loads. Repeated measurement of the diagonal lengths of all indentations were obtained by using a measuring microscope. The diagonal lengths using a microhardness tester and a measuring microscope were statistically analysed using the paired t-test. Knoop and Vickers diagonal of hardness measurements were 23.9-41.6 μm and 65.6-120.47 μm, respectively. However, the paired t-test of the diagonal of hardness values obtained from using a microhardness tester and a measuring microscope indicated that the Knoop diagonals were statistically different ($p < .05$). In contrast, Vickers, diagonal of hardness values showed no statistically different ($p > .05$). According to the limitation of this study, the Vickers microhardness test had less errors in measuring diagonal of hardness for enamel than the Knoop test.

Key words: enamel, Knoop, microhardness, Vickers