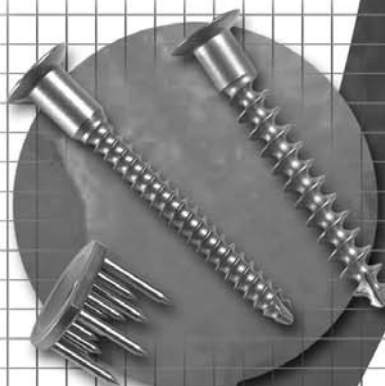


# ボンドエルハーベスター

脛骨トンネルへボンドエルのコンパクトニング：  
癒合の促進、最小限の骨孔拡大と WasherLoc™ システム  
を用いた固定の改善点

*Developed in conjunction with Stephen M. Howell, M.D.,  
Sacramento, California.*



**BIOMET**<sup>®</sup>  
SPORTS MEDICINE

# Problem

## ハムストリング法の問題点：

### 時間を要するグラフト-トンネル間の癒合

軟部組織 ACL グラフトの癒合は骨付き膝蓋腱（BTB）に比べ重要な問題となります。<sup>3</sup> なぜなら、埋植して最初の6ヶ月間は、腱のほうの方がボーンプラグより癒合が遅いからです。<sup>18</sup> 癒合はむしろ、大腿骨より骨髄に脂肪が多く<sup>9</sup> 骨が柔らかい<sup>6</sup>、脛骨で問題となります。従って軟部組織グラフトは特に脛骨において、BTB より強固な固定方法を必要とします。<sup>9,18</sup> この腱-トンネル間の癒合が遅いということに取り組みないと、早期リハビリテーション中の「滑り」を引き起こします。<sup>8</sup>

「滑り」は、BTB グラフトに比べ術直後の痛みが少なく可動域や荷重、機能が早期に回復する、軟部組織グラフトに多く起き得ます。<sup>7</sup>

# Strategies

## 腱-トンネル癒合を促進させる戦略

### 長く、ジャストフィットするトンネルの採用

腱グラフトの癒合は、トンネルの長さが充分ありグラフトがトンネル壁に隙間無くフィットしていれば、より強固で剛性が高くなります。<sup>10</sup> 充分なトンネルの長さを確保するためには、固定材料は、トンネル内ではなくトンネルの終点部に設置することが要求されます。<sup>16</sup>

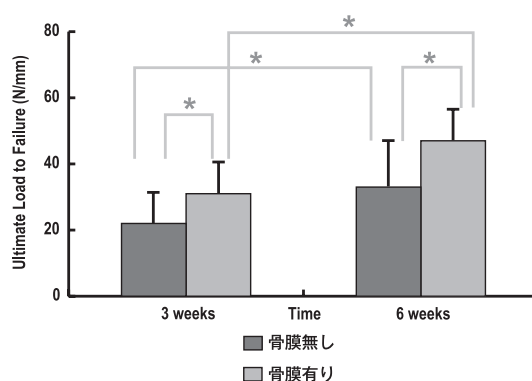
隙間の無いフィットを得るには、トンネル内を走行するテーパードシェイプのグラフトのように不均一な形状から起きる隙間を埋めるように、自家骨をグラフトとトンネルの間に詰める必要があります。<sup>17,19</sup>

### 全周性の癒合の実現と一面の癒合の回避

腱グラフトの癒合は、トンネルの一側面ではなく全周性に癒合が得られれば、より強固で剛性が高くなります。全周性の癒合のためには、トンネルとの接触面全体がグラフトに癒合できるように、トンネルの出口でグラフトを固定する必要があります。<sup>16</sup>

### 生物学的活性物質を付与した腱グラフト周囲

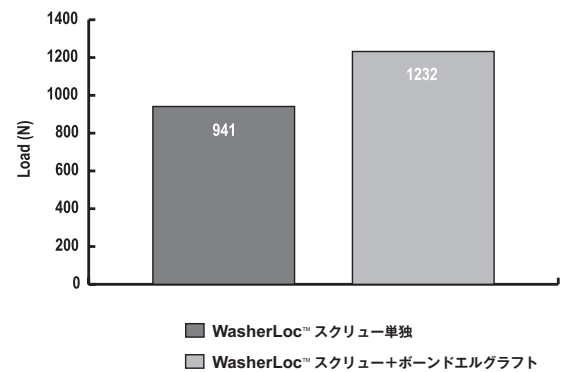
腱グラフトの癒合は、トンネルにグラフトと共に生物学的活性物質を挿入すると、より早く強くなります。骨膜で周囲を包んだグラフトは、ボーントンネル内でグラフトとの癒合を促進し、短期間に優れた生体力学的固定へと導きます。<sup>12</sup> ボーントンネル内にグラフトが移植された際に、BMP を追加すると癒合過程を促進します。<sup>14</sup> 骨膜や BMP の追加により癒合が促進されたことは、自家骨をボーントンネルにコンパクティングすることも癒合に有益であることを示唆します。自家海綿骨は、腱に骨組織のイングロースを起こさせ、良い状態に調整し、促進するであろう成長骨芽細胞を有します。



## 問題解決

1. 遠位部で固定するデバイスの使用 (WasherLoc™)
2. 生物学的に活性な自家骨海綿骨のドエルをトンネル内に押し詰める

脛骨トンネルに骨移植し全周性の癒合を得るためには、脛骨側固定材料をトンネルの出口に設置する必要があり、WasherLoc™ スクリューによる遠位部固定は、高い強度と剛性を提供する固定方法です。<sup>2,13</sup> WasherLoc™ デバイスは皮質骨（海綿骨の50倍の強度）を捕らえ、他のデバイスに見られるシャローにリレーしたり鈍なスレッドでグラフトを押さえる代わりに、<sup>13</sup> WasherLoc™ の鋭いスパイクがグラフトを貫通します。骨のドエルを打ち込むことで、埋植時の WasherLoc™ の固定強度（～300N）と固定剛性（～100N/mm）を向上させます。<sup>15</sup> 自家海綿骨のドエルを脛骨トンネル内にコンパクトングすることで、トンネル拡大は最小限に抑えられます。ボンドドエルは術直後にトンネルをシュリンクし（29%）、術後4ヶ月での骨孔拡大を最小とします。8mm径のトンネルは術後4ヶ月でわずかに2.5%拡大し8.2mm径でした。<sup>11</sup> ボンドドエルによる脛骨骨孔拡大の防止は、他の方法を用いる固定方法と全く異なる方法です。



## Technique for Harvesting and Impacting a Bone Dowel in the Tibial Tunnel

### 脛骨トンネルからのボンドエルの採取

脛骨トンネル用の 2.4mm ガイドピンを設置します。ACL グラフトのサイズと同じ径のキャニュレイテッドリーマーを選択します。このリーマーで遠位脛骨の皮質骨のみをリーミングします (Figure 1)。



Figure 1

適切なサイズのコレットをボンドエルハンドルにロックし、次に同じサイズのハーベスティングチューブをコレットにロックします (Figure 2)。最後に目盛付きプランジャーをハーベスティングチューブの先端から、プランジャーの太い部分がチューブの先端と同一面になるまで、挿入します (Figure 3)。または先にプランジャーをガイドピンに被せます。組み立てたボンドエルハーベスターをガイドピンあるいは、先にガイドピンを被せたプランジャーに被せ、軟骨下骨まで打ち込みます (Figure 4 & 5)。ボンドエルハーベスターを時計方向や反時計方向に数回回し、円柱形状のボンドエルを脛骨から切り離し、骨外に引き抜きます (Figure 6)。



Figure 2

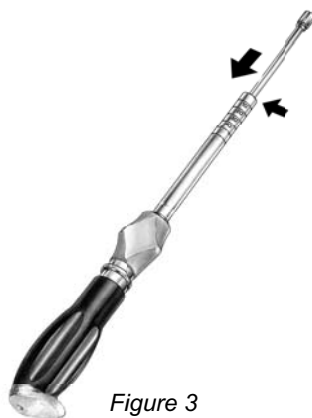


Figure 3

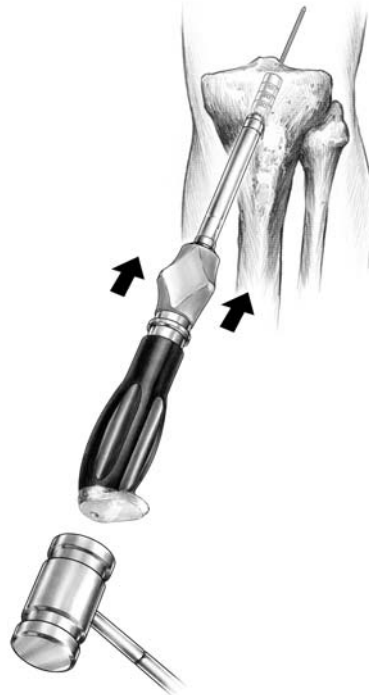


Figure 4

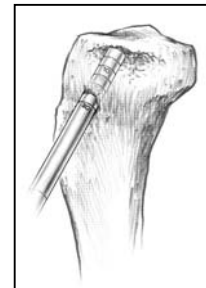


Figure 5

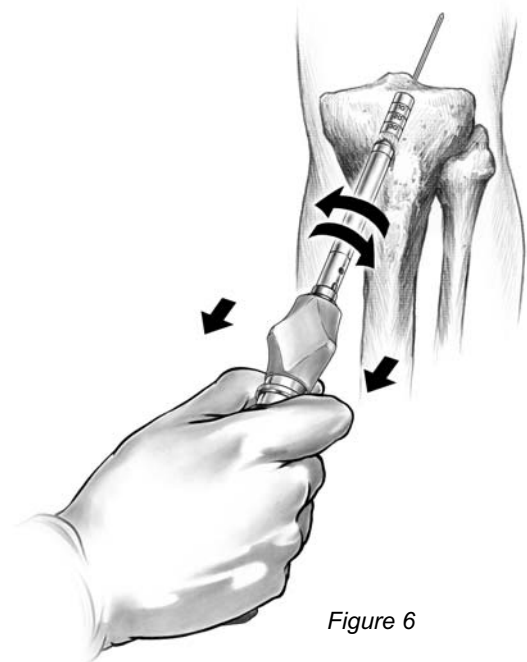


Figure 6

# Surgical Technique

コレットをハンドルから外します。プランジャーの目盛りを読み、脛骨トンネルのプラグとして十分な長さがあることを確認します（通常、25-35mm）（Figure 7）。同サイズのフェモラルリーマーを脛骨トンネルに挿入し、ガイドピンをそのフェモラルリーマー中空孔に通し、ノッチまで再挿入します（Figure 8）。このフェモラルリーマーを用いて、脛骨トンネルのドリリングを完成させます（Figure 9）。

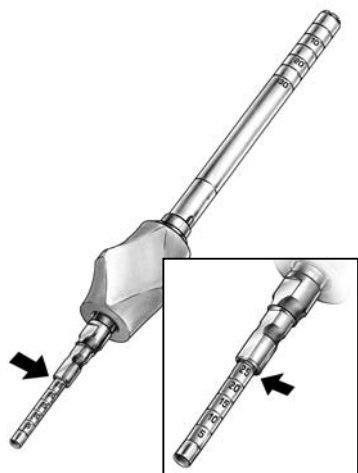


Figure 7



Figure 8



Figure 9

## 脛骨トンネルのダイレーション

WasherLoc™ デバイスで、軟部組織 ACL グラフトを脛骨に固定します。適切なダイレーターをハンドルに装着します（Figure 10）。ダイレーターの先端を、グラフト前方と脛骨トンネルの間に合わせます。ダイレーターを軽くたたき、ジョイントラインまで進めます（通常、25mm 程度）（Figure 11 & 12）。



Figure 10

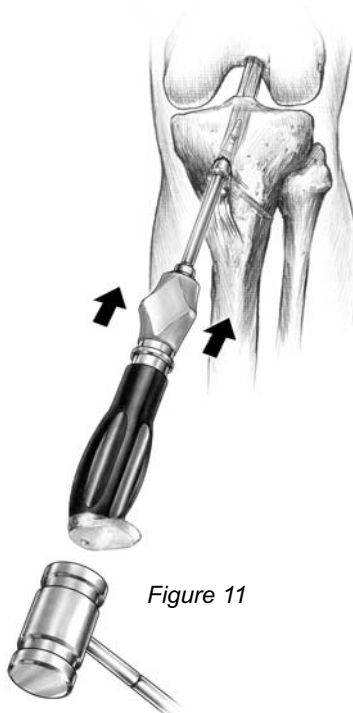


Figure 11

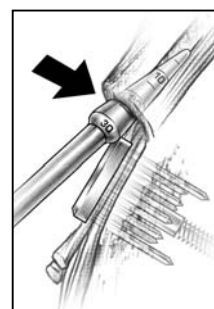


Figure 12

# Surgical Technique

## ボードエルの打ち込み

少量の骨屑をトンネルの拡大した開口部に入れます。ダイレーターを再度脛骨トンネルに挿入し、骨屑をジョイントラインまで打ち込みます。プラスチックのグラフト保護スリーブを取り付けます (Figure 13)。ハーベスティングチューブを脛骨トンネルの拡大した開口部に合わせます。マレットで、プランジャー後端がコレットと同一面になるまでたたき、円柱状のボードエルを脛骨トンネルに詰め込みます。再度、関節鏡を関節内に入れ、ボードエルが関節内に進入していないことを確認します。

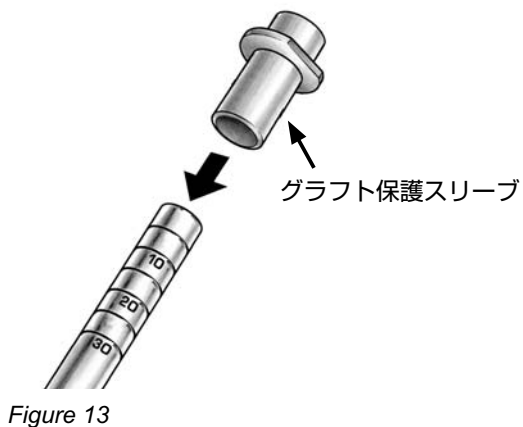


Figure 13

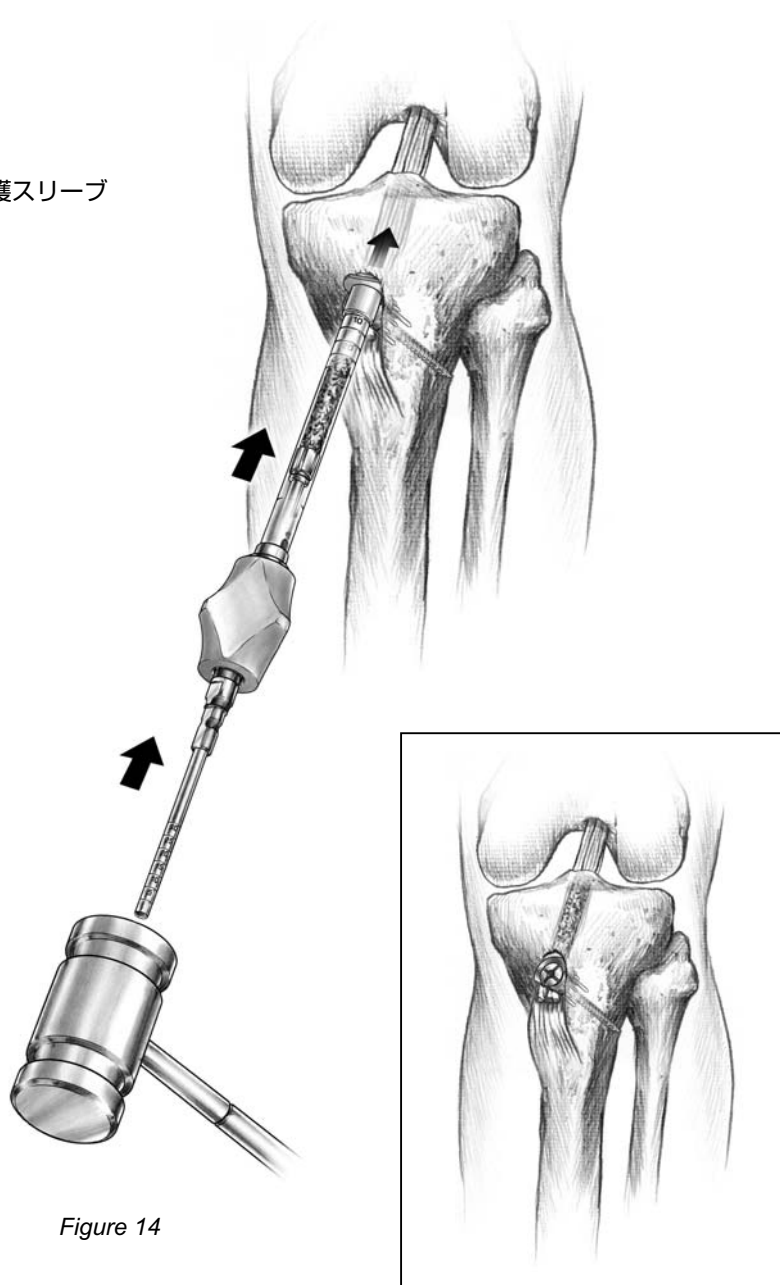


Figure 14

骨移植を追加した  
WasherLoc™ 手技の完成

# References

---

1. Amis, A. A.: The strength of artificial ligament anchorages. A comparative experimental study. *J Bone Joint Surg Br*, 70(3): 397–403, 1988.
2. Bailey, S. B.; Grover, D. M.; Howell, S. M.; and Hull, M. L.: Foam-reinforced elderly human tibia approximates young human tibia better than porcine tibia: A study of the structural properties of three soft-tissue fixation devices. *Am J Sports Med*, 2, In Press.
3. Chen, C. H.; Chen, W. J.; Shih, C. H.; Yang, C. Y.; Liu, S. J.; and Lin, P. Y.: Enveloping the tendon graft with periosteum to enhance tendon-bone healing in a bone tunnel: A biomechanical and histologic study in rabbits. *Arthroscopy*, 19(3): 290–6, 2003.
4. Clatworthy, M.; Buelow, J. U.; Pinczewski, L.; Howell, S. M.; Fowler, P.; and Amendola, A.: Tunnel widening in hamstring ACL reconstruction: A prospective clinical and radiographic evaluation of four different techniques. In *ISAKOS*. Edited, Montreux, Switzerland, 1999.
5. Clatworthy, M. G.; Annear, P.; Bulow, J. U.; and Bartlett, R. J.: Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation of hamstring and patella tendon grafts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 7(3): 138–45, 1999.
6. Corry, I. S.; Webb, J. M.; Clingeffer, A. J.; and Pinczewski, L. A.: Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament: A comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *Am J Sports Med*, 27: 444–454, 1999.
7. Feller, J. A.; Webster, K. E.; and Gavin, B.: Early post-operative morbidity following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstring graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 9(5): 260–6, 2001.
8. Giurea, M.; Zorilla, P.; Amis, A. A.; and Aichroth, P.: Comparative pull-out and cyclic-loading strength tests of anchorage of hamstring tendon grafts in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 27(5): 621–5, 1999.
9. Grassman, S. R.; McDonald, D. B.; Thornton, G. M.; Shrive, N. G.; and Frank, C. B.: Early healing processes of free tendon grafts within bone tunnels is bone-specific: a morphological study in a rabbit model. *Knee*, 9(1): 21–6, 2002.
10. Greis, P. E.; Burks, R. T.; Bachus, K.; and Luker, M. G.: The influence of tendon length and fit on the strength of a tendon-bone tunnel complex. A biomechanical and histologic study in the dog. *Am J Sports Med*, 29(4): 493–7, 2001.
11. Howell, S. M.: Compaction of an autogenous dowel of cancellous bone minimizes tunnel widening at 4 months. *Am J Sports Med*, Submitted.
12. Kyung, H. S.; Kim, S. Y.; Oh, C. W.; and Kim, S. J.: Tendon-to-bone tunnel healing in a rabbit model: the effect of periosteum augmentation at the tendon-to-bone interface. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 11(1): 9–15, 2003.
13. Magen, H. E.; Howell, S. M.; and Hull, M. L.: Structural properties of six tibial fixation methods for anterior cruciate ligament soft tissue grafts. *Am J Sports Med*, 27(1): 35–43, 1999.
14. Rodeo, S. A.; Suzuki, K.; Deng, X. H.; Wozney, J.; and Warren, R. F.: Use of recombinant human bone morphogenetic protein-2 in enhance tendon healing in a bone tunnel. *American Journal of Sports Medicine*, 27(4): 476–488, 1999.
15. Roos, P.; Howell, S. M.; and Hull, M. L.: Compaction of an autogenous dowel of cancellous bone improves strength and stiffness of tibial fixation. *Am J Sports Med*, Submitted.
16. Singhatat, W.; Lawhorn, K. W.; Howell, S. M.; and Hull, M. L.: How four weeks of implantation affect the strength and stiffness of a tendon graft in a bone tunnel: a study of two fixation devices in an extraarticular model in ovine. *Am J Sports Med*, 30(4): 506–13, 2002.
17. To, J. T.; Howell, S. M.; and Hull, M. L.: Contributions of femoral fixation methods to the stiffness of anterior cruciate ligament replacements at implantation. *Arthroscopy*, 15(4): 379–87, 1999.
18. Tomita, F.; Yasuda, K.; Mikami, S.; Sakai, T.; Yamazaki, S.; and Tohyama, H.: Comparisons of intraosseous graft healing between the doubled flexor tendon graft and the bone-patellar tendon-bone graft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 17(5): 461–76, 2001.
19. Wallace, M. P.; Howell, S. M.; and Hull, M. L.: In vivo tensile behavior of a four-bundle hamstring graft as a replacement for the anterior cruciate ligament. *J Orthop Res*, 15(4): 539–45, 1997.
20. Weiler, A.; Hoffmann, R. F.; Bail, H. J.; Rehm, O.; and Sudkamp, N. P.: Tendon healing in a bone tunnel. Part II: Histologic analysis after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Arthroscopy*, 18(2): 124–35, 2002.

# Ordering Information

Cat.No.	製品名	Cat.No.	製品名
900716	ボンドエルハンドル	900738	ボンドエル ハーベスティングチューブ 8mm *
900718	ボンドエル コレット 8mm	900739	ボンドエル ハーベスティングチューブ 9mm *
900719	ボンドエル コレット 9mm	900740	ボンドエル ハーベスティングチューブ 10mm *
900720	ボンドエル コレット 10mm	900743	ボンドエル ダイレーター 8mm
900723	ボンドエル ブランジャー 8mm	900744	ボンドエル ダイレーター 9mm
900724	ボンドエル ブランジャー 9mm	900745	ボンドエル ダイレーター 10mm
900725	ボンドエル ブランジャー 10mm	900710	ボンドエル 器械ケース

販売名：ボーンマルチ/ワッシャーロックインストルメント  
 \* ボーンマルチ/ワッシャーロックインストルメント 滅菌済み

**BIOMET®**

バイオメット・ジャパン株式会社

本社  
 〒105-0014

東京都港区芝1丁目5番9号 住友不動産芝ビル2号館8階  
 TEL 03-5730-1300(代) FAX 03-5730-1314

東京支店  
 〒105-0014

東京都港区芝1丁目6番10号 芝SIAビル6階  
 TEL 03-5730-1305(代) FAX 03-5730-1317

大阪営業所  
 〒532-0011

大阪市淀川区西中島7丁目4番17号 新大阪上野東洋ビル11階  
 TEL 06-6100-3960(代) FAX 06-6100-3270

仙台営業所  
 〒980-0011

仙台市青葉区上杉2丁目3番7号 K2小田急ビル7階  
 TEL 022-212-7331(代) FAX 022-212-7332

福岡営業所  
 〒812-0007

福岡市博多区東比恵3丁目4番2号 Z・S 福岡ビル5階  
 TEL 092-432-9370(代) FAX 092-432-9377

バイオメット・ジャパン ロジスティクスセンター  
 〒143-0006

東京都大田区平和島2丁目1番地1号  
 京浜トラクターミナル14号B棟5階

東日本お客様窓口  
 TEL 03-5730-1306 FAX 03-5730-1317

西日本お客様窓口  
 TEL 06-6100-3960 FAX 06-6100-3270

営業拠点：札幌、横浜、名古屋、岡山

<http://www.biomet.co.jp>