



Title	Research on Reducing Sawing Force in Oscillating Bone Saw
Author(s)	Wang, Han
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/98759
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (汪 涵)

Title

Research on Reducing Sawing Force in Oscillating Bone Saw
(ボーンソーによる骨切除時の切断力低減に関する研究)

Abstract of Thesis

Bone serves as a critical structural component of the human body, yet various orthopedic conditions, such as osteoarthritis, often require orthopedic surgical surgeries, including the use of artificial implants. The precision of bone cutting during these surgeries is crucial for the success and longevity of the implants. Oscillating bone sawing is a common bone cutting technique employed for its precision in confined spaces and minimal damage to surrounding soft tissues. However, challenges of excessive sawing forces pose significant risks and complications during surgery. This study focuses on the oscillating bone saw, combining orthogonal bone cutting and oscillating bone sawing experiments. Based on the material characteristics of bone and the processing features of oscillating sawing, the research explores the mechanism of bone chip formation and develops cutting models. By analyzing tooth tip trajectories and interrelations during oscillating sawing, relevant sawing mechanisms and sawing force models were proposed. Finally, a new oscillating saw mechanism was presented based on an in-depth study of the sawing mechanism to reduce cutting forces.

In Chapter 1, the importance of bone cutting techniques, particularly oscillating sawing, in orthopedic surgery was elucidated. The status and trends of bone sawing technology were outlined, and it was determined that excessive sawing force represents a bottleneck in the development of bone sawing technology. This study aims to propose a sawing force model and a novel sawing mechanism by investigating the causes of excessive sawing force during bone sawing processes, ultimately aiming to reduce sawing force.

In Chapter 2, the factors affecting sawing force in terms of oscillating saws and bone materials were analyzed, including the blade edge shape, tooth shape, and tip trajectory, as well as the ductile behavior of bone. These factors can lead to chip clogging, the impact force between the blade and the workpiece, and the ploughing force due to negative rake angle, which can lead to excessive sawing force.

In Chapter 3, both oscillating sawing and orthogonal cutting experiments were conducted to analyze the bone sawing process. The observations and data collected on clogging phenomena, chip evacuation efficiency with different blade shapes, the impact force generated during oscillating sawing, and the proposed chip formation mechanism inform the development of the sawing force model in the next chapter.

In Chapter 4, to deeper understanding of the sawing process and guidance the design new blade shape and oscillating sawing mechanism, a novel mechanistic model of the oscillating bone sawing process was proposed for predicting the sawing forces, which including the component of impact force and ploughing force and considering the influence of the varied cutting speeds and elastic deformation on sawing force. The model was calibrated and validated through orthogonal cutting and oscillating sawing. The predicted results agree with the experimental results and show how tooth rake angle and blade edge shape affect cutting force. As a result, the model can be used to predict sawing force for medical training simulation or robotic-assisted surgery and optimize the saw blade shape or blade movement to reduce sawing force.

In Chapter 5, an innovative oscillating sawing mechanism was proposed to effectively inhibit the generation and accumulation of impact forces, avoid negative rake angle contact with the workpiece. Oscillating sawing experiments under various cutting conditions demonstrated that the proposed mechanism significantly reduces cutting forces and prevents defects due to crack propagation of the bone and saw teeth damage. The proposed design offers an effective mechanism to achieve small and stable sawing forces in bone sawing surgery, and it inspires tailored oscillating saw techniques for specific machining needs, such as thin deep groove cutting.

In Chapter 6, the results of this study were summarized, and prospects were discussed.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 （ 注 涵 ）			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	榎本 俊之
	副 査	教 授	井野 秀一
	副 査	教 授	東森 充

論文審査の結果の要旨

本論文は、整形外科手術において多用されるボーンソーによる骨切断時に発生する力がもたらす術中リスクや術後合併症を抑制することを目的に、骨切除メカニズムの解明や骨切断力モデルの提案、および切断力を低減する方法について述べられたものである。

第1章「緒論」では、整形外科手術における骨切断術、特に振動型ボーンソーによる切断術の現状についてまとめられ、術中リスクや術後合併症を抑制するためには切断力の低減が重要であることが明らかにされている。

第2章「ボーンソーにおける切断力に影響を及ぼす要因」では、過度な切断力を発生させる主な要因として、工具であるソーブレード先端に多数ある歯、つまり切れ刃のすくい角が負であることによる押しならし力の発生、工作物である骨に歯が強く衝突する衝撃力の発生、およびソーブレード歯間への骨切りくずの詰まりによる切れ味の低下が挙げられることが明らかにされている。さらに、それら要因に対して、ソーブレードの刃先形状、各歯の形状、各歯の運動軌跡、および骨の延性-脆性特性が影響を及ぼす仕様として挙げられることが明らかにされている。

第3章「ボーンソーにおける切断力の実験的検討」では、骨に対する振動型ソー切断実験と単刃による二次元切削実験を実施し、そこで得られた切りくず生成画像および発生力データの解析を通じ、第2章で明らかにされた切断力に影響を及ぼす各要因に着目した骨切除メカニズムが明らかにされている。

第4章「ボーンソーにおける切断力のモデル化」では、第3章で明らかにされた骨切除メカニズムにもとづき、切断力モデルが提案されている。そしてモデルによる推定結果は振動型ソー切断実験と二次元切削実験の結果とよく一致し、従来の諸研究で提案された切断力モデルに対し、新たに提案したモデルの優位性および有効性が明らかにされている。

第5章「切断力を低減できる新たなボーンソー機構」では、第4章で提案された切断力モデルにもとづき、切断力を低減できる、具体的には切れ刃による押しならし力および衝撃力の発生、さらにはソーブレード歯間への切りくず詰まりを抑制できるボーンソー機構を提案、開発し、骨の切断実験において切断力を大幅に低減できることが示されている。そして切断力の低減により、ソーブレードの各歯の損傷も抑制され、骨についてもき裂損傷のない切断面が得られることが明らかにされている。

第6章「結論」では、本研究で得られた成果がまとめられているとともに、今後の展望が述べられている。

以上のように、本論文では、骨切断時の術中リスクや術後合併症を引き起こす切断力の発生要因が明らかにされ、骨切断力モデルが提案されるとともに、切断力の低減を可能とするボーンソーブレードや装置の開発がなされている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。