©NSCA JAPAN
Volume 26, Number 2, pages 35-45

Key Words【傷害予防：injury prevention、男性アスリート：male athlete、チームスポーツ：team sports、技術：technology】

チームスポーツにおける膝蓋腱障害：予防的エクササイズ

Patellar Tendinopathy in Team Sports: Preventive Exercises

Javier Peña, [1] Ph.D., CSCS　**Daniel Moreno-Doutres,** [2] Ph.D., CSCS　**Xantal Borrás,** [1] Ph.D.
Albert Altarriba, [1] Ph.D.　**Ernest Baiget,** [1] Ph.D.　**Antoni Caparrós,** [1] Ph.D.
Bernat Buscá, [3] Ph.D.
[1]Sport Performance Analysis Research Group, University of Vic—Central University of Catalonia, Barcelona, Spain
[2]Club Joventut Badalona, Barcelona, Spain
[3]FPCEE Blanquerna, Ramon Llull University, Barcelona, Spain

要約

膝蓋腱障害は、一般的には「ジャンパー膝」として知られ、膝蓋骨の下部に痛みを引き起こすオーバーユース障害である。この障害はチームスポーツにおいて頻発し、男性アスリートにより大きな影響を及ぼす。子どもや思春期の青年にも増加しているこの障害は、複数の解剖学的な内的因子、およびいくつかの外的因子が発症のカギになっていると考えられる。そこで本稿では、コーチおよび専門職向けに、バレーボール、バスケットボール、サッカー、アメリカンフットボール、およびハンドボールなどの競技において、練習に組み込み、この深刻な腱の傷害を予防する効果が期待できるエクササイズをいくつか紹介する。

序論

膝蓋腱障害（Patellar tendinopathy）は、膝のお皿（膝蓋骨）と脛骨をつなぐ膝蓋腱に発生する膝の障害である。一般的には「ジャンパー膝」の名称で知られ（4）、主な原因のひとつは、激しいジャンプ動作によって過度の機能的負荷が加わることと広く考えられている（14,68）。これまでに多くの先行研究がこの障害を定義付けて発症の各段階を分類し（61）、さらには、競技練習の現場でこの障害を予防および治療する方法を提示することを試みている（3,7）。膝蓋腱障害の適切な診断を困難にしている主な要素のひとつとして、滑液包炎や半月板の傷害、軟骨軟化症、膝蓋大腿症候群など、他の膝の傷害と症状が類似しているということがあり（15）、それが適切な予防と治療のアプローチを一層困難にしている。

膝蓋腱障害は、男性アスリートのほうが発生率が高い（11,34,68）。バレーボールおよびバスケットボールに参加している成人男性では、膝蓋腱障害の罹患率が女性の2倍に上る（14,34）。この罹患率の高さには、競技特異的な膝伸展機構の負荷特性のほか、より体重が重く、身長が高いことが、付加的な内的および外的因子として作用している（69）。また、男性に発生しやすい傾向は、高校生年齢においても観察することができ（65）、オーバーユース障害と反復性外傷は、子どものスポーツ関連傷害の約50％を占めている（58）。

傷害予防の適切な機序を知ることは、傷害の原因を理解することと同じくらい重要である。先行研究では、様々なエクササイズを使用する傷害予防策がいくつか提案されている。その結果、短縮性（5）、伸張性（23,33,45）、フライホイールを用いたレジスタンス（44,53）、全身振動（WBV）（39,54）、および筋電気刺激（EMS）（37,40）の各トレーニングが腱の構造を改善し、下肢の筋力レベルを向上させる効果を有することが明らかになっている。さらに

は、これらのエクササイズをひとつのトレーニングプログラムに組み込むことで、トレーニングに対する有益な腱の適応を引き起こし、同時に膝のオーバーユース障害を予防する潜在的効果が期待できる。そこで本稿では、コーチおよび専門職向けに、レクリエーションおよびプロレベルのアスリートに重大な機能の低下と障害をもたらす膝蓋腱障害の予防を目的とした、一連の特異的かつ実践的なエクササイズを紹介する。

チームスポーツにおける発生率

スポーツおよびエクササイズ関連の腱障害については、これまでにいくつかの研究が発生率を調査している(17,20,36,69)。しかし、症例の定義に一貫性がなく、競技に参加できない期間を基にした不適切な傷害記録方法を用いているため、それらの結果を比較し、解釈することは困難である。また、ほとんどの研究は、エリートアスリートや単一競技の参加者など、特定の集団を対象にしている(55)。全般的に、腱の傷害の発生件数と発生率は、過去数十年間で有意に増加している。そして、過負荷を原因とする腱の傷害は、スポーツ関連傷害全体の30～50%を占めると推測されている(22,32,38)。

Hägglundら(17)は欧州にある51のエリートサッカークラブ(選手数2,229名)を2001～2009年にかけて追跡し、膝蓋腱障害の発生率は1,000時間当たり0.12件であったと報告している。また、欧州サッカー連盟(UEFA)を対象にした別の傷害研究で、Ekstrandら(12)は、2001～2002年および2008～2009年シーズンにおける発生率が同様であったことを明らかにしている。

膝蓋腱障害は、多くのアスリートのキャリアに大きな影響を及ぼす可能性があり、場合によっては、選手生命が早期に断たれる原因にもなる(25)。膝蓋腱のオーバーユース障害は、例えばジャンプ(バレーボール、バスケットボール、およびハンドボール)、キック(サッカーおよびアメリカンフットボール)、急な方向転換(COD)を伴う素早い停止とスタート、ランニング、およびウエイトリフティングなど、ある種の反復動作を実施するアスリートに関連づけられることが多い(4,14,26,41,43,52,67)。それらのうち、サッカーとアメリカンフットボールの場合は、ボールを蹴る動作によって膝伸展機構に長期的に繰り返しストレスが加わり、それがこの膝蓋腱のオーバーユース障害に繋がっている(24,34)。

様々なチームスポーツにおけるジャンパー膝の罹患率は、ほとんど明らかになっていない。しかし、いくつか存在するその種の研究では、エリートレベルのバレーボール選手における罹患率は40～50%(14,34)、また、エリートバスケットボール選手では32%と報告されている(34)。また、Martensら(41)は、調査対象とした膝蓋腱障害の患者のうち、2/3がバレーボールとサッカーの参加者であったことを明らかにしている。さらに別の研究では、Turku Outpatient Sports Clinicを受診したアスリート2,800名のうち、男性約700名、女性190名が膝の傷害を負っており、また、膝蓋腱障害は腱障害の中で最も発生率が高く、症例全体の20.8%を占めていた(30)。チームスポーツの中で特に高い発生率を記録したのは、サッカー(21%)、バレーボール(12%)、およびアイスホッケー(7%)であった。

その他、レクリエーションスポーツとして特に人気が高く、また、ほぼすべての競技のトレーニングに欠かせない要素であるランニングを分析した研究も行なわれている。それらを総合すると、ランニング関連の傷害の年間発生率は24～65%となっている(18,30,60)。さらに、ランニング関連の傷害の約50～75%は、同じ動作を反復することによるオーバーユース障害であり、なかでも傷害が最も多発している部位は、膝周辺の腱とアキレス腱である(31)。

ここまでに取り上げた研究から認識されるとおり、チームスポーツにおける膝蓋腱障害の発生率は明らかに重大であり、この理由から、チームスポーツにはエクササイズを用いた適切な予防的アプローチが必要である。

予防エクササイズの定義と役割

膝蓋腱障害は、身体活動に関連して膝前面痛を引き起こす膝蓋腱の障害である(59)。近年の組織病理学および生化学的エビデンスは、腱障害の背景にある病変は腱の炎症ではなく、腱の変性であることを示唆している(2)。それでも、腱障害の原因は依然として不明であり、ひとつの症候群とみなされている(48,49)。現在のところ、膝蓋腱障害は、膝伸展機構のオーバーユースによって引き起こされる慢性障害であり、多くの場合、長期的、反復的かつ両側性の自然経過をたどるものとして扱われている(21,61)。慢性の腱障害におけるオーバーユースは、腱の線維束と線維に4～8%のひずみが繰り返し加えられることによって生じる。そのような条件下に置かれた腱は、それ以上の張力に耐えられず、結果として障害が発生する(24)。

この10年間で、膝蓋腱障害の原因因子に関する情報が大幅に増加してい

る。先行研究において、膝蓋腱障害の発症に影響を及ぼすことが明らかになったのは、靭帯の弛緩性、筋の柔軟性不足、Q角、膝蓋骨の高さ(高い)、圧痛、および力の発揮パターンといった複数の内的因子、ならびにトレーニング頻度、パフォーマンスレベル、地面の硬さ、および週当たりのジャンプ回数などの外的因子である(57,66)。また一部の研究は、体重、ウェイトトレーニング、ジャンプ動作、および全体的な負荷が増加すると、膝蓋腱障害を明らかに発症しやすくなることを指摘している(34,68)。16～18歳の若年バレーボール選手を対象とした研究は、シニアレベルに近づくにつれてトレーニング量が増加することが、ジャンパー膝の重大な危険因子のひとつであるとの説を提示している(62)。現時点で明らかなことは、トレーニング負荷を与えられた状態において、いくつかの素因がこの障害の発症に重大な役割を果たすことである(34,50)。

さらには、性別も膝蓋腱障害の発症に関連する因子である。男性に発症しやすい理由を説明する明確なエビデンスは存在しないが、いくつかの考えられる説明として、女性に比べて体重が重く、筋量が多く、足関節の背屈量が大きく、着地時の体幹トルクの速度が速く、また、より高くジャンプする能力を有し(一部研究者はこれを「ジャンパー膝のパラドックス」と呼ぶ)、それらが腱により大きな負荷をかけていることが挙げられる(21,34,59,63)。疫学的研究において、男性バレーボール選手が膝蓋腱障害を発症する確率は、女性バレーボール選手の3～4倍に上ることが明らかになっている(62)。これに対し、例えば前十字靭帯(ACL)の損傷など、その他の膝に関連した障害は、女性のほうが発症率が高い(9)。

エクササイズがジャンパー膝の予防に果たす役割については、先行研究で広く証明されている。ヒトの腱は、エクササイズに対していくつかの適応を示しており、その例として、代謝活動の増加(6)、コラーゲン合成の増加(46)、腱肥大(10,56)、コンプライアンス(伸展性)またはスティフネスの増加(2)、および腱の力学的特性の向上(5,56)が挙げられる。近年の研究では、60分間の一時的運動を1回実施しただけで、ヒトの腱におけるコラーゲン合成が100%近く増加し、合成への刺激は運動から3日後も持続していた(42)。また別の研究は、10分間(腱の適応に必要な最短時間)のエクササイズに6時間の回復を組み合わせることで、コラーゲン合成が促進されるとの説を提示している(47)。同研究では、工学的に作製された靭帯においても、細胞外シグナル調節キナーゼ1および2によるリン酸化を用いて間欠的な伸張を最適化した結果、コラーゲン合成が増加することが観察されている(47)。この結果は、ヒトの腱が機械応答性を有することを裏付けており、したがって、その適応パターンをエクササイズによって向上させうることを示している。なお、この分野においては、最も重要性の高いペプチドホルモンのひとつで、全コラーゲン合成、細胞増殖、および基質の再構築に関与するインスリン様成長因子-1(IGF-1)の増加が、負荷によって引き起こされるアップレギュレーションの過程に関与していることが、生体内外の両プロセスで確認されている(64)。さらには、メカノトランスダクションも腱の適応には重要なプロセスである。メカノトランスダクションは、以下の3つの段階からなる。(a)メカノカップリング:剪断力や圧縮力によって、直接または間接的に細胞の物理的摂動が生じること。(b)細胞間情報伝達:ひとつの細胞の刺激が、機械的刺激を受けなかった別の細胞へ伝わること。(c)エフェクター細胞応答:機械的負荷によって生じる細胞レベルでのタンパク質合成刺激。これは、細胞内と細胞外の領域を繋ぐタンパク質のインテグリンが活性化して、細胞の完全性を維持し、機械的負荷を分散させる細胞骨格に関与することで起こる(27)。また、外的負荷はオートクリンとパラクリンのアップレギュレーションを誘発し、局所におけるIGF-1と結合タンパクの濃度を上昇させ、いずれも腱の治癒における重要なプロセスである細胞増殖と基質の再構築をもたらす(1,13,28)。加えて形態学的には、横断面積(CSA)が大きい腱ほど、一定の負荷から受ける機械的ストレスが小さく、膝蓋腱障害を発症しにくい(8)。とはいえ、高負荷のレジスタンストレーニングに対する腱の反応は均一ではないとみられ、近位部と遠位部における効果がより大きく、中間部には変化が生じない(29,49)。

これまで、様々な性質のエクササイズが、腱の傷害の予防や治療効果に対して検証されている。その中で、伸張性トレーニングは、腱障害の予防トレーニングとして効果が期待できる(3,23,27,35,45)。その理由として、腱や靭帯は骨格筋ほど酸素を必要としないため、動作の伸張局面では短縮局面に比べて酸素消費量が少ないこと(35)、また、Ⅰ型コラーゲンの合成が増加し、腱線維の配列が改善することにより腱厚が変化することが挙げられる(2,33,45)。しかし、近年の研究において、腱は様々な負荷状態、筋活動のタイプ、および動作速度に反応することが明らかになっている。これらの多様な種類のトレーニングを低速で実施す

ると、腱のコンプライアンス(伸展性)を高めて、腱線維の架橋結合を減少させる効果が得られる(2,5)。また、高負荷の使用は、12週間を超える長期プログラムでのみ効果を発揮するとみられる(5)。この高負荷トレーニングに低速を組み合わせたものは、腱障害の重要な予防策となりうる。その他、フライホイールを用いたレジスタンストレーニングも、腱の傷害の予防と治療効果の検証において良好な結果を示しており、先行研究では、下肢の筋力が向上したり、膝蓋腱障害の治療にこの技術を用いた患者の疼痛知覚が低下したりしている(16,53)。また、フライホイールを用いたレジスタンストレーニングは、伝統的なレジスタンストレーニングに比べて、筋活動を引き起こす効果が高い可能性のあることが明らかになっている(44)。このような効果の増大は、この技術の使用に伴う等慣性の負荷特性(あらゆる角度において、一定の負荷と、最大限の筋への要求が維持される)によるものと考えられ、結果として、より大きな筋肥大効果がもたらされる。その他、WBVも腱の傷害予防に良好な結果を示している。近年の研究において、振動トレーニングは、腱の近位部および平均のCSAを増加させ、ヒトに腱肥大をもたらす可能性を示しており(51)、この効果は、腱付着部に疼痛を生じていて、伸張性トレーニングには反応しなかった患者においても観察されている(19)。なお、先行研究では、膝蓋腱に疼痛を生じているバレーボール選手において、着地時における体幹、膝関節、および足関節の屈曲角速度に変化が生じていることが明らかになっている(21)。このことから、ジャンプまたはCODという、主に重力の影響と、関節および腱に加わる張力とを増大させる動作の実施回数が多い競技では、その技術要素において、より質の高い着地と停止テクニックの実施が要求される可能性が考えられる。

予防的エクササイズの例

先に述べたように、膝蓋腱障害のような傷害をエクササイズを通じて予防することは、複数の要素からなる取り組みである。先行研究では、様々なタイプの筋活動、負荷、機器、およびトレーニングを使用して、満足かつ期待できる結果が得られているため、これら手法のいくつかを組み合わせると、より効果的で完全な予防的アプローチになる可能性がある。傷害の発生には、それなりに多くの要素が関与していると考えた場合、その予防策には、アスリートが利用できる、より多くの手法を取り入れるのが理にかなっている。

上記の要件を満たし、膝蓋腱障害の予防に取り組むコーチや専門職に役立つ可能性のあるものとして、一連のエクササイズを以下に示す。これらのエクササイズは、加重した短縮性および伸張性動作、サスペンショントレーニング器具、30°の傾斜板、レジスタンストレーニング機器のフライホイール、WBVプラットフォーム、およびEMSを用いたもので構成される**(写真1～10)**。

コーチや専門職は、各エクササイズの説明**(表1)**に注目することで、この提案に対する理解を深めることができる。

また、**表2**にエクササイズのピリオダイゼーション例を示した。提案したエクササイズは、トレーニングシーズンのすべての時期に役立つと思われるが、関連性の高さは各期によって異なる。

ピリオダイゼーション例では、オフシーズンとプレシーズンにそれぞれ5種類の異なるエクササイズを処方している。そして試合期には、エクササイズを8種類に増やしている。ここで増やす主な理由は、忙しい試合期ほど、アスリートが腱周辺の痛みを訴えることが増える傾向にあり、試合期には傷害予防により大きな注意を払わなくてはならないためである。試合期の痛みを回避することは、競技パフォーマンスの成否を左右する重要な要素と考えられる。

写真1　可動域全体で行なうスクワット:両足を床面(足関節の可動性が低い場合は傾斜板)にぴったりとつける。各動作局面はなるべく3秒で実施する。

写真２　エキセントリックハムストリングスカール：
(A)開始、(B)中間、(C)最終姿勢。両脚を屈曲させた状態から、片脚を左右交互にゆっくりと伸展させる。

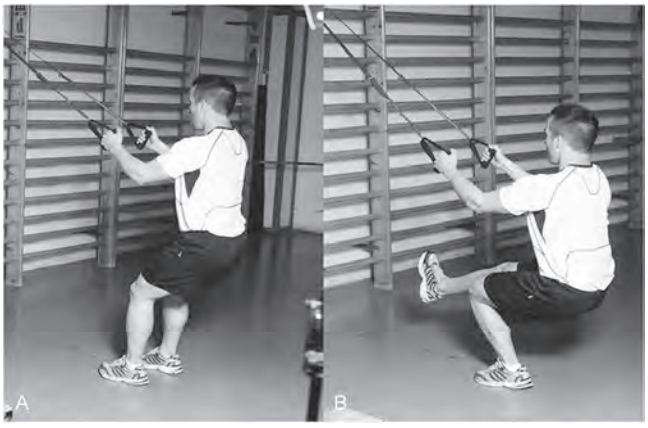

写真３　サスペンショントレーニング器具を用いたエキセントリックピストルスクワット：膝関節が90°に屈曲するまで下降する。

写真４　不安定なサーフェス上で行なうパラレルスクワット：動作中は常に両足をサーフェス上にぴったりとつける。各動作局面はなるべく３秒で実施する。膝関節が90°に屈曲するまで下降する。

写真５　スタビリティボールを用いたアンクルエクステンション：足関節を最大限に底屈させる。各動作局面はなるべく３秒で実施する。

写真６　バーベルブルガリアンスクワット：前脚と後ろ脚の距離を調節して適切な背中の姿勢をとり、適切に後ろ脚を下降させられるようにする。

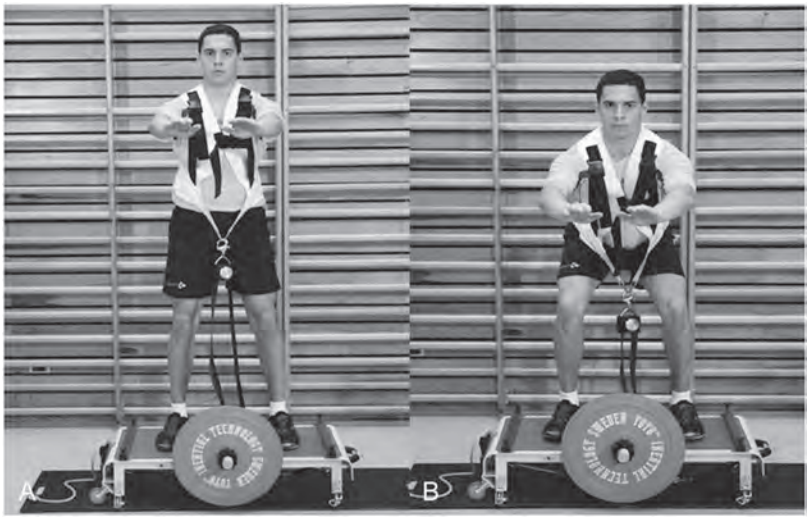

写真7　フライホイールパラレルスクワット：動作中は常に両足をプラットフォーム上にぴったりとつける。膝関節が90°に屈曲するまで下降する。

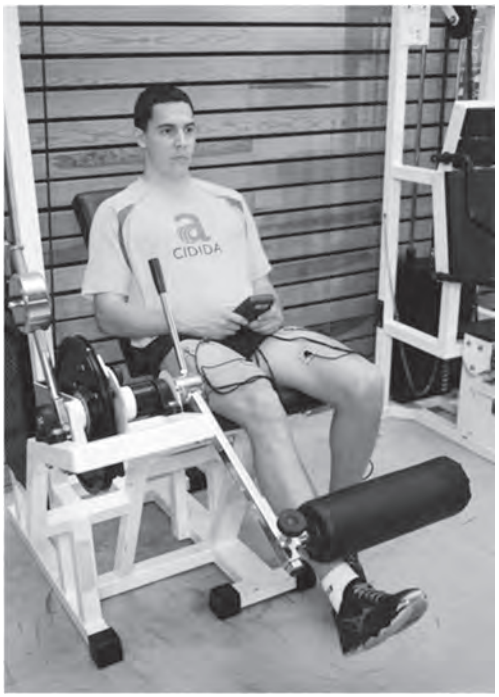

写真8　筋への電気刺激を用いたレッグエクステンション：大腿四頭筋群の大腿直筋、内側広筋、および外側広筋の部分に電極をつける。

写真9　エキセントリックオルタネイティブレッグプレス：(A)開始、(B)中間、(C)最終姿勢。伸張性筋活動によって、片脚を左右交互に、ゆっくりと90°に屈曲させる。各動作局面はなるべく3秒で実施する。

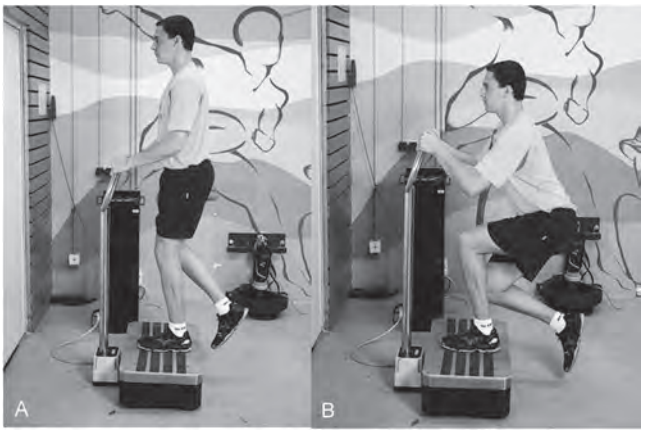

写真10　振動プレート上で行なう1レッグオルタネイティブ90°スクワット：動作中は常に足をプラットフォーム上にぴったりとつける。膝関節が90°に屈曲するまで下降する。各動作局面はなるべく3秒で実施する。

表1　チームスポーツにおける膝蓋腱障害を予防するためのエクササイズ		
番号	エクササイズ名	説明
1	可動域全体で行なうスクワット	可動域全体で行なうディープスクワット。より深くスクワットするために、ウエイトリフティングシューズ、プレート、傾斜板を使用してもよい。各動作局面はなるべく3秒で実施する。
2	エキセントリックハムストリングスカール	両脚を完全屈曲させた状態から、片脚をゆっくりと伸展させる。左右交互に実施。
3	サスペンショントレーニング器具を用いたエキセントリックピストルスクワット	片脚でゆっくりと下降し、90°まで屈曲。両腕の力を借りて開始姿勢に戻る。左右交互に実施。
4	不安定なサーフェス上で行なうパラレルスクワット	BOSU上に立ち、加重して両脚で行なうパラレル（90°）スクワット。各動作局面はなるべく3秒で実施する。
5	スタビリティボールを用いたアンクルエクステンション	壁との間にスタビリティボールを挟み、腹壁の安定性を高めて行なう両脚カーフレイズ。各動作局面はなるべく3秒で実施する。
6	バーベルブルガリアンスクワット	バーベルを使用し、後ろ脚を挙上して片脚で行なうスクワット。左右交互に実施。前脚の大腿が床面と平行になる前に動作を終える。各動作局面はなるべく3秒で実施する。
7	フライホイールパラレルスクワット	レジスタンストレーニング機器のフライホイールが生み出す慣性を抵抗に用いて、両脚で行なうパラレルスクワット。
8	筋への電気刺激を用いたレッグエクステンション	電気刺激に合わせ、大腿四頭筋を随意収縮させて片脚を屈曲、伸展させる。ウォームアップやストレッチングは行なわず、刺激間隔は短く、刺激強度は最小限とする。筋肥大と最大筋力向上プログラムを交互に実施。大腿四頭筋群の大腿直筋、内側広筋、および外側広筋の部分に電極をつける。
9	エキセントリックオルタネイティブレッグプレス	両脚を90°屈曲させた状態から、ゆっくりと短縮性筋活動によってほぼ完全伸展させ、そこから片脚をゆっくりと伸張性筋活動によって再び屈曲させる。左右交互に実施。各動作局面はなるべく3秒で実施する。
10	振動プレート上で行なう1レッグオルタネイティブ90°スクワット	全身振動刺激機器を使用して、片脚をゆっくりと下降させる。機器の周波数は35 Hz、振幅は低く設定する。左右交互に実施。各動作局面はなるべく3秒で実施する。

表2　各シーズンのピリオダイゼーションと使用負荷の例								
シーズン								
オフシーズン			プレシーズン			試合期		
エクササイズ（番号）	負荷	週当たりの頻度	エクササイズ（番号）	負荷	週当たりの頻度	エクササイズ（番号）	負荷	週当たりの頻度
2	レップ数：左右各8～12 セット数：3 休息時間：2～3分 強度：伸張性局面は高負荷、低速	2	1	レップ数：10～15 セット数：3 休息時間：1～2分 強度：低～中負荷、低速	2	1	レップ数：10 セット数：2～3 休息時間：1～2分 強度：低～中負荷、低速	2
5	レップ数：10～15 セット数：3 休息時間：1分 強度：自重、低速	2	2	レップ数：8～12 セット数：3 休息時間：2～3分 強度：伸張性局面は高負荷、低速	1	2	レップ数：左右各8 セット数：3 休息時間：2～3分 強度：伸張性局面は高負荷、低速	1

表2　各シーズンのピリオダイゼーションと使用負荷の例（つづき）

シーズン								
オフシーズン			プレシーズン			試合期		
エクササイズ（番号）	負荷	週当たりの頻度	エクササイズ（番号）	負荷	週当たりの頻度	エクササイズ（番号）	負荷	週当たりの頻度
6	レップ数：10～15 セット数：3 休息時間：1～2分 強度：自重、低速	4	3	レップ数：10～15 セット数：3～4 休息時間：1分 強度：自重、低速	2	3	レップ数：10 セット数：3 休息時間：1分 強度：自重、低速	1
7	レップ数：8 セット数：3 休息時間：2～3分 強度：中～高負荷、低～中速	1	4	レップ数：10～15 セット数：3～4 休息時間：2～3分 強度：低負荷、低速	1	4	レップ数：10 セット数：3 休息時間：2～3分 強度：低負荷、低速	1
9	レップ数：左右各6～8 セット数：4 休息時間：2～3分 強度：中～高負荷、低～中速	1	5	レップ数：10～15 セット数：3 休息時間：1分 強度：自重、低速	2	5	レップ数：10～15 セット数：3 休息時間：1分 強度：自重、低速	1
						7	レップ数：6 セット数：3 休息時間：2～3分 強度：中～高負荷、低～中速	1
						8	レップ数：左右各6～8 セット数：3 休息時間：2～3分 強度：中～高負荷、低～中速	1
						10	セット時間：30秒 セット数：3 休息時間：2分 強度：35 Hz、自重、低速	2

結論

膝蓋腱障害は、チームスポーツに広くみられる障害であり、また、再発率が高く、発症すると治癒するまでに時間がかかるため、治療のアプローチが困難であることを先行研究は示唆している。したがって、膝蓋腱障害の発症を予防することが、アスリートの健康を維持する上で非常に重要であると考えられ、またこれまでに、様々な性質のエクササイズが予防に大きな効果を発揮することが明らかになっている。ハイレベルな競技において、トレーニングと試合の量を減らすことには議論の余地があるため、本稿で提案したエクササイズは、健康であるが内的な危険因子を有するアスリートや、膝蓋腱障害を起こしやすい競技に参加していて、発症を避けたいアスリートにとって、優れた選択肢となる。なお、傷害からの回復とリハビリテーションは、本稿の趣旨から外れるが、ここで提案したエクササイズの多くは、個々の症例に合わせて負荷や強度の処方を適切に

修正すれば、膝蓋腱障害からの回復途上にあるアスリートにも効果をもたらす可能性がある。◆

References

1. Adams GR. Invited review: Autocrine/paracrine IGF-I and skeletal muscle adaptation. *J Appl Physiol* 93: 1159–1167, 2002.
2. Baar K. Training and nutrition to prevent soft tissue injuries and accelerate return to play. *SSE* 142: 1–6, 2015.
3. Bahr R, Fossan B, Løken S, Engebretsen L. Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (Jumper's Knee). A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 88: 1689–1698, 2006.
4. Blazina ME, Kerlan RK, Jobe FW, Carter VS, Carlson GJ. Jumper's knee. *Orthop Clin North Am* 4: 665–678, 1973.
5. Bohm S, Mersmann F, Arampatzis A. Human tendon adaptation in response to mechanical loading: A systematic review and meta-analysis of exercise intervention studies on healthy adults. *Sports Med Open* 1: 7, 2015.
6. Bojsen-Møller J, Kalliokoski KK, Seppänen M, Kjaer M, Magnusson SP. Low-intensity tensile loading increases intratendinous glucose uptake in the Achilles tendon. *J Appl Physiol* 101: 196–201, 2006.
7. Colosimo AJ, Bassett FH. Jumper's knee. Diagnosis and treatment. *Orthop Rev* 19: 139–149, 1990.
8. Couppé C, Kongsgaard M, Aagaard P, Vinther A, Boesen M, Kjaer M, Magnusson SP. Differences in tendon properties in elite badminton players with or without patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports* 23: 89–95, 2013.
9. de Loës M, Dahlstedt LJ, Thome[Combining Acute Accent]e R. A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scand J Med Sci Sports* 10: 90–97, 2000.
10. Dideriksen K, Sindby AK, Krogsgaard M, Schjerling P, Holm L, Langberg H. Effect of acute exercise on patella tendon protein synthesis and gene expression. *Springerplus* 2: 109, 2013.
11. Drakos MC, Domb B, Starkey C, Callahan L, Allen AA. Injury in the national basketball association: A 17-year overview. *Sports Health* 2: 284–290, 2010.
12. Ekstrand J, Hägglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *Br J Sports Med* 45: 553–558, 2011.
13. Eliakim A, Brasel A, Cooper DM. Exercise and the growth hormone-insulin-like growth factor-1 axis. In: Warren MP, Constantini NW, eds. *Contemporary Endocrinology: Sports Endocrinology*. Totowa, NJ: Humana Press Inc., 2000. pp. 77–95.
14. Ferretti A. Epidemiology of Jumper's knee. *Sports Med* 3: 289–295, 1986.
15. Fredberg U, Bolvig L. Jumper's knee. Review of the literature. *Scand J Med Sci Sports* 9: 66–73, 1999.
16. Gual G, Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodríguez D, Tesch PA. Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy. *J Strength Cond Res* 30: 1834–1842, 2016.
17. Hägglund M, Zwerver J, Ekstrand J. Epidemiology of patellar tendinopathy in elite male soccer players. *Am J Sports Med* 39: 1906–1911, 2011.
18. Hoeberigs JH. Factors related to the incidence of running injuries. A review. *Sports Med* 13: 408–422, 1992.
19. Horstmann T, Jud HM, Fröhlich V, Mündermann A, Grau S. Whole-body vibration versus eccentric training or a wait-and-see approach for chronic Achilles tendinopathy: A randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 43: 794–803, 2013.
20. Hume PA, Reid D, Edwards T. Epicondylar injury in sport: Epidemiology, type, mechanisms, assessment, management and prevention. *Sports Med* 36: 151–170, 2006.
21. Janssen I, Steele JR, Munro BJ, Brown NAT. Predicting the patellar tendon force generated when landing from a jump. *Med Sci Sports Exerc* 45: 927–934, 2013.
22. Jarvinen M. Epidemiology of tendon injuries in sports. *Clin Sports Med* 11: 493–504, 1992.
23. Jonsson P, Alfredson H. Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: A prospective randomised study. *Br J Sports Med* 39: 847–850, 2005.
24. Kannus P. Etiology and pathophysiology of chronic tendon disorders in sports. *Scand J Med Sci Sports* 7: 78–85, 1997.
25. Kettunen JA, Kvist M, Alanen E, Kujala UM. Long-term prognosis for jumper's knee in male athletes: A prospective follow-up study. *Am J Sports Med* 30: 689–692, 2002.
26. Khan KM, Bonar F, Desmond PM, Cook JL, Young DA, Visentini PJ, Fehrmann MW, Kiss ZS, O'Brien PA, Harcourt PR, Dowling RJ, O'Sullivan RM, Crichton KJ, Tress BM, Wark JD. Patellar tendinosis (jumper's knee): Findings at histopathologic examination, US, and MRI imaging. Victorian institute of sport tendon study group. *Radiology* 200: 821–827, 1996.
27. Khan KM, Scott A. Mechanotherapy: How physical therapists' prescription of exercise promotes tissue repair. *Br J Sports Med* 43: 247–252, 2009.
28. Kjær M, Magnusson P, Krogsgaard M, Møller JB, Olesen J, Heinemeier K, Hansen M, Haraldsson B, Koskinen S, Esmarck B, Langberg H. Extracellular matrix adaptation of tendon and skeletal muscle to exercise. *J Anat* 208: 445–450, 2006.
29. Kongsgaard M, Reitelseder S, Pedersen TG, Holm L, Aagaard P, Kjaer M, Magnusson SP. Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training. *Acta Physiol* 191: 111–121, 2005.
30. Kujala UM, Kvist M, Österman K. Knee injuries in athletes: Review of exertion injuries and retrospective study of outpatient sports clinic material. *Sports Med* 3: 447–460, 1986.
31. Kvist M. Achilles tendon injuries in athletes. *Ann Chir Gynaecol* 80: 188–201, 1991.
32. Kvist M. Achilles tendon injuries in athletes. *Sports Med* 18: 173–201, 1994.
33. Langberg H, Ellingsgaard H, Madsen T, Jansson J, Magnusson SP, Aagaard P, Kjaer M. Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with achilles tendinosis. *Scand J Med Sci Sports* 17: 61–66, 2007.
34. Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: A cross-sectional study. *Am J Sports Med* 33: 561–567, 2005.
35. Lorenz D, Reiman M. The role and implementation of eccentric training in athletic rehabilitation: Tendinopathy,

hamstring strains, and ACL reconstruction. *Int J Sports Phys Ther* 6: 27–44, 2011.
36. Lysholm J, Wiklander J. Injuries in runners. *Am J Sports Med* 15: 168–171, 1987.
37. Maffiuletti NA, Cometti G, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *Int J Sports Med* 21: 437–443, 2000.
38. Maffulli N, Kader D. Tendinopathy of tendo achillis. *J Bone Joint Surg Br* 84: 1–8, 2002.
39. Mahieu NN, Witvrouw E, Van de Voorde D, Michilsens D, Arbyn V, Van den Broecke W. Improving strength and postural control in young skiers: Whole-body vibration versus equivalent resistance training. *J Athl Train* 41: 286–293, 2006.
40. Malatesta D, Cattaneo F, Dugnani S, Maffiuletti NA. Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *J Strength Cond Res* 17: 573–579, 2003.
41. Martens M, Wouters P, Burssens A, Mulier JC. Patellar tendinitis: Pathology and results of treatment. *Acta Orthop Scand* 53: 445–450, 1982.
42. Miller BF, Olesen JL, Hansen M, Døssing S, Crameri RM, Welling RJ, Langberg H, Flyvbjerg A, Kjaer M, Babraj JA, Smith K, Rennie MJ. Coordinated collagen and muscle protein synthesis in human patella tendon and quadriceps muscle after exercise. *J Physiol* 567: 1021–1033, 2005.
43. Nichols CE. Patellar tendon injuries. *Clin Sports Med* 11: 807–813, 1992.
44. Norrbrand L, Pozzo M, Tesch PA. Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol* 110: 997–1005, 2010.
45. Ohberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Eccentric training in patients with chronic achilles tendinosis: Normalised tendon structure and decreased thickness at follow up. *Br J Sports Med* 38: 8–11, 2004.
46. Olesen JL, Heinemeier KM, Gemmer C, Kjaer M, Flyvbjerg A, Langberg H. Exercise-dependent IGF-I, IGFBPs, and type I collagen changes in human peritendinous connective tissue determined by microdialysis. *J Appl Physiol* 102: 214–220, 2007.
47. Paxton JZ, Hagerty P, Andrick JJ, Baar K. Optimizing an intermittent stretch paradigm using ERK1/2 phosphorylation results in increased collagen synthesis in engineered ligaments. *Tissue Eng Part A* 18: 277–284, 2011.
48. Peers KHE, Lysens RJJ. Patellar tendinopathy in athletes: Current diagnostic and therapeutic recommendations. *Sports Med* 35: 71–87, 2005.
49. Peters JSJ, Tyson NL. Proximal exercises are effective in treating patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *Int J Sports Phys Ther* 8: 689–700, 2013.
50. Reeser JC, Verhagen E, Briner WW, Askeland TI, Bahr R. Strategies for the prevention of volleyball related injuries. *Br J Sports Med* 40: 594–600, 2006.
51. Rieder F, Wiesinger HP, Kösters A, Müller E, Seynnes OR. Whole-body vibration training induces hypertrophy of the human patellar tendon. *Scand J Med Sci Sports* 26: 902–910, 2016.
52. Roels J, Martens M, Mulier JC, Burssens A. Patellar tendinitis (jumper's knee). *Am J Sports Med* 6: 362–368, 1978.
53. Romero-Rodriguez D, Gual G, Tesch PA. Efficacy of an inertial resistance-training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: A case- series study. *Phys Ther Sport* 12: 43–48, 2011.
54. Sandhu E, Miles JD, Dahners LE, Keller BV, Weinhold PS. Whole body vibration increases area and stiffness of the flexor carpi ulnaris tendon in the rat. *J Biomech* 44: 1189–1191, 2011.
55. Scott A, Docking S, Vicenzino B, Alfredson H, Zwerver J, Lundgreen K, Finlay O, Pollock N, Cook JL, Fearon A, Purdam CR, Hoens A, Rees JD, Goetz TJ, Danielson P. Sports and exercise-related tendinopathies: A review of selected topical issues by participants of the second International Scientific tendinopathy Symposium (ISTS) Vancouver 2012. *Br J Sports Med* 47: 536–544, 2013.
56. Seynnes OR, Erskine RM, Maganaris CN, Longo S, Simoneau EM, Grosset JF, Narici MV. Training-induced changes in structural and mechanical properties of the patellar tendon are related to muscle hypertrophy but not to strength gains. *J Appl Physiol* 107: 523–530, 2013.
57. Tibesku CO, Pässler HH. Jumper's knee–a review [in German]. *Sportverletz Sportschaden* 19: 63–71, 2005.
58. Valovich Mc Leod TC, Decoster LC, Loud KJ, Micheli LJ, Parker T, Sandrey MA, White C. National athletic trainers' association position statement: Prevention of pediatric overuse injuries. *J Athl Train* 46: 206–220, 2011.
59. van der Worp H, van Ark M, Zwerver J, van den Akker-Scheek I. Risk factors for patellar tendinopathy in basketball and volleyball players: A cross-sectional study. *Scand J Med Sci Sports* 22: 783–790, 2012.
60. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med* 14: 82–99, 1992.
61. Visentini PJ, Khan KM, Cook JL, Kiss ZS, Harcourt PR, Wark JD. The VISA score: An index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis). Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *J Sci Med Sport* 1: 22–28, 1998.
62. Visnes H, Bahr R. Training volume and body composition as risk factors for developing jumper's knee among young elite volleyball players. *Scand J Med Sci Sports* 23: 607–613, 2013.
63. Visnes H, Aandahl HÅ, Bahr R. Jumper's knee paradox–jumping ability is a risk factor for developing jumper's knee: A 5-year prospective study. *Br J Sports Med* 47: 503–507, 2013.
64. Wang JHC. Mechanobiology of tendon. *J Biomech* 39: 1563–1582, 2006.
65. Watson MD, Di Martino PP. Incidence of injuries in high school track and field athletes and its relation to performance ability. *Am J Sports Med* 15: 251–254, 1987.
66. Witvrouw E, Bellemans J, Lysens R, Danneels L, Cambier D. Intrinsic risk factors for the development of patellar tendinitis in an athletic population. A two-year prospective study. *Am J Sports Med* 29: 190–195, 2001.
67. Woo SLY, Renstrom PAFH, Arnoczky SP, eds. Tendinopathy: A major medical problem in sport. In: *Tendinopathy in Athletes*. (1st ed.). Oxford, United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd, 2007. pp. 1–9.
68. Yang J, Tibbetts AS, Covasin T, Cheng G, Nayar S, Heiden E. Epidemiology of overuse and acute injuries among competitive collegiate athletes. *J Athl Train*

47: 198–204, 2012.
69. Zwerver J, Bredeweg SW, van den Akker-Scheek I. Prevalence of Jumper's knee among nonelite athletes from different sports: A cross-sectional survey. *Am J Sports Med* 39: 1984–1988, 2011.

From *Strength and Conditioning Journal*
Volume 39, Number 3, pages 20-30.

著者紹介

Javier Peña:
University of Vic—Central University of Cataloniaの競技パフォーマンス分析研究グループに所属。プロスポーツチームのS&Cコンサルタントも務める。

Daniel Moreno-Doutres:
クラブ・ホベントゥート・バダローナ(リーガACB)のS&C部門主任。

Xantal Borràs:
University of Vic—Central Universityの競技パフォーマンス分析研究グループに所属するバイオメカニスト。

Albert Altarriba:
University of Vic—Central Universityの競技パフォーマンス分析研究グループに所属。

Ernest Baiget:
University of Vic—Central Universityの競技パフォーマンス分析研究グループのリーダー。プロテニス選手のS&Cコーチも務める。

Antoni Caparrós:
University of Vic—Central Universityの競技パフォーマンス分析研究グループに所属。スペインの男子バスケットボール・ナショナルチームのS&Cコーチも務める。

Bernat Buscà:
Ramon Llull Universityブランケルナ心理・教育・スポーツ科学部教授。オリンピックに出場したスケルトン選手Ander MirambellのS&Cコーチも務める。

格安輸入マシン

(株)ボディシェイプ輸入代行部門

業務用マシンを格安でお届けいたします。(税別)　別途送料　loco103at@yahoo.co.jp
Facebook「格安輸入マシン」をご覧ください。

￥177,000

￥141,000

￥171,000

￥180,000

￥46,500

￥120,000

￥315,000

￥39,800