

野球におけるコンディショニング

葛 原 憲 治

目 次

1. 緒言
2. 投球動作と障害発生メカニズム
3. ピリオダイゼーション（期分け）の概念
4. 球速を上げるための重要なポイント
5. 障害予防のための重要なポイント
6. スローワーエクソサイズの提案

1. 緒言

ここ近年、スポーツにおける年間を通じたコンディショニングが重要視されている。特に、コンタクトスポーツであるアメリカンフットボール、ラグビー、アイスホッケー、サッカーなどは、スポーツ傷害予防とパフォーマンス向上の観点からコンディショニングを積極的に導入している。しかし、野球において、練習の大半を技術練習に費やし、適切なコンディショニングプログラムに費やす時間はほとんどないのが現状である。このことは、野球の発祥であるアメリカにおいても例外ではなく、スポーツ先進国にも関わらず、メジャーリーグでも練習の大半を技術練習に費やしている³⁹⁾。元メジャーリーグ、ホワイトソックスのコンディショニングディレクターのGambetta¹⁴⁾は、“野球はコンディショニングをさほど重要視しない非常に伝統

的なスポーツである”とコメントしている。

日本のプロ野球において、投手のコンディショニングといえば、ランニングと投げ込みが主流である。ひたすら“走り込む”ことが下半身強化であり、また、2000球～3000球を投げ込みをしないと肩の筋肉ははつかないと信じているコーチや選手たちは未だに多い²³⁾。プロ野球でのランニングは、長距離走と短距離走がある。長距離走は、通常3 km以上を走ることが多いが、春季キャンプ時には10km以上を走る場合もある。短距離走は、10～20mの瞬発的なランニングから、150～200mでのホローランニング（中間走）や300～400mの耐乳酸系ランニングなども行なわれている。これらのランニングを陸上部のごとく毎日繰り返しているのが日本のプロ野球の実情である。これらのランニングトレーニングをトレーニングのバリエーションの一つとして考えるのであれば問題はないが、ランニングが下半身強化の全てであるという考え方は、いかがなものであろうか？

野球の競技特性を考えると、試合での投球、打撃、守備、走塁という全ての動作は瞬発的でパワフルである。さらに、野球はクイックスタートとクイックストップのスポーツである。つまり、ほとんど全ての動作が7.5秒以内に起こり、ほとんどプレーが4.5秒以内に完了しているとい

うことである¹⁴⁾。したがって、野球における主なエネルギーシステムは、ATP-CPシステムである。80%がATP-CPシステムであり、15%は解糖系/乳酸系システム、そして、わずか5%が有酸素系システムが用いられているのが野球である⁴³⁾。野球はマラソンではないので、有酸素エクソサイズは体重コントロールのためや疲労回復のリカバリーのために必要最小限とどめておくことである¹⁴⁾。最も重要なことは、実際に試合で用いられる瞬発的な能力を高めておくことである。このように野球で使われるエネルギーシステムを考慮して、トレーニングを選択することが重要である(トレーニングの特異性⁹⁾、³⁹⁾、⁴⁰⁾)。この特異性を無視して、トレーニングを積み重ねてもトレーニング効果は上がらない、疲労は蓄積する、モチベーションは上がらない、最終的に怪我をするという結果に陥りやすい。

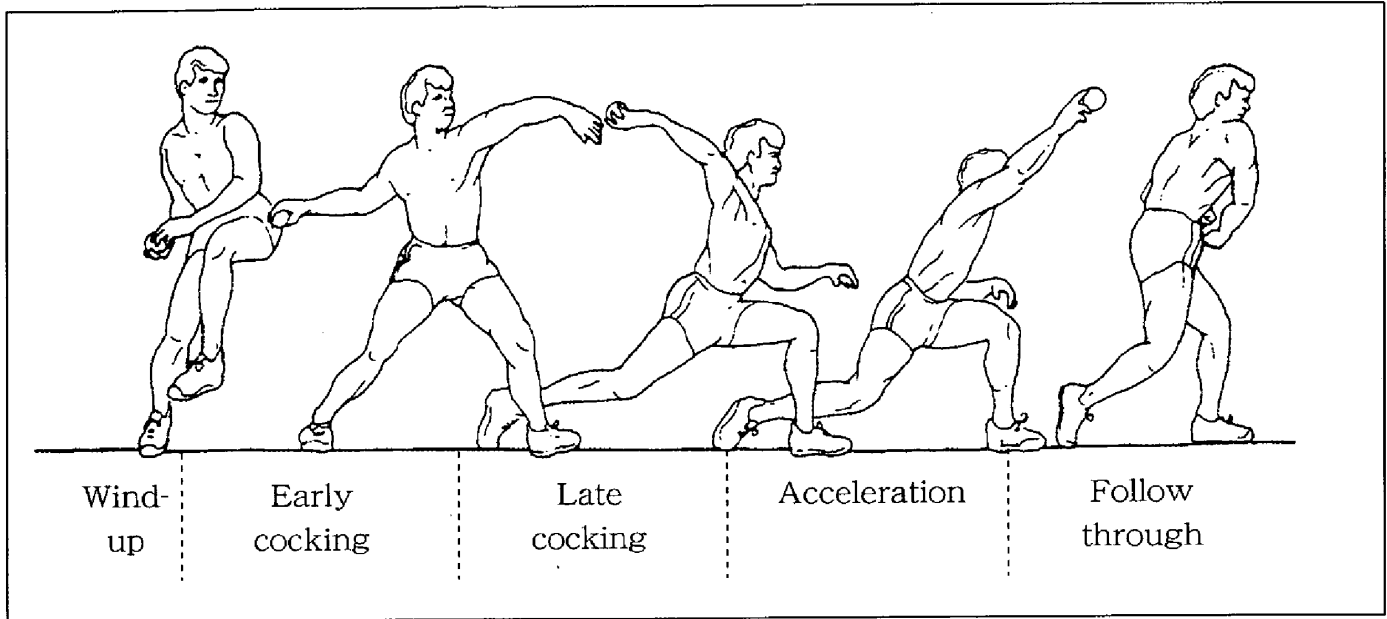
トレーニングの特異性に加えて、もう一つ重要なコンディショニングの要素は、ピリオダイゼーション(期分け)という概念である¹⁴⁾、⁴⁶⁾。このピリオダイゼーションとは、年間の練習計画をいくつかの時期に分け、どの時期にどのような種類のトレーニングをどれくらいの強度で、どれくらいの量をすれば、いいコンディショニング作りができるかプランする考え方である。日本の高校野球や大学野球では、年がら年中練習や試合に明け暮れているチームが多いが、アメリカの大学野球では、ピリオダイゼーションの考え方を導入してコンディショニングプログラムを実践しているチームが多い³⁾、⁹⁾、³⁹⁾。また、ピリオダイゼーションをプロ野球に当てはめれば年間を4つの時期に分けることができる。オフシーズン(12月~1月)、プリシーズン(2月~3月:春季キャンプからオープン戦)、インシーズン(4月~10月:レギュラーシーズン)、ポストシーズン(11月:秋季キャ

ンプ)。そして、それぞれの時期に応じたトレーニングの目的を決める。さらに、練習や試合スケジュールに合わせて、トレーニングの種類、トレーニングの頻度、強度、量を調節しながら年間のトレーニングプランを構築する。決してその日暮しの行き当たりばったりのトレーニングをしないことが重要である。

野球において、頻繁に発生しているスポーツ傷害は、いわゆる投球障害である。投球障害とは、繰り返しのストレスが肩関節や肘関節周辺の筋、腱、靭帯などに加わることで生じる慢性障害のことをいう。代表的な投球障害は、肩関節では腱板損傷、インピンジメント症候群、関節唇断裂や剥離、前方不安定症、腱板疎部損傷、SLAP病変、Bennet病変が見られる²⁾、⁵⁾、²⁰⁾、³³⁾、³⁵⁾、³⁶⁾、⁴⁵⁾、⁵⁰⁾。また、成長期の子供では上腕骨骨端線離開などいわゆる“リトルリーグショルダー”と言われる障害が見られる⁷⁾、³⁶⁾、⁵⁰⁾。肘関節の内側では、内上顆炎、内側側腹靭帯損傷、尺骨神経障害、関節の外側では離断性骨軟骨炎、関節遊離体、関節の後方では、肘頭窩の遊離体、骨棘形成などが見られる¹⁾、⁴⁴⁾。また、成長期の子供では骨端線離開による遊離体形成や骨端線閉鎖不全などいわゆる“リトルリーグエルボー”と言われる障害が見られる⁸⁾、¹⁵⁾、⁴⁴⁾。

これらの投球障害を予防するためには、まずは投球動作のバイオメカにクスの理解とそれに伴う障害メカニズムを理解することが重要である。そして、投球障害を予防するためのトレーニング、パフォーマンスを向上させるためのトレーニング、ストレスの少ない投球フォームの改善等を含めたコンディショニングプログラムを提案したいと思う。

図1 投球相



(文献16より引用)

2. 投球動作と障害発生のメカニズム

通常、投球動作を5つあるいは6つの投球相に分けて研究されている。今回は5つの相に分けて^{16), 17), 19), 20), 33)}、それぞれの投球相ごとの障害発生メカニズムを考察する(図1)。投球動作は、(1)膝が上がりバランスを保つ姿勢から両手が開き始める時点までをwindアップ期と呼ぶ。(2)その後、振り上げた足が地面に着くまでをコッキング前期あるいはストライド期と呼ぶ。(3)足が地面に着地してから肩の最大外旋位までをコッキング後期と呼ぶ。(4)この肩の最大外旋位からボールリリースまでを加速期と呼ぶ。(5)ボールリリース以降をフォロースルー期。研究者によっては、最後のフォロースルー期を2つの相に分ける場合もある。ボールリリースから肩の最大内旋位までを減速期、その最大内旋位以降をフォロースルー期とする場合もある^{12), 13), 47)}。

(1) Windアップ期

Windアップ期は、約1.5秒から2秒の間であるが、ピッチングに要する全時間の80%を

占めている¹⁹⁾。また、全ての筋肉の筋活動は、一定のパターンはなく最小値を示し、ローテーターカフ筋群の活動もない^{2), 17)}。Windアップ期の肘の筋活動も最小値を示し、肘の屈筋群のアイソメトリック収縮によって肘の屈曲状態が維持されている^{13), 47)}。

(2) コッキング前期 (ストライド期)

コッキング前期において、腕を挙上する主動筋は三角筋であるが、ローテーターカフは比較的静止状態である^{2), 16), 19)}。棘上筋が上腕骨頭を操作するための筋活動は、コッキング後期まで始まらない。また、コッキング前期において、手首の背屈筋群の筋活動がかなり見られる¹³⁾。このコッキング前期で、上腕二頭筋や上腕三頭筋のダイナミックな筋緊張から痛みが生じることがあり、腱鞘炎に発展することがある¹¹⁾。

(3) コッキング後期

コッキング後期において、ローテーターカフが主動筋となる。棘下筋と小円筋は外旋させるためにコンセントリックに働き、棘上筋は上腕

骨頭を関節窩に引き付けることで関節の安定性に寄与するために働いている¹⁹⁾。肩甲下筋は、コッキング後期において肩関節前方を防ぐためにエキセントリック収縮をし、関節前方の動的安定機構として活動的に働く^{2), 16), 17), 19)}。同様に、大胸筋と広背筋もエキセントリックに収縮し、関節前方を防ぐ働きをする^{16), 17), 19)}。また、前鋸筋は、肩甲骨の安定性を保つために重要であり、コッキング後期では肩甲骨の上方回旋とプロトラクションに大きく関わっている^{16), 17), 19)}。

また、コッキング後期において、手首の背屈筋群の筋活動がさらに大きくなる¹²⁾。そして、腰と体幹の捻りや肩関節の外旋によって生じる大きな外反ストレスが肘に加わる。この外反ストレスに耐えるために、最大外旋位の直前に大きな内反トルクが生じる^{11), 13)}。この内反トルクを生じさせるために肘の屈曲筋群と前腕の回内筋が働き、これらの筋群の働きは肘関節の安定性を維持するのに貢献している。繰り返しの外反ストレスが肘にかかることによって、内側側副靭帯の障害になる可能性がある¹⁸⁾。さらに、内上顆や肘周辺筋群の腱の炎症、そして尺骨神経炎などの障害にもつながる¹⁾。また、外反ストレスは、肘の外側部（特に、橈骨と上腕肘関節顆との間）に非常に大きな圧迫力を生じさせ、その外側部に障害をもたらすことになる^{11), 18)}。過度あるいは繰り返しの圧迫力は、骨軟骨細片骨折、離断性骨軟骨炎、あるいは無血性壊死などの障害をもたらす可能性がある^{11), 13)}。

(4) 加速期

加速期において、肩甲下筋は、腕が胸部を横切る内旋動作として機能する¹⁶⁾。同時に、内旋筋群として、大胸筋と広背筋の活動も非常に大きくなる²⁾。プロの投手は、この加速期においてローテーターカフ筋群の中で肩甲下筋が最も活動しているが、アマチュアの投手と比較すると、全てのロ

ーターカフ筋群と上腕二頭筋を使う傾向にある¹⁶⁾。このように不必要な筋肉の使い方、かつ、繰り返しの動作をすることでオーバーユーズや筋挫傷、腱炎を生じさせる原因にもなる。したがって、効率的な筋の使い方は障害予防にも大きく貢献することにもなる¹⁶⁾。コッキング後期から加速期を通じて、僧帽筋の活動は比較的小さく、この筋活動の抑制によって前鋸筋が肩甲骨を回旋させる動作を助長している。

また、この加速期において、上腕三頭筋、円回内筋、手首の掌屈筋群の筋活動が顕著に見られる⁴⁷⁾。肘の最大角速度は、 $2100^{\circ}/\text{sec}$ から $2700^{\circ}/\text{sec}$ であり、この角速度は、直球、カーブ、スライダーと球種が異なっても類似しているが、チェンジアップにおいては明らかに角速度が他の球種に比べて遅い¹³⁾。この非常に速い肘の伸展速度は、伸展筋（上腕三頭筋）の力というより、むしろ腰、体幹、そして腕の回旋による遠心力によるものと考えられる。さらに、ボールリリース時のボール速度は、上肢の動きというより、むしろ下肢、腰、体幹の回旋力に関係していると考えられる¹³⁾。また、外反ストレスに対抗する内反力によって、上腕骨滑車溝の内側部と肘窩の間でインピンジが生じ、外反伸展オーバーロード（valgus extension overload：以降VEOとする）をもたらす¹⁾。このVEOによって、肘窩の後部あるいは後内側部で骨棘の形成や軟骨軟化症やルースボディーの形成をもたらす可能性もある。この加速期で力強い手首の掌屈と前腕の回内による屈曲・回内筋群の筋挫傷や正中神経の圧迫による円回内筋症候群が生じることもある¹⁾。

(5) フォロースルー期

フォロースルー期では、三角筋後方線維とローテーターカフ（特に、棘上筋、棘下筋、小円筋）の活動が活発になる¹⁹⁾。特に、棘上筋は最

大の牽引力がかかり、内旋を減速させるためにエキセントリックに収縮する²⁾。僧帽筋（特に下方線維）、前鋸筋、菱形筋は、肩甲骨のプロトラクションを減速させるために活発に働く^{2), 19)}。

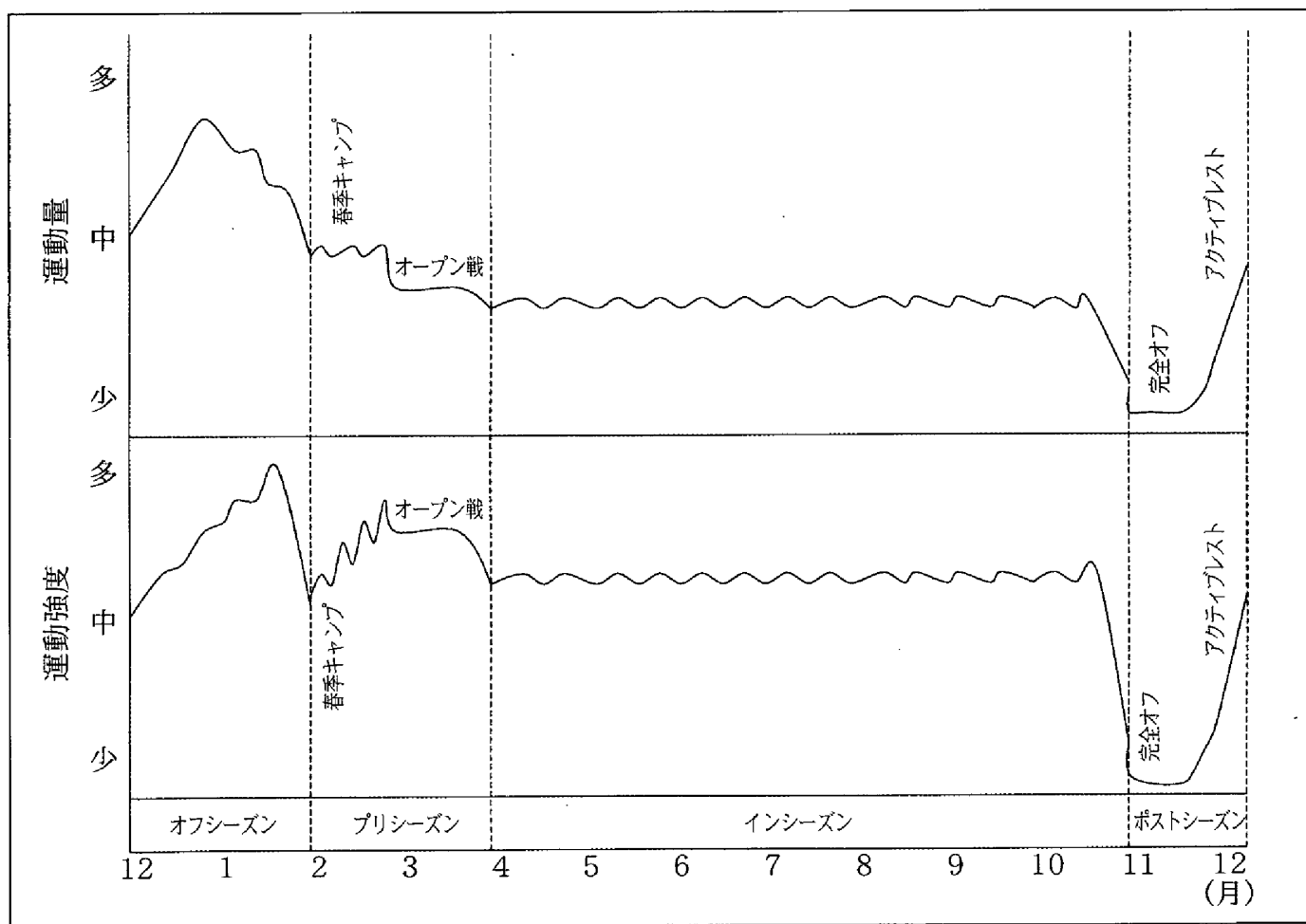
この減速期では、肘の屈筋群のエキセントリック収縮が働き、特に、円回内筋は肘の伸展を減速させ、かつ、前腕の回内を起こす働きがある。上腕二頭筋と回外筋は前腕の回内をコントロールするために働く⁴⁷⁾。特に、上腕二頭筋は、回内をコントロールするために大きなエクセントリックな負荷がかかり、筋挫傷をもたらすことがある¹³⁾。ボールリリース直後に、肘関節がぬけないように非常に大きな圧迫力(800~1000N)が生じ、特に、直球とスライダーを投げ

た時に肘に大きな圧迫力が加わる¹³⁾。

3.ピリオダイゼーション(期分け)の概念

例えば、プロ野球の1シーズンを4つのトレーニング期に分け、それぞれの時期のトレーニングの目的を明確にする。また、野球という競技特性を考えると、主にATP-CPのエネルギーシステムが使われるスポーツである。したがって、このエネルギーシステムを向上させるために最も重要な要素である筋力と無酸素パワーに重点をおいたトレーニングを選択することである。その次に重要な要素は、筋持久力、心肺機能の持久力、柔軟性、身体組成である。4つのトレーニング期を次の通りに分けられる(図2)。

図2 プロ野球でのピリオダイゼーション



- (1) オフシーズン：12月～1月
基礎的かつ総合的な身体作りの期間であり、
全体的な筋力アップと自分の弱い部分を補強
する期間である。
- (2) プリシーズン：2月～3月
(春季キャンプとオープン戦)
より瞬発的な動作、かつ、実践的な動作を獲
得するパワーアップの期間である。
- (3) インシーズン：4月～10月
オフシーズンとプリシーズンで獲得した基礎
体力と実践的なパワーを維持するためのメン
テナンス期間である。
- (4) ポストシーズン：11月
レギュラーシーズンが終了した後の期間であ
る。この時期はアクティブレストの期間でも
あり、リフレッシュの期間でもある。しかし、
プロ野球ではリフレッシュする間もなく秋季
キャンプに入る。秋季キャンプは、若手選手
の強化と来シーズンに向けての準備という名
目で実施されている。

(1) オフシーズン

オフシーズンには、通常のウェイトトレー
ニング（インクラインベンチプレス、ベントオー
バーロウ、ロウイング、バイセプスカール、ト
ライセプスエクステンションなど）で全体的な
筋力アップを図る必要がある。特にゆっくりと
したエキセントリック収縮のトレーニングは予
防として重要な手法である。さらに、三角筋
（前方、中央、後方線維）、大胸筋、菱形筋、僧
帽筋（上方、中央、下方線維）のような肩周辺
筋群の強化は野球選手にとって重要である。加
えて、上腕二頭筋、上腕筋、上腕三頭筋、手首
屈曲筋、手首伸展筋、前腕回内・回外のような
肘、前腕、手首の筋群の強化も必要である。体
重コントロールや基礎的な心肺機能を高めるた
めの有酸素エクソサイズをする必要がある。ま

た、柔軟性の向上のためにトレーニング前後の
ストレッチは重要である。

(2) プリシーズン

このプリシーズンは、オフシーズンで作られ
た身体を、野球に必要な瞬発的な動作に切り替
える重要な橋渡しの期間である。この期間のコ
ンディショニングは、打撃、守備、投球、ある
いは関係プレーなどのスキル習得に非常に大切
な時期でもあるということ、コーチや選手か
ら軽視される傾向にある。しかし、この時期の
コンディショニングプログラムはより実践的か
つ特異的に実施されるべきである。全体的なト
レーニング量は少なく、強度を上げる必要があ
る。特に、ローテーターカフ筋群の強化に重点
を置き、3 kgを超えるような重さのダンベル
を用いないようにすることである。なぜなら棘
上筋や他の外旋筋群の筋肥大によりインピンジ
メント症候群を引き起こさないようにするため
である。また、ローテーターカフ筋群の中の棘
下筋と小円筋は、投球のフォロースルー期で減
速機能が働く筋群である。この棘下筋と小円筋
のエキセントリック収縮の強化、そして、肩甲
骨周辺筋群である菱形筋、僧帽筋、前鋸筋の強
化も肩関節を安定させるためには重要なこと
である。

プリシーズンで最も重要なことは、実際に投
球をすることである。なぜなら投球が最終的な
実践トレーニングであるからである。したがっ
て、肩周辺筋群や肩甲骨周辺筋群の筋持久力は、
実践トレーニングのためには非常に重要な要素
となってくる。投手は、一試合で200球近くボ
ールを投げることがある。筋持久力を向上させ
るために、10から20回程度の回数では、ボー
ルを投げるための筋持久力はつかないと考えら
れる。試合で投げる投球数を考えると、20回以
上の回数でトレーニングをする必要がある³⁴⁾。

(3) インシーズン

シーズンになると野手は週6日間試合をすることになり、投手であれば中5日あるいは6日で登板することになる。試合でのエネルギー消費は非常に大きく、適切な栄養補給、十分な睡眠、適切なコンディショニングができていないと時間の経過に伴い体重が減少してくる。この体重減少は、筋量の減少を伴い、筋力低下やパワーの低下を引き起こすことになる。オフシーズンやプリシーズンで養った筋量や筋力を落とさないように維持することは、障害予防やパフォーマンスの維持に大きく貢献すると考えられる。ボルチモア・オリオールズのマイナーリーグやルイジアナ州立大学の野球部では、インシーズンに週1あるいは2回のメンテナンスプログラムを投手と野手にそれぞれ処方している^{3), 4)}。そこで、インシーズンにおける投手のメンテナンスプログラムを含めたコンディショニングプログラムを投球間隔別（中5日と中6日の場合）で提案する（表1）。

(4) ポストシーズン

シーズン終了後、1から2週間完全オフを取る必要がある。それから次の2から3週間は、ジョギング、スイミング、テニス、ゴルフなどでレクリエーション的に身体を動かし、アクティブレストを目的に身体的かつ精神的なリフレッシュをすることが必要である。

4. 球速を上げるための重要なポイント

野球の投球は無酸素パワーの動作である。すなわちピッチングは速筋線維を優位に使っている。メジャーリーグの投手と野手のポジション別の上肢筋群と下肢筋群の筋力を測定したところ、上肢筋群の筋力に関しては、野手の方が高く、下肢筋群の筋力に関しては、投手の方が強いことがわかった³⁸⁾。また、Mac Williamsら³²⁾は投手プレートを蹴ってからホームベース方向に踏み出す下肢筋力が腕を振る速度に大きく影響していることを明らかにした。したがって、球速を速くするためには、下肢筋群の筋力を高

表1 投球間隔別のインシーズンコンディショニングプログラム

<u>中5日のローテーションの場合：</u>	<u>中6日のローテーションの場合：</u>
1日目：登板	1日目：登板
2日目：リカバリー（ジョギングやエアロバイクなどの有酸素エクソサイズ、プールエクソサイズ、ストレッチなど）	2日目：リカバリー（ジョギングやエアロバイクなどの有酸素エクソサイズ、プールエクソサイズ、ストレッチなど）
3日目：ウェイトトレーニング（上半身）、ホロスプリント	3日目：ウェイトトレーニング（上半身）、ホロスプリント
4日目：ウェイトトレーニング（下半身）、SAQトレーニング	4日目：スローワーエクソサイズ、SAQトレーニング
5日目：スローワーエクソサイズ、スプリント	5日目：ウェイトトレーニング（下半身）、SAQトレーニング
6日目：調整（ストレッチなど）	6日目：スローワーエクソサイズ、スプリント
7日目：登板	7日目：調整（ストレッチなど）
	8日目：登板

注)SAQトレーニング:Speed(スピード)、Agility(アジリティー、敏捷性)、Quickness(クイックネス、反応)のトレーニングをいう。

めることが重要であると考えられる。

野球選手の特徴として、Perelli³⁸⁾は、投球速度を上げるために強い体幹の捻りと肩の内旋動作を引き起こすのは大殿筋、大内転筋、大胸筋が大きく影響していると指摘している。また、速筋線維優位の投手は遅筋線維優位の投手より、大きなパワーや速い角速度の発揮が可能であることから、速筋線維優位の特徴は、投手にとって非常に有利である。ピッチングのバイオメカニクスの分析によると、下半身のパワフルな蹴りから始まる身体全体の同調動作が重要になってくる。もしピッチングの蹴り動作時に下半身の筋力が弱いと、下半身から上半身に伝達される力も低下し、結果として肩の角速度も遅くなる。

プロ野球の投手は、ピッチング動作において肩周辺筋群以外の大胸筋、前鋸筋、広背筋もかなり使われていることより、これらの筋群の筋力と筋持久力を向上させればピッチング能力も向上すると考えられる³⁸⁾。投手において、球速を上げるということは非常に重要な要素である。ウェイトトレーニングは投球動作に悪影響を及ぼすと選手やコーチは思っているところがある。しかし、野球選手のコンディショニングの一環としてウェイトトレーニングの導入を支持している研究者は多い^{14), 25), 38)}。以前の筋力と球速に関する研究においては、主に腕を加速させる筋群の強化に焦点が当てられていたが、最近の研究では、投球側の加速筋群だけでなく、減速筋群にも焦点が当てられている^{28), 29)}。この研究で用いられたコンディショニングプログラムとスローイングプログラム(表2)は、球速を上げる効果があるだけでなく、投球後の肩の痛みも軽減させる効果があることを明らかにした^{28), 29)}。つまり、野球選手において、適切なコンディショニングが行なわれれば、肩や肘の痛みを出現させることなく、球速を効果的に向上させることは可能である。また、競技に関わら

ず、筋力はパフォーマンスに非常に重要な役割を演じていることが明らかである。

表2 8週間上半身強化プログラムとスローイングプログラム

8週間上半身強化プログラム: 4回/週
第1週: 10回×3セット(セット間レスト2分)
第2~8週: 10回×3セット、さらに補助によってエキセントリックを意識しながら5回負荷の増加: 3セット目が補助なく10回を超えることができれば負荷をあげることができる。
月・木:
フラットベンチプレス(大胸筋)
トライセプスエクステンション(上腕三頭筋)
ラットプルダウン(広背筋)
バイセプスカール(上腕二頭筋)
ラテラルロウ(菱形筋)
ショルダープレス(三角筋、僧帽筋)
火・金:
肩内旋(肩甲下筋、大円筋)
肩外旋(棘下筋、小円筋)
肩外転(棘上筋、三角筋)
肩内転(肩申下筋)
肩伸展(三角筋後方線維、広背筋、大円筋)
スローイングプログラム: 3回/週
15分の遠投(約76m)
20~25球の全力投球(27mの距離)

(文献29から引用)

5. 障害予防のための重要なポイント

投手は身体全体を使って投球しているので、投球動作のキネティックチェーンの中で弱い部分がないように身体全体のコンディショニングをする必要がある^{14), 25)}。そして、筋力トレーニングにおいて、コンセントリック収縮とエキセントリック収縮を強化する必要がある。これは、投球動作の中において、加速期でコンセントリック収縮が

なされ、減速期でエキセントリック収縮がなされるからである。また、ほとんどの怪我が、スローイング、フィールディング、ランニング中における力の減少期に起こっている¹⁴⁾。したがって、トレーニングプログラムでは、投球動作における主動筋（加速筋）の強化に加えて、障害予防のために拮抗筋（減速筋）の強化も重要になってくる。投球動作に関連した動きのトレーニングを取り入れることも重要である（トレーニングの特異性）。投球動作の後半部分の部位は非常に速い速度で使われているため、上肢筋群（肩・肘・手首）は、速い速度での筋収縮が要求される。この部位のトレーニングにおいて、関節に必要以上の負荷をかけ過ぎないようにすることが大切である。また、直線的な動きではなく、回旋動作に意識をおいて強化する必要がある。

肩関節の障害予防のためには、機能的な安定化メカニズムが必要である。この機能的な安定化メカニズムを改善するためには、次の3つの要素が重要になってくる³¹⁾。1) 肩甲胸郭関節の安定化、2) 肩甲上腕関節の安定化、3) 上腕骨のコントロール。肩甲胸郭関節の安定化は、僧帽筋、前鋸筋、菱形筋、肩甲挙筋によって制御されており、特に、肩甲骨の内側縁を胸郭へ引き付ける前鋸筋と肩甲骨を回旋、挙上する僧帽筋が重要である²⁴⁾。肩甲胸郭関節の動きは、肩甲上腕関節の安定化を図るために重要な関係を持っている^{24)、31)}。挙上動作に伴い肩甲骨が外転し、上腕骨頭の下に回り込むことにより、挙上位にある肩甲上腕関節の剪断力が減少し、肩甲上腕関節の安定化に寄与する²⁴⁾。

肩甲上腕関節の安定化は、肩関節周辺筋群の力の連結（Force Couple）によって生じる。まずは、三角筋（特に前方線維）に対して棘下筋と小円筋で力の連結を形成している^{31)、48)}。それから肩甲下筋に対して棘下筋と小円筋で力の連結を形成している^{31)、48)}。

投球動作における上腕骨のコントロールは、加速筋（主動筋）と減速筋（拮抗筋）で行われる。つまり、加速筋は、大円筋、広背筋、大胸筋、上腕三頭筋、肩甲下筋であり、投球動作において上腕骨をコンセントリック収縮によって加速させる。加速筋の強いコンセントリック収縮をさせるためには、Stretch-shortening Cycleを活性化させる必要がある。このStretch-shortening Cycleは、加速筋をエキセントリックに速く伸張させることによって、伸張反射を引き起こし、より強いコンセントリック収縮をさせることを言う^{10)、21)、40)、48)}。一方、減速筋は、三角筋、棘下筋、小円筋であり、上腕骨をエキセントリック収縮によって減速させる。これらの加速筋と減速筋を機能的に強化するには、プライオメトリックトレーニングが非常に有効である。

肩甲胸郭関節の安定化、肩甲上腕関節の安定化、上腕骨のコントロールは、いずれも神経筋コントロールによってなされている。神経筋コントロールの活性化をするには、オープンキネティックチェーンエクソサイズ（Open Kinetic Chain：以降OKC）とクローズドキネティックチェーンエクソサイズ（Closed Kinetic Chain：CKC）を複合的に実施することが効果的である³¹⁾。

外旋筋群や後方関節包が硬直すると、投球動作時に肩甲上腕関節で上腕骨頭の前上方変位を起こす^{10)、48)}。これらの異常な変位がインピンジメント症候群につながる可能性もある。さらに、投球動作のフォロースルー期にエキセントリックのストレスがかかるため、柔軟性不足の組織には大きなダメージを与える可能性もある⁴⁸⁾。したがって、投球動作時に関節が適切に動き、後部組織に対するダメージを少なくするためにも外旋筋群や後方関節包の柔軟性を向上させる必要がある。これらの障害予防の重要なポイントを考慮した障害予防エクソサイズは次の通りである。

1. OKCエクソサイズ

(1) ローテーターカフ筋群の強化^{6), 37), 42)}

チューブを用いて立位での内旋: 内旋筋群

チューブを用いて立位での外旋: 外旋筋群

90/90度での伏臥外旋: 棘下筋、小円筋

伏臥水平外転: 棘下筋、小円筋

腕を外旋させて伏臥水平外転: 棘下筋、小円筋

横臥D2屈曲パターン(フォロースルーの減速期のため): 棘下筋

90/90度での仰臥内旋(コッキング後期のため): 内旋筋群

腕を外旋して100度が外転した状態で伏臥挙上: 棘上筋

立位で腕を内旋させてスキャプション: 棘上筋

立位で腕を外旋させてスキャプション: 棘上筋

(2) プライオメトリック(ハイスピードエキセントリックエクソサイズ)^{10), 26), 37), 40), 42), 48)}

チューブを用いて立位での90/90度での外旋

チューブを用いて立位での90/90度での内旋

チューブを用いて立位でのD2 PNF屈曲パターン

チューブを用いて立位でのD2 PNF伸展パターン

プライオボールを用いて90/90度での仰臥内旋

プライオボールを用いて立位で90/90度でボールトス

パートナーによるアームウィップ

(3) 肩甲骨周辺筋群の強化^{22), 27), 30), 41)}

フォワードパンチ: 前鋸筋、三角筋前方線維

ワイドグリップシーティッドローイング: 僧帽筋中央線維、菱形筋

伏臥ローイング: 菱形筋

ショルダーシュラッグ: 僧帽筋上方線維、前鋸筋、肩甲挙筋

伏臥アームリフト: 僧帽筋下方線維

プレスアップ/変形ベンチディップ: 小胸筋、僧帽筋下方線維

プッシュアッププラス: 前鋸筋

2. CKCエクソサイズ(固有受容器の機能強化)^{10), 31), 41), 49)}

バランスボードの上でプッシュアップ

バランスボールの上でプッシュアップ

スライドボードの上でプッシュアップ

プッシュアッププラス

シングルアームサポート

3. 肩関節後部のストレッチ^{27), 34), 41)}

後方関節包と下方関節包ストレッチ

外旋筋群のストレッチ

6. スローワーエクソサイズの提案

投球動作と障害メカニズムを考慮し、かつ、障害予防エクソサイズを含めた15種目のスローワーエクソサイズを提案したいと思う(表3)。投球動作は、身体全体を使って遂行されているので、スローワーエクソサイズに加えて、体幹部分(腹筋・背筋)及び下肢筋群を含めたトータルのコンディショニングをピリオダイゼーションの概念を導入して実施する必要がある。球

速を上げるために下肢筋群の重要性を経験的にも研究レベルでも認識されている。もちろん投球フォームの改善が最も重要な要素になってくるのは言うまでもない。しかし、体幹と下肢筋群の瞬発的な筋力が備わり、スローワーエクソサイズによる予防がなされれば、安全に球速の速い投球が実現できる可能性は大きくなるのではないかと思われる。

表3 スローワーエクソサイズ

1. チューブを用いて立位での内旋・外旋(ローテーターカフ筋群)
2. 軽量ダンベルを用いて立位で腕を内旋させてスキャプション(棘上筋)
3. 軽量ダンベルを用いて伏臥水平外転(棘下筋、小円筋)
4. チューブを用いて立位でフォワードパンチ(前鋸筋)
5. チューブを用いて座位でワイドグリップローイング(僧帽筋中央線維、棘下筋、菱形筋)
6. チューブを用いて立位でショルダーシュラッグ(僧帽筋上方線維、前鋸筋、肩甲挙筋)
7. プレスアップ(小胸筋、僧帽筋下方線維)
8. バランスボールあるいはバランスボードの上でプッシュアップ(肩関節の安定)
9. チューブを用いて立位で90/90度での内旋・外旋(プライオメトリック)
10. チューブを用いて立位でD2 PNF屈曲&伸展パターン(プライオメトリック)
11. ダンベルを用いて肩伸展(広背筋、大胸筋)
12. ダンベルを用いて肘の屈曲・伸展(上腕二頭筋、上腕三頭筋)
13. ダンベルを用いて前腕の回内・回外(円回内筋、回外筋)
14. ダンベルを用いて手首の掌屈・背屈(掌屈筋群、背屈筋群)
15. 肩関節後部ストレッチ

参考文献

- 1) Andrews, J. R., Whiteside, J. A. and Buettner, C. M., "Clinical Evaluation of the Elbow in Throwers" , Operative Techniques in Sports Medicine, Vol.4 No.2 (Apr.1996), pp. 77-83.
- 2) Arroyo, J. S., Hershon, S. J. and Bigliani, L. U., "Special Considerations in the Athletic Throwing Shoulder" , Orthopedic Clinics of North America, Vol.28 No.1 (1997), pp. 69-78.
- 3) Bailey, D., "Baseball Conditioning Program" , NSCA Journal, Vol.10 No.4 (1988), pp. 48-49.
- 4) Bishop, T. and McFarland, E. G., "In-Season Strength Program for Baseball Players" , NSCA Journal, Vol.15 No.4 (1993), pp. 42-45.
- 5) Blevins, F. T., "Rotator Cuff Pathology in Athletes" , Sports Medicine, Vol.24 No.3 (Sep.1997), pp. 205-220.
- 6) Borsa, P. A., Lephart, S. M., Kocher, M. S. and Lephart, S. P., " Functional Assessment and Rehabilitation of Shoulder Proprioception for Glenohumeral Instability" , Journal of Sport Rehabilitation, Vol.3 (1994), pp. 84-104.
- 7) Carson, W. G. and Gasser, S. I., "Little Leaguer's Shoulder" , The American Journal of Sports Medicine, Vol.26 No.4 (1998), pp. 575-580.
- 8) Congeni, J., "Treating-and Preventing-Little League Elbow" , The Physician and Sportsmedicine, Vol.22 No.3 (Mar.1994), pp. 54,59-60,63-64.
- 9) Darden, G., "Baseball Conditioning: Developing an effective preseason conditioning program" , NSCA Journal, June 1994, pp. 42-49.
- 10) Davis, G. J. and Dickoff-Hoffman, S., "Neuromuscular Testing and Rehabilitation of the Shoulder Complex" , Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy, Vol.18 No.2 (Aug. 1993), pp. 449-457.
- 11) Fleisig, G. S., Andrews, J. R., Dillman, C. J. and Escamilla, R. F., "Kinetics of Baseball Pitching with Implications About Injury Mechanisms" , The American Journal of Sports Medicine, Vol.23 No.2 (1995), pp. 233-239.
- 12) Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Escamilla, R. F. and Andrews, J. R., "Biomechanics of Overhand Throwing with Implications for Injuries" , Sports Medicine, Vol.21 No.6 (Jun.1996), pp. 421-437.
- 13) Fleisig, G. S. and Escamilla, R. F., "Biomechanics of the Elbow in the Throwing Athlete" , Operative Techniques in Sports Medicine, Vol.4 No.2 (Apr.1996), pp. 62-68.
- 14) Gambetta, V., "Concepts of Baseball Conditioning: The White Sox Experience" , Strength and Conditioning, August 1997, pp. 7-9.
- 15) Gerbino, II, P. G. and Waters, P. M., "Elbow Injuries in the Young Athlete" , Operative Techniques in Sports Medicine, Vol.6 No.4 (Oct.1998), pp. 259-267.
- 16) Glousman, R., "Electromyographic Analysis and Its Role in the Athletic Shoulder" , Clinical Orthopaedics and Related Research, No.288 (Mar.1993), pp. 27-34.

- 17) Glousman, R., Jobe, F., Tibone, J., Moynes, D., Antonelli, D. and Perry, J., "Dynamic Electromyographic Analysis of the Throwing Shoulder with Glenohumeral Instability" , *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol.70-A No.2 (Feb.1988), pp. 220-226.
- 18) Guerra, J. J. and Timmerman, L. A., "Clinical Anatomy, Histology, & Pathomechanics of the Elbow in Sports" , *Operative Techniques in Sports Medicine*, Vol.4 No.2 (Apr.1996), pp. 69-76.
- 19) Hancock, R. E. and Hawkins, R. J., "Applications of Electromyography in the Throwing Shoulder" , *Clinical Orthopaedics and Related Research*, No.330 (1996), pp. 84-97.
- 20) 林田賢治、米田稔「投球障害肩の臨床診断」(『臨床スポーツ医学』第13巻第2号、1996年2月) 137~146ページ。
- 21) Heiderscheit, B. C., McLean, K. P. and Davis, G. J., "The Effects of Isokinetic Vs. Plyometric Training on the Shoulder Internal Rotators" , *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*, Vol.23 No.2 (Feb. 1996), pp. 125-133.
- 22) Hintermeister, R. A., Lange, G. W., Schultheis, J. M., Bey, M. J. and Hawkins, R. J., "Electromyographic Activity and Applied Load During Shoulder Rehabilitation Exercises Using Elastic Resistance" , *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.26 No.2 (1998), pp. 210-220.
- 23) 堀田和昭「プロ野球HomeページーキャンブWide、投手調整法」(『スポーツニッポン』1999年2月5日) 24ページ。
- 24) 井樋栄二「肩の安定化機構」(『臨床スポーツ医学』第13巻第2号、1996年2月) 121~125ページ。
- 25) Jacobs, P., "The overhand baseball pitch: A kinesiological analysis and related strength - conditioning programming" , *NSCA Journal*, Vol.9 No.1 (1987), pp. 5-13, 78-79.
- 26) Kibler, W. B., "Shoulder rehabilitation: principles and practice" , *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1998, pp. S40-S50.
- 27) Kibler, W. B., "The Role of the Scapula in Athletic Shoulder Function" , *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.26 No.2 (1998), pp. 325-337.
- 28) Lachowetz, T., Drury, D., Elliot, R., Evon, J. and Pastiglione, J., "The Effect of an Intercollegiate Baseball Strength Program on the Reduction of Shoulder and Elbow Pain" , *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol.12 No.1 (1998), pp. 46-51.
- 29) Lachowetz, T., Evon, J., and Pastiglione, J., "The Effect of an Upper Body Strength Program on Intercollegiate Baseball Throwing Velocity" , *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol.12 No.2 (1998), pp. 116-119.
- 30) Lauritis, M. D., "The Scapula's Role in Glenohumeral Joint Movements With Implications for Resistance Exercise" , *Strength and Conditioning*, April 1997, pp. 28-32.
- 31) Lephart, S. M. and Henry, T. J., "The Physiological Basis for Open and

- Closed Kinetic Chain Rehabilitation for the Upper Extremity” , Journal of Sport Rehabilitation, No. 5 (1996), pp. 71-87.
- 32) MacWilliams, B. A., Choi, T., Perezous, M. K., Chao, E. Y. S. and McFarland, E. G., “Characteristic Ground-Reaction Forces in Baseball Pitching” , The American Journal of Sports Medicine, Vol.26 No. 1 (1998), pp. 66-71.
- 33) 松尾知之、越智隆弘、猿木忠男、中山悌一、山本春三、杉田由嗣、長島裕二「投球傷害のメカニズム」(『スポーツ傷害』第13巻、1998年) 55～59ページ。
- 34) Mullins, J., “Upper Extremity Conditioning Program for Baseball Pitchers” , NSCA Journal, Vol.15 No. 4 (1993), pp. 46-49.
- 35) Myers, J. B., “Conservative Management of Shoulder Impingement Syndrome in the Athletic Population” , Journal of Sport Rehabilitation, No. 8 (1999), pp. 230-253.
- 36) 信原克哉、駒井正彦、立花孝、松本真一「投球動作と肩障害」『Japanese Journal of Sports Science』第11巻第12号、1992年) 757～761ページ。
- 37) Page, P. A., Lamberth, J., Abadie, B., Boling, R., Collins, R. and Linton, R., “Posterior Rotator Cuff Strengthening Using Theraband in a Functional Diagonal Pattern in Collegiate Baseball Pitchers” , Journal of Athletic Training, Vol.28 No. 4 (1993), pp. 346-354.
- 38) Perelli, D. E., “The Relationship Between Pitching Velocity and Anaerobic Power - Literature Review” , Strength and Conditioning, August 1996, pp. 58-63.
- 39) Potteiger, J. A. and Wilson, G. D., “Training the pitcher: A hypothetical model” , NSCA Journal, Vol.11 No. 3 (1989), pp. 27-31.
- 40) Pretz, R. ““Ballistic Six” Plyometric Training for the Overhead Throwing Athlete” , Strength and Conditioning Journal, Vol.26 No.6 (Dec. 2004), pp. 62-66.
- 41) Ronai, P., “Exercise Modifications and Strategies to Enhance Shoulder Function” , Strength and Conditioning Journal, Vol.27 No. 4 (Aug. 2005), pp. 36-45.
- 42) Powers, M. E., “Rotator Cuff Training for Pitchers” , Journal of Sport Rehabilitation, No. 7 (1998), pp. 285-299.
- 43) Robertson, T. Preparing a professional baseball player for spring training camp. Strength and Conditioning, August, 24-27, 1998.
- 44) 田中寿一「肘」(『Japanese Journal of Sports Sciences』第12巻第9号、1993年) 553～558ページ。
- 45) 筒井廣明「投球肩障害の保存療法」(『臨床スポーツ医学』第13巻第2号、1996年2月) 164～168ページ。
- 46) Wathern, D., “Periodization: Concepts and Applications” , In: Essentials of Strength Training and Conditioning. Baechle, T. R., ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994, pp. 459-471.
- 47) Werner, S. L., Fleisig, G. S., Dillman, C. J. and Andrews, J. R., “Biomechanics of the Elbow during Baseball Pitching” , Journal of Othopedic Sports Physical Therapy, Vol.17 No.6 (Jun. 1993), pp.

274-278.

- 48) Wilk, K. E. and Arrigo, C., "Current Concepts in the Rehabilitation of the Athletic Shoulder" , Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy, Vol.18 No.1 (Jul.1993), pp. 365-375.
- 49) Wilk, K. E., Arrigo, C. A. and Andrews, J. R., "Closed and Open Kinetic Chain Exercise for the Upper Extremity" , Journal of Sport Rehabilitation, No.5 (1996), pp. 88-102.
- 50) 山本龍二、筒井廣明「肩」(『Japanese Journal of Sports Science』第12巻第9号、1993年) 547～552ページ。