

自衛隊教育機関の大学校生における
運動器外傷・障害の発生状況と危険因子に関する検討

佐々尾 宙

(整形外科学専攻)

防衛医科大学校

令和元年度

目 次

序章	1
第1章 自衛隊教育機関の大学校生における運動器外傷・障害の発生状況	5
1-1 目的	5
1-2 対象と方法	5
1-2-1 対象	5
1-2-2 研究方法	5
1-2-3 評価項目	6
1-2-4 倫理的配慮	6
1-3 結果	6
1-3-1 運動器外傷・障害の発生率	6
1-3-2 運動器外傷・障害の原因	8
1-3-3 運動器外傷・障害の発生時期	9
1-3-4 運動器外傷・障害の発生部位	10
1-3-5 運動器外傷・障害の診断名	10
1-3-6 運動器外傷・障害の治療期間・治療状況	10
1-3-7 主要な運動器外傷・障害の発生状況	11
1-3-7-1 主要な運動器外傷・障害の発生状況	11
1-3-7-2 膝前十字靭帯損傷	12
1-3-7-3 肩関節脱臼・亜脱臼	13
1-3-7-4 下肢運動器障害	14

1-4	考察	15
1-4-1	運動器外傷・障害全般	15
1-4-2	膝ACL損傷	19
1-4-3	肩関節脱臼・亜脱臼	21
1-4-4	下肢運動器障害、疲労骨折	23
1-4-5	発生率と重症度による評価	27
1-4-6	運動器外傷・障害の予防に向けて	28
1-5	小括	29
第2章	自衛隊教育機関の新入生における下肢運動器障害の危険因子	30
2-1	背景・目的	30
2-2	対象と方法	31
2-2-1	対象	31
2-2-2	研究方法	31
2-2-3	評価項目	31
2-2-4	統計学的解析	33
2-2-5	倫理的配慮	33
2-3	結果	33
2-3-1	ベースラインにおける各種評価項目の結果	33
2-3-2	下肢運動器障害の発生状況	35
2-3-3	下肢運動器障害の発生と各種評価項目の関係	36
2-4	考察	37
2-5	小括	40

第3章	自衛隊教育機関の新生における下肢運動器障害の危険因子	
	～体組成、靴と足のサイズの不マッチによる影響に関する検討～	
3-1	背景・目的	4 2
3-2	対象と方法	4 3
3-2-1	対象	4 3
3-2-2	研究方法	4 3
3-2-3	評価項目	4 3
3-2-4	統計学的解析	4 5
3-2-5	倫理的配慮	4 5
3-3	結果	4 5
3-3-1	ベースラインにおける各種評価項目の結果	4 5
3-3-2	下肢運動器障害の発生状況	4 6
3-3-3	下肢運動器障害の発生と各種評価項目の関係	4 7
3-4	考察	4 9
3-5	小括	5 3
第4章	総括	5 4
第5章	結論	5 8
	謝辞	6 0
	文献	6 1
	図説明文	7 7
	図表	

序章

日常的な運動やスポーツなどの身体活動は、全死亡、心血管疾患、高血圧、脳卒中、メタボリックシンドローム、2型糖尿病、乳癌、大腸癌、直腸癌、うつ病、認知症などを減少させるという報告がある¹⁾。一方でその方法や量を誤ると運動器の外傷や障害の原因となり得る。同様に、救急隊や消防、警察、自衛隊といった、いわゆる first responder と呼ばれる集団においては、日頃からの訓練により即応性を向上させるが²⁾、こうした訓練や過酷な環境での任務に従事することによって、運動器に外傷・障害を受ける機会が多い³⁾。

医療技術の進歩とともに、運動器外傷・障害の診断精度、治療成績は向上し、早期診断・早期社会復帰が可能となってきているものの、必ずしも全例に完全な回復が得られるわけではなく、結果的に、運動やスポーツ、職務への復帰が叶わない者も少なくない。そのためこれまでに、予防を重要な施策と位置づけて長年研究を実施してきた⁴⁾。

van Mechelen らは、スポーツによる運動器外傷・障害の予防に向けた手法として、1) まず発生率を特定し、問題の程度を確認する、2) 発生に関わる因子を特定する、3) 予防策を導入する、4) 予防策の効果を検証する、という4段階のステップ (Sequence of Prevention) を推奨している⁵⁾。Finch⁶⁾やJonesら⁷⁾も類似の手法を推奨しているが、いずれもその第1段階は疫学調査であり、それ

をいかに正確に行うかが極めて重要である。

本邦で既存の運動器外傷・障害に関する疫学調査としては、保険金の支払い実績に基づいた報告⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾、医療機関の外来受診者を対象とした報告¹¹⁾¹²⁾、救命救急センターが参加した外傷データベース¹³⁾、Diagnosis Procedure Combination (DPC) データベースを用いた調査¹⁴⁾があるが、これらの母集団はそれぞれ保険加入者、外来受診患者、救命救急センターに搬送された重症外傷の患者、急性期入院患者に限定されてしまう。

海外での運動器外傷・障害の調査としては、本邦と同様に病院ベースの調査¹⁵⁾¹⁶⁾はあるが、重症外傷患者に限定されてしまう。スポーツに特化した運動器外傷・障害の大規模な調査として、大学生の各種競技・大会¹⁷⁾、サッカーリーグ¹⁸⁾¹⁹⁾、オリンピック・パラリンピックでの調査²⁰⁾は存在するが、これらのデータは横断的調査であり、選手個々の因子について分析したものではないため、運動器外傷・障害の危険因子を明らかにすることは難しい。

運動器外傷・障害の危険因子に関する報告の多くは military population からのものである。Military population での調査は、多くの人数を組み入れることができ、またその集団への人の出入りを正確に把握できるという利点がある。したがって、先述の van Mechelen が提唱する⁵⁾ 4 ステップモデルの第 1 段階で必要としている正確な疫学調査を行うことができ、第 2 段階として、調査開始時に

各種計測などを行い、前向き調査を行うことで危険因子についての評価が可能となる。このような調査を行う上で、母集団の選定は極めて重要である。

本研究では、大学に相当する自衛隊教育機関の学生を母集団として選定した。この教育機関では、一般大学と同様に教養科目、専門科目について授業が行われるとともに、防衛に関する学術分野に関する授業、毎週 1 時間の体育の授業も行われている。また、大学卒業後に勤務することになる、陸上、海上、航空の各自衛隊において必要となる事項に関する教育・訓練も行われる。訓練は毎週 2 時間程度継続的に実施されるものと、7 月に 1 ヶ月間にわたり行われる定期訓練、その他に 1 週間程度の定期訓練が年に 2 回程度実施される。さらに学生全員が運動系のクラブに加入して、1 日平均 1.5 時間程度活動している。したがって、一般大学に比して運動負荷が高いという特色を有している。

疫学調査を行う上での本集団の特長として、全学生が入学から卒業まで追跡が可能で母集団の人数を正確に把握することができる。全員が学内での寮生活を基本とするため、衣食住や訓練が共通である。運動器に外傷・障害を生じた学生は、必ず学内の診療所を受診し、整形外科専門医の診断を受ける。また学外で受傷した傷病についても、必ず学内の診療所への報告とそこでの経過観察を行っている。したがって、母集団の学生、受診患者をもれなく把握しており、診療の内容や治療経過などを長期かつ縦断的に追跡が可能な集団であり、各種傷病

の発生率などの算出、危険因子の検討をより正確に行うことができる。

この集団の特長を活かし、運動器外傷・障害の発生状況を明らかにし、その危険因子を探索することにより、予防に向けた取り組みにつなげることを目的として以下の研究を行った。第1章では、この集団における運動器外傷・障害の発生状況を明らかにし、どのような運動器外傷・障害をターゲットとして調査を進めるべきか検討した。第2章では、その結果を受けて、新入生における下肢運動器障害をターゲットとしてその危険因子について検討した。第3章では、生体電気インピーダンス法を用いた体組成の評価と、三次元自動足型計測機を用いた足型測定の結果を用いて、これらと下肢運動器障害の関連について検討した。

第1章 自衛隊教育機関の大学校生における運動器外傷・障害の発生状況

1-1 目的

長期かつ縦断的に追跡が可能な母集団である自衛隊教育機関の学生において、運動器外傷・障害の発生状況を明らかにし、当該集団における予防に向けた基礎的情報を得ることを目的とした。

1-2 対象と方法

1-2-1 対象

平成21年4月から29年3月までの8年間に本機関に在籍した学生のべ15,347名、男性14,105名、女性1,242名を対象とした。

1-2-2 研究方法

学内に併設された診療所の整形外科外来の初診時に学生が問診票に学年、性別、受診日、受傷日、原因、部位を記入する。診療を担当した整形外科医は診察後に診断名を記入して保存する。データはFileMaker Pro[®] (FileMaker, Inc., Santa Clara, CA, USA) でわれわれが独自に作成したデータベースに入力して一括管理される。その後の最終診断や治療内容を、診療録および画像検査データを確認した上で、追跡調査を行った。

1 - 2 - 3 評価項目

運動器外傷・障害の発生件数、発生率、学年・性別、発生時期、部位、原因、診断、治療期間、入院・手術の有無について検討した。治療期間は初診日から最終診察日までの期間と定義して算出した。ただし運動制限が解除され、数か月に1回程度の経過観察となっている症例については、医師が運動制限を全て解除する指示をした日までを治療期間とした。また単一の外力により生じたものを外傷、反復する外力または誘因なく生じたものを障害と定義した。

発生率は、発生件数を対象者数で除して、年間または月間、1人あたりまたは1,000人あたりの件数として算出した。

1 - 2 - 4 倫理的配慮

本研究は、防衛医科大学校倫理委員会の承認を受け（承認番号 2103）、さらに学内の診療所を初診した際に学生個人から書面による同意を得た上で実施した。

1 - 3 結果

1 - 3 - 1 運動器外傷・障害の発生率

8年間の総受診件数は15,109件で、学生数から算出した発生率（件/人・年）は0.98であった。男女別の発生率は、男性0.98、女性0.98であった。各年度

の発生率の推移を見ると、平成 21 年度の発生率が 1.37 であったのに対し、平成 28 年度には 0.68 と半減していた。男性では平成 21 年度 1.38 から平成 28 年度 0.67 と半減した一方で、女性は平成 21 年度 1.25 から平成 28 年度 0.79 と減少はしているものの、約 37%の減少に留まり、平成 26 年度以降の 3 年間は男女間で発生率は逆転していた(図 1)。学年別の発生率は、1 年 0.82(男 0.79、女 1.17)、2 年 1.04(男 1.04、女 0.98)、3 年 1.09(男 1.10、女 0.90)、4 年 1.02(男 1.04、女 0.80)であった。学年・性別に各年度の発生率の推移を見ると、いずれも経年的に減少する傾向にはあるが、1 年生女性の減少は鈍く、平成 25 年度以降は 1 年生女性の発生率が最も高いことがわかった(図 2 a-d)。

診断を外傷と障害に分けて検討すると、外傷が 9,866 件(65.3%)、障害が 5,243 件(34.7%)であった。それを男女別に検討すると、男性では外傷が 9,295 件(66.9%)、障害が 4,592 件(33.1%)、女性では外傷が 571 件(46.7%)、障害が 651 件(53.3%)であり、男性では外傷が多く、女性では障害が多かった。男女別に外傷と障害の発生率の経時的変化を見ると、男性の外傷の発生率は、平成 21 年度 0.98 から平成 28 年度 0.40 と約 60%減少していた。女性の外傷も年度ごとの変動はあるが全体としては減少傾向にあった(図 3)。一方で、男女とも障害の発生率は減少が緩徐であり、いずれの年度も女性が男性に比して発生率が高い状態が続いていた(図 4)。

1-3-2 運動器外傷・障害の原因

運動器外傷・障害の原因は、クラブ活動が 8,066 件 (53.4%) で最も多く、訓練 2,165 件 (14.3%)、課業時間外に自主的に行っているランニングやウェイトトレーニングなどの体力トレーニングが 1,237 件 (8.2%)、学校祭の行事として伝統的に行われる棒倒しでの受傷が 878 件 (5.8%)、体育の授業での受傷が 831 件 (5.5%) と続いた (図 5)。クラブ活動によるもののうち、外傷が 6,240 件 (77.4%)、障害が 1,826 件 (22.6%) であったのに対し、訓練では外傷が 603 件 (27.9%)、障害が 1,562 件 (72.1%)、体力トレーニングでは外傷が 380 件 (30.7%)、障害が 857 件 (69.3%) と障害の方が多かった。

クラブ活動の競技種目別に、部員数をもとに発生率 (件/人・年) を算出したところ、アメリカンフットボールが 1.87 で最も高く、以下女子柔道 1.45、ラグビー 1.30、男子柔道 1.22、レスリング 1.22 とコンタクト強度の高いスポーツ (コリジョンスポーツ) が上位を占めた。空手やハンドボール、サッカーなど身体的な接触がある、いわゆるコンタクトスポーツがそれに続いたが、ノンコンタクトスポーツである体操の発生率も高く、男女ともに 0.8 を超えていた (図 6)。

訓練による受傷の内訳は、時間走や距離走などの持続走、荷物を背負って不整地を走ったり、荷物を背負いながら小銃等を抱えて壕や壁などの障害を含むコースを走ったりする訓練など、走動作を中心とした訓練による受傷が 1,267 件

(58.5%) と大半を占め、行軍・行進訓練 251 件 (11.6%)、水泳訓練 146 件 (6.7%)、カッターと呼ばれる手漕ぎで進む小型船の操法訓練 142 件 (6.6%)、スキー訓練 113 件 (5.2%) と続いた。体力トレーニングによる受傷の内訳は、ランニングやダッシュ、インターバル走などが 797 件 (64.4%) であり、ウェイトトレーニングが 212 件 (17.1%) であった。体育による受傷の内訳は、トランポリンや跳び箱、マット運動など器械体操が 161 件 (19.4%) と最も多く、サッカー 141 件(17.0%)、柔道 132 件(15.9%)、バスケットボール 124 件(14.9%)。バレーボール 88 件 (10.6%)、ラグビー 73 件 (8.8%) と続いた。しかしながら、訓練や体育の授業の参加人数を正確に把握することは困難なため、先述のようなクラブ活動の競技種目別という形での発生率の算出はできず、訓練の内容や体育の競技種目間で発生率を直接比較することはできなかった。

1-3-3 運動器外傷・障害の発生時期

全体的な傾向としては、4~6月と9~11月にかけて月毎に件数が多くなっていく時期があり、7,8月は少なく、12月から3月にかけては大きな変動は認めなかった。外傷と障害に分けて検討すると、4月と1~3月は他の月に比して障害の発生が多かった(図7)。

入学から卒業までの4年間(48か月間)での発生時期を性別に検討すると、

入学から2年生の5月までの14か月間は女性に発生率が高い月が多く、それ以降は男性に発生率が高い月が多くなっていた(図8)。

1-3-4 運動器外傷・障害の発生部位

発生部位は、膝関節 2,286 件 (15.1%) が最も多く、以下、足関節 2,056 件 (13.6%)、手指 1,857 件 (12.3%)、足部・足趾 1,846 件 (12.2%) の順に多く、下肢が 8,106 件 (53.7%) と半数以上を占め、上肢は 4,364 件 (28.9%)、体幹は 2,630 件 (17.4%) であった。外傷と障害に分けて検討すると、外傷は手指、足関節、足部・足趾、膝関節に多かった。障害は膝関節、腰部・腰椎、足部・足趾に多く、この3か所で約60%を占めていた(図9)。

1-3-5 運動器外傷・障害の診断名

診断名別では、捻挫・靭帯損傷が 4,176 件 (27.6%) で最も多く、以下、打撲・筋挫傷・血腫 3,385 件 (22.4%)、腱炎・腱周囲炎 1,868 件 (12.4%)、骨折 628 件 (4.2%)、筋断裂・肉離れ 389 件 (2.6%)、脱臼・亜脱臼 361 件 (2.4%) と続いた(表1)。

1-3-6 運動器外傷・障害の治療期間・治療状況

治療期間は、1週間以内が8,899件（58.9%）であり、4週間以内だったものは12,663件（83.8%）であった。一方で、3か月以上要したものが706件（4.7%）存在した（図10）。診療1件あたりの平均治療日数は20.5日、1人あたりの平均治療日数は20.1日であった。入院を要したものは397件（2.6%）、手術を要したものは369件（2.4%）であった。

1-3-7 主要な運動器外傷・障害の発生状況

1-3-7-1 主要な運動器外傷・障害の発生状況

予防ターゲット選定のため主要な運動器外傷・障害について、発生率と平均治療日数から散布図を作成した（図11）。最も発生率（年間1,000人あたりの件数）が高いものは足関節捻挫で104.1件であり、1年間で約10名に1名が受傷するという状況であった。以下、発生率が高い順に、腰痛症61.8件、手指関節捻挫57.9件、足部・足趾の打撲36.1件、手指の打撲34.4件、手関節捻挫27.7件、膝関節打撲27.2件と続いていた。疲労骨折、膝蓋靭帯炎、腸脛靭帯炎、シンスプリント、アキレス腱炎など骨盤・股関節から足部・足趾にかけての下肢に生じた障害をまとめると、その発生率は217.2件となり、足関節捻挫の2倍以上と極めて高い発生率であった。一方、1件あたりの平均治療日数が長いものは、肩

関節脱臼・亜脱臼に対し手術を必要とした症例で 418.2 日、膝前十字靭帯損傷 337.2 日、上腕骨骨折 281.8 日、下腿骨幹部骨折 169.6 日、手舟状骨骨折 168.5 日、2 度以上の膝関節内側側副靭帯損傷（症状が圧痛のみの症例を除く）や後十字靭帯損傷など前十字靭帯損傷以外で膝関節の不安定性を来した靭帯損傷が 164.0 日と続いていた。次項では、平均治療期間が長かった膝前十字靭帯損傷、肩関節脱臼・亜脱臼、発生率が高かった下肢運動器障害について検討した。

1 - 3 - 7 - 2 膝前十字靭帯（Anterior Cruciate Ligament : ACL）損傷

ACL 損傷と診断されたものは 74 件であり、整形外科初診患者の 0.49%であった。対象とした母集団内での ACL 損傷の発生率（年間 1,000 人あたり）は 4.82 件、男性は 4.82 件、女性は 4.83 件であった。

受傷原因は、クラブ活動が 57 件（77%）を占め、その内訳はラグビー 16 件、アメリカンフットボール 11 件、柔道 9 件の順であった。部員数から競技別の発生率（年間 1,000 人あたり）を算出すると、女子柔道で 32.3 件、女子体操で 27.0 件、男子柔道 18.5 件、アメリカンフットボール 17.0 件、レスリング 15.0 件の順であった（図 12）。

受傷機転は、膝関節への直接外力により生じたもの（直接接触型）が 16 件（21.6%）、患部以外への接触により膝関節に間接外力が加わって生じたもの（間

接接触型)が22件(29.7%)、自分で捻ったなど、接触を伴わずに生じたもの(非接触型)が34件(45.9%)であった。クラブ活動別に検討すると、アメリカンフットボールと柔道では90%が直接接触型または間接接触型で、ラグビーでは接触型と非接触型による受傷が同数であった。

治療は63例に手術が行われ、9例は本人の希望等で保存的に加療された。2例は卒業後に治療を受けたため治療内容は不明であった。全症例の平均治療日数は337.2日であり、約1年間を要していた。学生は卒業後に本格的に自衛官としての訓練を受ける学校に進学することになるが、受傷者74例中4例では進学できず任官を断念し、4例は1年遅れて進学していた。

1-3-7-3 肩関節脱臼・亜脱臼

肩関節脱臼・亜脱臼と診断されたものは252件であり、整形外科初診患者の1.67%であった。対象とした母集団内での肩関節脱臼・亜脱臼の発生率(年間1,000人あたり)は16.4件、男性は17.7件、女性は2.4件であった。

受傷原因は、クラブ活動が最も多く148件(58.7%)を占め、その内訳はラグビー49件、アメリカンフットボール25件、レスリング14件の順であった。5件以上発生した競技において、部員数から競技別の発生率(年間1,000人あたり)を算出すると、相撲で63.6件、レスリングで52.6件、ラグビー41.4件、

アメリカンフットボール 38.6 件の順で続いていた (図 13)。

平均治療日数は 131.6 日であったが、手術を受けた 61 例では平均 418.2 日と 1 年以上の長期療養を要していた。

1 - 3 - 7 - 4 下肢運動器障害

疲労骨折、膝蓋靭帯炎、腸脛靭帯炎、シンスプリント、アキレス腱炎など骨盤・股関節から足部・足趾にかけて生じた障害をまとめると 3,334 件であった。男性 2,845 件、女性 489 件であり、対象とした母集団内での発生率 (年間 1,000 人あたり) は 217.2 件、男性は 201.7 件、女性は 393.7 件であった。

入学から卒業までの 48 か月間での発生状況について検討すると、すべての下肢運動器障害のうち、男性で 41.6%、女性で 53.0%が入学後の 14 か月間までに生じていることが判明した。以後、男女ともに 2 年生の 4 月、3 年生の 1 月から 4 年生の 4 月、4 年生の 1, 2 月と強度の高い訓練をする時期に一致して発生率が高かった (図 14)。

下肢運動器障害の原因は、訓練 1,246 件 (37.4%) が最も多く、クラブ活動 963 件 (28.9%)、体力トレーニング 605 件 (18.1%) の順であった。訓練の内訳は、走動作を中心とした訓練による受傷が 823 件 (66.1%)、行軍・行進訓練が 183 件 (14.7%) であった。体力トレーニングのうち 552 件 (91.2%) は走動

作を中心としたトレーニングであった。

下肢運動器障害のうち、疲労骨折と診断された者は163件、男性120件、女性43件であり、発生率（年間1,000人あたり）は10.6件、男性8.5件、女性34.6件であった。これを学年別に検討すると1年生の男性12.1件、女性80.7件、2年生の男性7.6件、女性28.8件、3年生の男性9.1件、女性7.0件、4年生の男性4.4件、女性3.8件であり、1年生の女性に著しく多かった（図15）。入学からの14か月間で、男性は66件発生しており、4年間の総数の55.0%であったが、女性は同期間までに38件（88.4%）が発生していた。疲労骨折の部位は、脛骨が94件（57.7%）で最も多く、中足骨36件（22.1%）、恥坐骨22件（13.5%）の順であり、この3つの部位で90%以上を占めていた（図16）。男女の部位別発生件数は、脛骨は男性70件、女性24件、中足骨は男性32件、女性4件、恥坐骨は男性10件、女性12件であった。

1-4 考察

1-4-1 運動器外傷・障害全般

本研究では、自衛隊教育機関に在籍する学生における運動器外傷・障害の発生率は、年間1人あたり0.98件であった。本研究のような大規模な集団での運動器外傷・障害の発生率を調査した報告は少なく、しかも多くは military

population に限られており、それらの調査間でも、外傷・障害の定義が異なり、対象としている集団の年齢、性別、生活環境、訓練の内容や強度が異なるため直接の比較は難しい。一方で、アスリートを対象とした調査の多くは、発生率を athlete-exposure (AE) として、1人の選手の1回の試合や練習への参加を単位として計算していることもあり、これらの報告とも直接比較をすることは難しい。本研究では、運動器外傷・障害全体の発生率は経時的に減少していたが、学年・性別に検討したものでは、1年生女性を除き、調査開始当初の平成21年度に比して著明に減少していた。また、主に外傷での減少が大きく、障害は減少しているものの緩徐であった。運動器外傷・障害の発生率が減少している理由は明確にはできないが、本研究で得られたデータは逐次、対象集団にフィードバックされており、クラブ活動や訓練、体育の授業など様々な場面で、指導者が運動器外傷の予防に向けて対策を講じた可能性はある。

運動器外傷・障害の原因は、クラブ活動によるものが半数以上を占め、訓練や体力トレーニングと続いていた。クラブ活動の種目別に検討すると、アメリカンフットボール、柔道、レスリング、ラグビーといったコンタクト強度の高い、いわゆるコリジョンスポーツでの受傷が多く、これらの集団での予防は重要と考えられた。また、訓練はこの集団に特異的な原因である。本校における訓練は、基本的な動作を身につけさせるもの、体力向上を目的とした通常のランニング

から、小銃を携行し、重量物を背負った状態での行軍、射撃訓練、水泳訓練、スキー訓練など多岐にわたるが、走動作を中心とした訓練による受傷が約 6 割を占めていた。各自が自由時間に行っている体力トレーニングによる受傷でも、その 6 割強はランニングに伴うものであることが判明した。しかしながら、それぞれの訓練の参加人数や強度、自主的に行っている体力トレーニングの実施人数、時間や頻度などを正確に把握することは困難で、原因別に発生率を比較することはできなかった。

運動器外傷・障害の発生時期は、4～6 月と 9～11 月にかけて多くなっていく時期があるが、これは運動器外傷・障害全体の原因の半数以上を占めているクラブ活動のシーズンが主に春と秋に分かれ、この時期に試合が集中していることが影響していると考えている。7 月は学生全体が訓練に参加しているため、クラブ活動はほぼ行われていない。また、8 月は一部のクラブでは合宿を行っているが、夏季休暇期間でもある。そのため 7,8 月は他の月に比して運動器外傷・障害の発生が少ないものと考えている。各月ごとの外傷と障害の割合を検討すると、4 月と 1～3 月は他の月に比して障害の発生が多い。2 年生の 4 月、3 年生の 3 月、4 年生の 3 月にランニングを中心とした強度の高い訓練を行っており、この訓練に向けて 1～3 月にかけて各個人が自主的にトレーニングをする中で下肢を中心とした障害を発生していることが多いためである。入学から卒業までの 48

か月間の中では、女性で1年生の6月と2年生の4月に月間1,000人あたり200件近い運動器外傷・障害の発生を認めている。1年生の4～6月にかけて徐々に訓練の強度が上がることで、また先述の通り2年生の4月にはランニングを中心とした強度の高い訓練が集中的に行われることに起因している。

本研究では運動器外傷・障害の発生部位は、下肢が53.7%と半数以上を占め、膝関節、足関節、手指、足部・足趾の順に多かったが、米陸軍新隊員のトレーニングでも下肢が75%²¹⁾、ノルウェー陸軍幹部のトレーニングでも同じく下肢が85%を占めたと報告されている²²⁾。米陸軍歩兵の調査でも外傷・障害は下肢に多く、膝関節が19.2%、足関節が14.8%であり、腰部が12.9%と続くと報告しており²³⁾、スロベニア軍の10年間の調査でもやはり下肢に多く、足関節が23%、膝関節が21%であったと報告されている²⁴⁾。割合や部位の分布は報告により異なるが、下肢の外傷・障害が多いことはいずれの調査でも共通していた。

治療期間については、治療が中途のまま退学してしまった場合などは追跡できていない症例がわずかではあるが存在するという問題点はあるが、1週間以内のものが58.9%と半数以上を占めていた。これは診療所が学内にあるため、一般的な病院や診療所への受診に比して安易に受診が可能であるという点を反映した結果ではないかと考えている。一方で3か月以上を要したものが706件(4.7%)存在している。年間90件弱ということになり、決して少ないとは言え

ない。主に膝 ACL 損傷、肩関節脱臼・亜脱臼によるものであるが、これらについて対策を講じる必要がある。

診断別の発生率では、足関節捻挫が最も高く、年間 1,000 人あたり 104.1 件であった。また外来受診患者の 10.6%を占めていた。したがって、足関節捻挫についても対策を講じる必要があるが、膝 ACL 損傷や肩関節脱臼・亜脱臼と比べて原因は多種多様であり、現時点では危険因子の特定は難しいと考えた。

1-4-2 膝 ACL 損傷

本研究における ACL 損傷の発生頻度は年間 1,000 人あたり 4.82 件であったが、自験例は全例がクラブ活動や訓練など運動習慣がある大学生の集団であり、他に同様の大規模疫学調査が少ないこともあり、直接比較をすることは難しい。高橋らは、中高生を対象とした日本スポーツ振興センターの災害共済給付制度のデータをまとめ、9年間で 26,866 件（男性 9,935 件、女性 16,931 件）、受傷率は年間 1,000 人あたり 0.80 件（男性 0.47 件、女性 1.35 件）であったと報告している²⁵⁾。Moses らは、様々な集団を対象とした文献のレビューを行い、ACL 損傷の発生率（年間 1,000 人あたり）は、国民全体を対象とした調査では 0.08～0.52 件、アマチュアスポーツでは 0.02～16.1 件、軍隊では 0.93～21.4 件、プロスポーツでは 1.5～73.2 件と報告した²⁶⁾。調査対象の年齢層や性別、スポーツ

種目、活動レベルにより発生頻度は大きく異なっていた。

ACL 損傷の受傷機転は、一般的に非接触型が多いとされる。競技種目別では、アメリカンフットボール、柔道、ラグビーでは接触型が半数以上を占めるとされている。本研究ではアメリカンフットボールと柔道は同様の結果であったが、ラグビーでの非接触型が他の報告に比して多い傾向があった。ACL 損傷に対する予防プログラムの多くは非接触型の損傷に対するものであるが、対象とする集団でどのようなタイプの損傷が起こっているのかを見極めて予防対策を講じることが重要である。

Ardern らは、ACL 再建術後の競技復帰に関するシステマティックレビューで、48 件の調査の合計 5,770 名について解析し、何らかのスポーツへの復帰は 82%、受傷前のレベルへの復帰は 63%、さらに高いレベルへの復帰は 44%であったと報告している²⁷⁾。また Antosh らは米陸軍隊員で ACL 再建術を受けた 470 名の業務復帰の状況について調査し、業務への完全復帰は 47~77%であった一方で、25%は除隊し、27%は業務に制限があったと報告している²⁸⁾。我々の例でも受傷者の約 1 割において、進路に何らかの影響があり、そのうち半数は自衛官になることができおらず、ACL 損傷の予防は業務遂行の上でも重要であると考えている。

1-4-3 肩関節脱臼・亜脱臼

本研究における肩関節脱臼・亜脱臼は 161 名に 252 件発生していた。発生率は年間 1,000 人あたり 16.4 件であった。医療従事者が整復を行った症例を脱臼として定義すると、脱臼の発生率は 1,000 人あたり 5.7 件であった。米軍全体で 1998 年から 2006 年にかけての調査において、肩関節脱臼の発生率は 1.69 件で、軍種別の内訳として、陸軍と海兵隊は 2.3 件、空軍 1.2 件、海軍 1.1 件であり、この違いは業務に上肢を使う頻度の違いに起因すると報告している²⁹⁾。2002 年から 2011 年にかけての米陸軍の調査では、発生率は年間 1,000 人あたり 3.13 件と報告しており、やや上昇傾向にある³⁰⁾。本研究の対象集団と同等の組織にあたる米軍士官学校での前向き調査での発生率は年間 1,000 人あたり、脱臼が 4.3 件、亜脱臼が 23.9 件と報告されており³¹⁾、脱臼の発生率は本研究でやや高く、亜脱臼の発生率は低いという違いはあるものの、ほぼ同様の結果と考えられた。脱臼は医師による整復操作を要していることからその発生状況はほぼ正確に把握されているものと考えられるが、亜脱臼は患者本人が伝える症状や受傷機転、臨床所見からの診断であること、また症状が軽微の場合は受診もしていない可能性が考えられ、これらの理由が発生率の違いにつながっていると考えられる³²⁾。

National Collegiate Athletic Association (NCAA) における肩関節脱臼に関する

る傷害調査では、アメリカンフットボール、レスリング、アイスホッケーで発生率が高かった³³⁾。NCAAの競技種目には相撲、ラグビーは含まれないが、本調査と同様、コンタクト強度の高い競技での発生率が高かった。各競技でその特性は異なるので、受傷機転を明確化し、それに応じた予防策を講じるべきと考えられた。

本調査では、肩関節脱臼・亜脱臼と診断された161名のうち、61名(37.9%)で手術が施行されていた。手術を受けた症例では、平均治療日数が418.2日と長期に及んだが、これは対象とした集団が大学生であるため、学業スケジュールに合わせて手術予定を決めていることも影響している面もあると考えられるが、一般的に手術から競技復帰までに要する期間は長く、肩関節脱臼・亜脱臼の予防の重要性は高い。

今回、入学前の肩関節脱臼の既往歴については検討していないが、スウェーデンにおける多施設調査で肩関節の初回脱臼から10年間の経過についてまとめた報告によると、初回脱臼の年齢が12～16歳の場合、10年間で70%以上の症例で再脱臼し、約40%は手術を受けていると報告している³⁴⁾。大学入学前に肩関節脱臼の既往がある者については、入学時に運動制限の有無や不安定性について評価した上で、発生率の高い競技種目に参加する場合はより一層注意するなど対策を講じる必要があると考えられる。

1-4-4 下肢運動器障害、疲労骨折

骨盤・股関節から足部・足趾にかけて生じた障害の発生率は、年間 1,000 人あたり 217.2 件で、男性 201.7 件、女性 393.7 件と女性に多かった。米陸軍の調査では約 900 件であり³⁵⁾、年間で 300 万日以上 of 業務時間が失われていると報告されているなど³⁶⁾、各国の様々な部隊において、下肢運動器障害は大きな問題となっている^{37) 38) 39) 21)}。

入学後の 14 か月間以内に、下肢運動器障害全体のうち、男性で 41.6%、女性で 53.0%が生じていた。本研究の集団と同等の組織になるオーストラリア国防大学では、15.4%の学生が、下肢の代表的な障害であり、脛骨前下方の内側縁を中心に疼痛を生じる medial tibial stress syndrome (MTSS) を発症し、このうち 53%が 1 年生であると報告している⁴⁰⁾。下肢運動器障害が新隊員に多いことは過去に多く報告されており^{41) 42) 43)}、入隊後に運動の量や強度が急激に上がることが原因ではないかと考えられる。

また入学後の 48 か月間のうち、強度の高い訓練をしている時期では、男性で月に 1,000 人あたり 50~70 件、女性で 70~120 件の発生率であったが、ノルウェー陸軍の幹部のトレーニングでは、月に 100 人あたり 26.7~45.5 件と報告されており²²⁾、本研究の対象に比して 5~6 倍発生率は高い。訓練の内容や強度が異なるため、直接比較することは難しいが、自験例の下肢運動器障害の発生率が、

他の部位の外傷・障害に比して高いことは、他の報告と合致していた。

下肢運動器障害の原因は、運動器外傷・障害全体の原因（図5）とは異なっていた。訓練による受傷が40%弱と最も多く、クラブ活動による受傷は30%を下回っており、運動器外傷・障害全体の原因（図5）とは逆になっていた。続いて各自で行う体力トレーニングが多かったが、その90%以上がランニングに伴うものであった。訓練による受傷の3分の2が走動作を伴うものであったことも考え併せると、下肢運動器障害の大半はランニングに起因するとも言える。また、訓練によって生じた下肢運動器障害は1,246件で、訓練によって生じた全運動器外傷・障害2,165件の約60%にもなる。訓練はクラブ活動と異なり、全員が共通して行うものであり、極めて発生率が高い下肢運動器障害を予防する上で、その危険因子を検討することは有用と考えられる。

下肢運動器障害のうち、疲労骨折は歴史的に軍隊での発症が多いことから、各国の軍隊を対象とした多くの調査が行われ、その結果が報告されてきた。しかし、これまでの自衛隊における報告は、短期教育中の隊員を対象とした調査⁴⁴⁾や母集団が不確定の外来患者の調査⁴⁵⁾、あるいは症例報告^{46) 47, 48)}にとどまっていた。

自衛隊以外に目を向けると、国内における疲労骨折の疫学調査は、特定の医療機関への外来患者を対象とした調査がほとんどであり^{49) 50) 51)}、われわれが渉猟し得た限り特定の大規模な母集団を長期に追跡した調査は国内には存在しない。

国内の疲労骨折の疫学調査では、深井らは、約 36 年間のスポーツ整形外科外来の受診患者 106,458 名のうち 2,886 名 (2.7%) が⁴⁹⁾、能見らは、20 年間のスポーツ外来の受診患者 5,117 名のうち 437 名 (8.5%) が⁵⁰⁾、Iwamoto らは約 10 年間のスポーツクリニックの受診患者 10,276 名のうち 196 名 (1.91%)⁵¹⁾が疲労骨折であったと報告している。これらの調査での発生率は、全外来患者に占める割合として算出されており、自験例の 1.1%と比較して高率であるが、これは外来を受診する患者の背景が異なることが原因と考えられる。

Cosman らは、本調査の対象集団と同等の組織にあたる米軍士官学校での前向き調査を行い、891 名を 4 年間追跡したところ、69 名 (7.7%) に 98 件の疲労骨折が発症したと報告している⁵²⁾。本調査で対象とした集団における発生率は、年間 1,000 人あたり 13.6 件であった。Cosman らの報告の発生率を本調査と比較できるように人年法で推定すると、年間 1,000 人あたり 27.5 件であり、本調査の 2.6 倍の発生率であった。

今回の調査では、1 年生での発生が多く、学年が上がるにつれて発生率は低下していた。Cosman らの調査でも、学年が上がるにつれて発生率は低下し、疲労骨折の 50%以上が入学直後の 3 か月間に集中していた⁵²⁾。Goldberg らも、大学間のスポーツ競技会に参加する大学生 3 年間の調査において、疲労骨折の 67%が 1 年生に発生しており、学年が上がるにつれて発生率が低下していた⁵³⁾。こ

これは、大学に進学（自衛隊に入隊）し、高校生までに比べて運動の量や質が急激に増大し、学年が上がるにつれて徐々に体力が適応していくためではないかとも考えられる。

性差について、自験例での発生率（年間 1,000 人あたり）は、男性は 8.5 件、女性は 34.6 件であり、女性が男性の約 4.1 倍であった。国内の外来受診患者をベースとした報告では^{49) 50) 51)}、男性が多いあるいは、性差がないとの報告が多いが、これらの報告は疲労骨折の患者の平均年齢が低いことや、患者の運動種目や頻度などの背景が不均一であるため、疲労骨折の発症における性差の有無につき論じることはできない。Wentz らが 1965 年から 2010 年までの論文の systematic review を報告しており、軍隊を対象とした調査における発生率は、男性 3%、女性 9.2%と女性で高く、アスリートを対象とした調査では、有意差を認めた論文は少ないものの、男性 6.5%、女性 9.7%でありやはり女性に多かったと報告しており⁵⁴⁾、自験例の結果と矛盾しない。近年、女性アスリート特有の健康管理上の問題点として、「無月経」、「骨粗鬆症」、「利用できるエネルギー不足」が挙げられ、これらは「女性アスリートの三主徴 (Female Athlete Triad)」と呼ばれている⁵⁵⁾。この三主徴を有するアスリートでは、疲労骨折のリスクが高まることが報告されている^{56) 57)}。今回の調査ではこの点に関しては検討を行っておらず、今後の課題である。

1-4-5 発生率と重症度による評価

本研究では、長期に縦断的に追跡できるという母集団の特性を活かし、治療期間を評価項目に入れた。従来の傷害調査では発生率が主要な検討項目となっていたが、発生率のみで実態を評価するのは不十分であり、重症度とあわせて評価をすることが推奨されている⁵⁸⁾。重症度の定義は、報告によってスポーツや業務に復帰するまでに要した期間、治療にかかった費用、社会的に喪失した費用などと異なるが⁵⁹⁾、本研究では治療期間を重症度評価の指標として検討した。発生率と重症度を合わせて散布図を作成することで、対象とした集団において、どの運動器外傷・障害に焦点を当てて研究を進めるべきかをより直感的に明らかにすることができる。つまり、最も重要なターゲットは、発生頻度が高く、重症度が高いものとなり、従来の調査で把握可能であった発生頻度が高いものだけではなく、発生頻度が低くても重症度が高いものにも目を向けることができた。この手法はリスクマトリックスとも呼ばれ、労働災害のリスク評価を目的として1900年代半ばに使用されるようになった方法である。スポーツによる傷害調査においては、イングランドのサッカーチームにおける分析として初めて報告されて以降⁶⁰⁾、広く用いられるようになってきている。

本研究の結果から、図11に示した通り、重症度が高い（治療期間が長い）ものは肩関節脱臼・亜脱臼や膝ACL損傷であり、発生率が高いものは足関節捻挫

であることがわかった。下肢運動器障害はシンスプリント、疲労骨折など部位や診断ごとに個別に評価していたため、図 11 では浮かび上がってこないが、下肢運動器障害をひとくくりとして検討すると、平均治療日数は 12.4 日ではあるが、発生率は年間 1,000 人あたり 217.2 件であり、足関節捻挫の 2 倍にも及ぶ。今後は、これらの運動器外傷・障害を中心に、危険因子について検討する必要がある。

1-4-6 運動器外傷・障害の予防に向けて

本研究の結果を受けて、今後、重症度が高いまたは発生率が高い運動器外傷・障害で、予防に向けた危険因子の検討、介入研究を行っていく必要がある。重症度が高い肩関節脱臼・亜脱臼、膝 ACL 損傷は、レスリング、柔道、ラグビー、アメリカンフットボールのようなコンタクト強度が高い競技での発生が多く、これらの競技を行う集団に対して介入を行う必要がある。発生率が高かった足関節捻挫はその原因が多岐にわたるため介入が難しいと考えた。さらにその約 2 倍の発生率であった下肢運動器障害は、全学生が共通して行う訓練やランニングなどに起因しており、発生率が極めて高く、介入による予防が期待できることから、第 2 章以降の研究では下肢運動器障害に焦点を絞って検討することとした。下肢運動器障害は女性に多く、時期は入学後 14 か月間に多く発生している

ことが、これまでの本研究でわかった。そこで入学時にベースライン調査を行い、前向き調査を行うことでその危険因子を明らかにすることができると考えた。

本研究は、通常に比して運動負荷が高い集団における解析であり、そのまま一般の集団にあてはめることはできないが、自衛隊で新隊員を教育する部隊や、救急隊や消防、警察といった、いわゆる first responder と呼ばれる、ある程度活動性の高い集団にとっては参考になる有用なデータと考えられる。

1-5 小括

自衛隊教育機関の大学校生における運動器外傷・障害の発生状況について検討した。スポーツに起因する運動器外傷・障害が多く、特に下肢の運動器外傷・障害が半数以上を占めた。疾患別に発生率、重症度を合わせて検討すると、対象とした集団においては、肩関節脱臼・亜脱臼、膝 ACL 損傷、足関節捻挫、下肢運動器障害を中心に、その危険因子について検討する必要があると考えられた。

第2章 自衛隊教育機関の新入生における下肢運動器障害の危険因子

2-1 背景・目的

第1章で、本研究で対象としている集団において、下肢運動器障害の発生が多いことが判明した。特に1年生、女子学生を中心に頻発していること、しかも入学直後の3か月間を中心として、入学後から14か月間までに、男性では41.6%、女性では53.0%に発生していた。

運動器外傷・障害の原因には、年齢や性別、体型、体組成、体力、筋力、解剖学的特徴、技術、性格や心理などの内的要因と、防具や用具、天候や屋内・屋外などの環境、指導者や指導法などの外的要因があり、それらが複合的に関与している⁶¹⁾。またこれらの要因は、体力や筋力あるいは用具、環境、指導法のように介入や変更が可能なものと、年齢や性別、解剖学的特徴のように介入が不可能なものが存在する⁶²⁾。

疲労骨折やMTSS、シンスプリントといった下肢運動器障害発生の危険因子に関して、military populationを対象としてこれまでに行われてきた調査によると、女性^{40) 41) 42) 63) 64) 65)}、BMIの高低⁶⁶⁾、体力レベルの低い者^{43) 67)}、下肢の外傷・障害の既往がある者^{68) 69) 70)}、月経異常がある者^{71) 72)}で、下肢運動器障害発生が多いとされている。

そこで、対象としている教育機関の新入生において、入学直後にこれらの要因

についてベースライン調査を行い、14 か月間の前向き調査を行うことによって、
下肢運動器障害発生の危険因子を明らかにすることを本研究の目的とした。

2-2 対象と方法

2-2-1 対象

平成 29 年 4 月に大学相当の自衛隊教育機関に入学した学生のうち、他国からの留学生を除く 471 名、男性 407 名、女性 64 名を対象とした。

2-2-2 研究方法

対象者にベースライン調査として身体計測、体力測定、アンケート調査、骨量測定を実施した。また、下肢運動器障害の発生状況について、平成 30 年 5 月までの 14 か月間の前向き調査を実施した。

2-2-3 評価項目

身体計測では身長と体重を計測し、body mass index (BMI) を算出した。また、入学直後に実施された 50m 走、1,500m 走（女性は 1,000m 走）、懸垂（女性は斜懸垂）、ボール投げ、立ち幅跳びの 5 種目の体力測定のデータを用いた。対象とした集団では、これらの測定結果は所定の基準に基づいて得点化されて

いるが、今回は測定結果そのものを用いて評価した。

アンケート調査では、年齢、小学校から高等学校までの運動歴、捻挫・靭帯損傷や骨折、疲労骨折など下肢運動器外傷・障害の既往歴を回答させた。女性には初経年齢、入校前1年間の月経周期、月経期間について回答させた。アンケートの回答内容のうち、運動歴の有無は、学校のクラブ活動やスポーツクラブ、道場等に所属して、1回1時間以上、週2回以上の運動を、小学校では4年間以上、中学校・高等学校では2年間以上行っていた者を運動歴ありと定義した。女性が回答した月経に関する内容から、初経年齢が15歳以上（遅発月経）、月経周期が24日以下（頻発月経）または39日以上（希発月経）、月経期間が8日以上（過長月経）を月経異常ありと定義して検討した。

骨量測定は超音波踵骨測定装置（Achilles A-1000EXP II[®], GE Healthcare, Chicago, IL, USA）（図17）を使用した。本装置により、超音波伝搬速度（speed of sound : SOS）、超音波減衰係数（broadband ultrasound attenuation : BUA）が自動で測定され、これらから算出される stiffness 値の3項目について検討した。

下肢運動器障害の発生状況の調査は、学内に併設された診療所の整形外科外来のデータ（診療録および画像）を用いた。初診時に患者が記載した問診票を、整形外科医が診察後に診断名を記入して保存した。受傷原因、部位、最終診断や

治療内容について、診療録および画像検査データを確認して追跡調査を行った。

2-2-4 統計学的解析

危険因子の検討には、対象を下肢運動器障害の有無で2群に分け、各評価項目についてカテゴリカルデータの比較はカイ2乗検定またはFisherの直接確率検定を用い、連続データの比較にはWilcoxonの順位和検定を用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。また解析にはJMP® Pro 13 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)を用いた。

2-2-5 倫理的配慮

本研究は、防衛医科大学校倫理委員会の承認（承認番号 2706）を得て、対象者に説明を行い文書で同意を得た上で実施した。

2-3 結果

2-3-1 ベースラインにおける各種評価項目の結果（表2）

年齢は男性 18.3 ± 0.5 歳、女性 18.4 ± 0.8 歳であった。

身体計測では、身長は男性 171.4 ± 5.6 cm、女性 159.6 ± 4.7 cm、体重は男性 65.7 ± 8.5 kg、女性 53.4 ± 6.3 kg、BMIは男性 22.3 ± 2.5 kg/m²、女性 21.0 ± 2.3

kg/m²であった。

体力測定の結果は、50m 走は男性 7.3±0.4 秒、女性 8.6±0.5 秒、1,500m 走（男性のみ）は 349.5±33.6 秒、1,000m 走（女性のみ）は 268.8±26.8 秒、懸垂（男性のみ）は 5.5±4.5 回、斜懸垂（女性のみ）は 32.7±16.5 回、ボール投げは男性 41.7±12.1 m、女性 22.4±8.1 m、立ち幅跳びは男性 238.2±18.6 cm、女性 188.8±15.4cm であった。

小学校で運動歴があった者が男性 231 名 (57.9%)、女性 39 名 (63.9%)、中学校で運動歴があった者が男性 346 名 (86.7%)、女性 45 名 (73.8%)、高等学校で運動歴があった者が男性 280 名 (70.2%)、女性 23 名 (62.3%) であった。

下肢になんらかの外傷・障害の既往があった者は、男性 92 名 (22.6%)、女性 13 名 (20.3%) であった。

女性のみ質問した月経関連の項目については、初経年齢は平均 12 歳 7 か月で、15 歳以降に初経があった遅発月経の者は 3 名、月経周期が 24 日以下または 39 日以上であった者は 13 名、月経期間が 8 日以上であった者は 4 名で、いずれかで異常を認めた 18 名を、月経異常ありとして以下の検討を実施した。

骨量測定の結果、SOS は男性 1610±41.8 m/sec、女性 1606.1±30.8 m/sec、BUA は男性 128.3±14.3 dB/MHz、女性 120.1±11.5 dB/MHz、stiffness 値は男性 116.3±18.3、女性 109.6±12.8 であった。

2-3-2 下肢運動器障害の発生状況

調査期間中の14か月間に79名（対象の16.8%）に112件の下肢運動器障害が発生していた。同期間に男性55名、女性11名が退学し調査から脱落したが、以降の解析には組み入れて検討した。発生率（年間1,000人あたり）は223.6件であった。性別に検討すると、男性57名（対象の14.0%）に73件、女性22名（対象の34.4%）に39件発生しており、男女間で有意差を認めた。発生率（年間1,000人あたり）は男性168.6件、女性574.9件であった。

発生時期は入学直後の3か月間に34件（30.4%）が発生しており、特に女性では22件（56.4%）と集中していた（図18）。

下肢運動器障害の原因は、訓練49件（43.8%）が最も多く、クラブ活動20件（17.9%）、日常生活20件（17.9%）、体力トレーニング16件（14.3%）の順であった。訓練の内訳は、走動作を中心とした訓練による受傷が27件（55.1%）、行軍・行進訓練が15件（30.6%）であった。体力トレーニングのうち15件（93.8%）は走動作を中心としたトレーニングであった。

下肢運動器障害の部位は、膝関節が最も多く43件（38.4%）で、下腿33件（29.5%）、足部・足趾17件（15.2%）と続いた。代表的な診断名としては、膝蓋靭帯炎や腸脛靭帯炎など膝関節周囲の腱炎・腱周囲炎が30件、シンスプリント18件、アキレス腱（周囲）炎、後脛骨筋腱炎、腓骨筋腱炎など足関節・足部

の腱炎・腱周囲炎が 16 件、疲労骨折が 7 件であった。疲労骨折は男性 3 名に 3 件、女性 4 名に 4 件が発生していた。疲労骨折の部位は、脛骨骨幹部が 5 件、大腿骨骨幹部と中足骨が 1 件ずつであった。疲労骨折とシンスプリントを合わせ、bone stress injury (BSI) としてまとめると、18 名に 25 件発生しており、男性 7 名に 8 件、女性 11 名に 17 件が発生していた。

2-3-3 下肢運動器障害の発生と各種評価項目の関係 (表 3,4)

ベースラインの身体計測の結果との関連では、女性では体重と BMI が低値の者に有意に下肢運動器障害が発生していた。一方で男性ではいずれの項目にも有意な差は認めなかった。

体力測定の結果について検討すると、男性において懸垂の回数が少ない者、女性において 50m 走のタイムが遅い者、ボール投げの距離が短い者、立ち幅跳びの距離が短い者に有意に下肢運動器障害が多く発生していた。

小学校で運動歴があった男性に有意に下肢運動器障害が多く発生していたが、男性の中学校、高等学校、女性のいずれの年代の運動歴の有無でも有意な差は認めなかった。

男女ともに既往歴の有無で、下肢運動器障害の発生に有意差は認めなかった。

女性では月経異常がある者に有意に下肢運動器障害の発生が多かった。

QUS 法の計測結果は、男女ともにすべての下肢運動器障害の発生、疲労骨折の発生、疲労骨折にシンスプリントを加えた BSI の発生の有無、いずれの検討項目においても有意差を認めなかった（表 5）。

2-4 考察

下肢運動器障害の危険因子に関する報告は種々あるが、本邦においてはスポーツチームにおける調査が多く、その対象人数は少なく、単に下肢運動器障害の発生をアンケートで聴取しているものが多い。一方、国外に目を向けると、本邦と同様にアスリートを対象とした調査に加え、各国の陸海空軍・海兵隊等の military population を対象とした報告が多い。本研究と同等の組織である米陸軍士官学校においても類似の調査が行われ、overuse による障害が多く発生していた。さらに、標準化された訓練を行い、外傷・障害の発生や治療についても追跡が容易であることから、その危険因子を検討するには有用な集団であるとも述べられている⁷³⁾。今回、われわれも本邦において初めての大規模な集団における、下肢運動器障害の危険因子を検討する 14 か月間の前向き調査を実施した。

これまでに報告されている下肢運動器障害の危険因子である、性別、BMI、体力レベル、既往歴、月経異常について検討したところ、女性、BMI 低値、体力測定の結果が劣る者、月経異常のあった者での発生が多かったが、既往歴の有無

では有意差を認めなかった。また、小学校での運動歴がある男性で有意に障害の発生が多いという、一般的に考えられる仮説とは反対の結果が得られたが、運動歴の有無だけで検討したことが影響した可能性がある。運動にはサッカー、ラグビーなど走る動作を要する種目、バレーボールやバスケットボールのように跳ぶ動作を要する種目、弓道などほぼ静止状態で行う種目など様々な種目がある。また、全国大会のトップレベルで活躍した者もいれば、地区の大会に出場したというレベルの者まで競技レベルは様々である。これらを全てひとくくりに運動歴の有無という評価をしているという点に問題がある。この点を考慮すると、中学校、高等学校での運動歴についても異なる結果となる可能性があり、今後より詳細な検討を要する。

疲労骨折は下肢運動器障害の中でも治療期間が長くなり、症例によっては手術を要することもある。そこで疲労骨折に焦点を当てて、他の危険因子を明らかにすることとした。疲労骨折や MTSS の発生には低骨密度が関連するとの報告がある⁷⁴⁾。骨密度の測定の gold standard は、二重エネルギー X 線吸収測定 (dual-energy X-ray absorptiometry : DEXA) 法であるが、この方法は、放射線被曝を伴い、遮蔽された施設が必要で、機器の取り扱いには資格が必要であり、スクリーニングには適さない。本研究の目的は危険因子を明らかにして、予防につなげることであり、そのためには対象者への侵襲は避け、短時間に簡便にスクリーニ

ングできる方法が望ましいと考え、骨粗鬆症のスクリーニングとして実臨床でも用いられている QUS 法を用いることとした。QUS 法の結果と喫煙や運動歴など個々の危険因子と組み合わせて検討することで疲労骨折をスクリーニングできるという報告はあるが⁷⁵⁾、シンズプリントを含めて検討した報告はない。今回の検討では疲労骨折のみ、シンズプリントも加えた BSI の有無、いずれにおいても、QUS 法で測定された各パラメーターとの関連は認めなかったが、症例数が少なかったこともその一因と考えられ、今後のさらなる検討が必要である。

月経異常の既往を有する女性に有意に下肢運動器障害が発生していた。これはこれまでの報告⁷¹⁾⁷²⁾と同様の結果であった。Gibbs らは、初経発来が遅い者や原発性無月経の者では低骨量のリスクが 4 倍であると報告している⁷⁶⁾。Shaffer らは米海兵隊の女性で過去 1 年間に月経がなかった者で有意に下肢の疲労骨折の発生が多いと報告し⁷²⁾、Winfield らは過去 1 年間の月経回数が 9 回以下の者でも有意に下肢疲労骨折が多いと報告している⁷¹⁾。こうした月経異常により低エストロゲン血症が続発し、さらに骨密度が低下することが下肢運動器障害に含まれる疲労骨折の発症に関与していると考えられている⁷²⁾⁷⁷⁾。しかしながら本研究では、月経異常の既往を有する女性と月経異常の既往を有しない女性とで、QUS 法で測定された各パラメーターとの関連は認めなかった。樫村は、無

月経、低エストロゲン状態でも、運動負荷の効果により骨密度が保たれる場合があると報告している⁷⁸⁾。運動歴との関連も含めて検討することが今後の課題と考えられた。

今回、女性においてBMI低値が危険因子の一つであるとの結果が得られたが、BMIは身長と体重のみで算出されるものであって、体内の脂肪量や筋肉量の違いなどは評価できていない。実際に、Havenetidisらも、BMIだけでは運動器外傷・障害発症の予測には不十分で、体組成の評価を行うことを推奨すると報告しており⁶⁵⁾、今後の検討項目に追加することとした。体組成の評価方法としてもDEXA法が行われることが多いが、やはり先述のような被曝、設備の問題から、大規模な集団に対するスクリーニングとして使用することは難しい。侵襲がなく、短時間に体組成を計測できるものとして、生体電気インピーダンス (bioelectrical impedance analysis : BIA) 法がある。そこで、次の研究ではBIA法を用いて下肢運動器障害との関連について検討した。また今回検討したもの以外に下肢運動器障害の危険因子と考えられるものも追加して検討した。

2-5 小括

自衛隊教育機関の新入生を対象に下肢運動器障害の発生状況とその危険因子について14か月間の前向き調査を実施した。入学後3か月以内で、女性で有意

に発生率が高く、BMI 低値の女性、体力測定の種目のうち懸垂の結果が劣る男性、50m 走、立ち幅跳び、ボール投げの結果が劣る女性に有意に発生率が高かった。また、月経異常を有する女性にも有意に多く発生していた。

第3章 自衛隊教育機関の新生における下肢運動器障害の危険因子

～体組成、靴と足のサイズの不マッチによる影響に関する検討～

3-1 背景・目的

第2章において、大学相当の自衛隊教育機関の新生における下肢運動器障害発生の危険因子を調査した。女性ではBMI低値、月経異常がある者で有意に発生が多く、男女で種目は異なるが体力レベルが劣る者に発生が多いことが示唆された。一方、BMIだけでは運動器外傷・障害の予測には不十分であるという報告もあり⁶⁵⁾、生体電気インピーダンス (bioelectrical impedance analysis : BIA) 法を用いた体組成計測を行うことで、筋肉量や脂肪量などどのパラメーターが下肢運動器障害の発生に影響しているかを検証することを目的にさらに研究を進めた。

また、下肢運動器障害の発生に足部の形態や靴が影響するとの報告は多い⁷⁹⁾⁸⁰⁾⁸¹⁾⁸²⁾。実臨床上も靴と足のサイズの不マッチが、足部を中心とした下肢運動器障害を引き起こしている症例をしばしば経験する。本研究で対象としている集団は、同一の規格である革靴 (短靴) (図19) を履いて、運動や訓練の時間を除いた1日の大半を過ごしている。この短靴は、学生本人が希望の長さを選択して、入学時に防衛省より貸与されるものである。今回貸与された短靴と足のサイズの適合性を検討項目の一つとして加え、その不マッチが下肢運動器障

害発生に関連するか否かを明らかにすることを目的として本前向き調査を実施した。

3-2 対象と方法

3-2-1 対象

平成30年4月に大学相当の自衛隊教育機関に入学した学生のうち、他国からの留学生を除く531名、男性461名、女性70名を対象とした。

3-2-2 研究方法

対象者にベースライン調査として身体計測、体力測定、アンケート調査、骨量測定、足型計測を実施した。また、下肢運動器障害の発生状況について、平成30年12月までの9か月間の前向き調査を実施した。

3-2-3 評価項目

身体計測では身長を計測し、BIA法を用いて体組成を測定した。測定機器はMC-780A[®] (TANITA, 東京) (図20)で、体重、体脂肪率、除脂肪量、筋肉量、四肢それぞれの筋肉量を計測した。身長と体重からBMIを算出し、四肢の筋肉量の和を身長の2乗で除して skeletal mass index : SMI を算出した。

足型計測は、三次元自動足型計測機（JMS-2100[®]，ドリームジーピー，大阪）（図 21）を用いて、自然立位で、片足ずつ、両足の足部形態を計測した。計測されたパラメーターのうち、足長、足囲を解析に使用した。靴と足のミスマッチを評価する上で、足長は左右のうち長い方を各個人特有のパラメーターとして採用し、足長よりも小さい短靴を履いていた群（S 群）、短靴が足長よりも 0-10mm 大きかった群（F 群）、短靴が足長よりも 10mm より大きかった群（L 群）に分類した。足囲は計測された数値から自動的に算出される至適な靴のウィズ（width）を使用した。ウィズは日本工業規格（Japanese Industrial Standards：JIS）により定められた靴の幅の指標であり、ウィズの小さい方から A、B、C、D、E、2E、3E、4E、F、G の順に大きくなるようにカテゴリー分けされている。今回は、左右のウィズのうち大きい方を各個人特有のパラメーターとして採用した。また対象集団で使用する革靴（短靴）は男女ともにすべて 3E という統一規格で作成・貸与されており、学生が選ぶ事はできない。計測による各個人の至適な靴のウィズが、短靴の実際のウィズすなわち 3E よりも、2 サイズ以上小さい（A～E：W 群）、1 サイズ差以内（2E～4E：A 群）、2 サイズ以上大きい（F,G：N 群）に分けて検討した。

下肢運動器障害の発生状況の調査は、学内に併設された診療所の整形外科外来のデータ（診療録・画像）を用いた。初診時に患者が記載した問診票を、整形

外科医が診察後に診断名を記入して保存した。受傷原因、部位、最終診断や治療内容について、診療録および画像検査データを確認して追跡調査を行った。

3-2-4 統計学的解析

危険因子の検討は、下肢運動器障害の有無で2群に分け、各評価項目についてカテゴリカルデータの比較はカイ2乗検定またはFisherの直接確率検定を用い、連続データの比較にはWilcoxonの順位和検定を用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。また解析にはJMP® Pro 13 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)を用いた。

3-2-5 倫理的配慮

本研究は、防衛医科大学校倫理委員会の承認（承認番号 2878）を得て、対象者に説明を行い文書で同意を得た上で実施した。

3-3 結果

3-3-1 ベースラインにおける各種評価項目の結果（表6）

身体計測では、身長は男性 171.2 ± 5.5 cm、女性 157.5 ± 4.9 cm、体重は男性 65.9 ± 8.4 kg、女性 53.2 ± 6.7 kg、BMIは男性 22.5 ± 2.5 kg/m²、女性 21.4 ± 2.3

kg/m²、脂肪量は男性 10.2±4.4 kg、女性 14.8±4.3 kg、体脂肪率は男性 15.1±5.0%、女性 27.4±4.8%、筋肉量は男性 52.8±5.0kg、女性 36.2±2.9kg、四肢の筋肉量の総和を身長 (m) の 2 乗で除した SMI は男性 9.1±0.8 kg/m²、女性 7.4±0.5 kg/m²であった。

三次元自動足型計測機による足型計測の結果と短靴のサイズとのミスマッチを、足長により分類した各群は、S 群 34 名 (男 27 名、女 7 名)、F 群 261 名 (男 217 名、女 44 名)、L 群 226 名 (男 208 名、女 18 名)、ウィズにより分類した各群は、W 群 181 名 (男 141 名、女 40 名)、A 群 311 名 (男 282 名、女 29 名)、N 群 29 名 (男 29 名、女 0 名) であった。

3-3-2 下肢運動器障害の発生状況

調査期間中の 9 か月間に 80 名 (対象の 15.1%) に 104 件の下肢運動器障害が発生していた。同期間に男性 27 名、女性 2 名が退学し調査から脱落したが、以降の解析には組み入れて検討した。発生率 (年間 1,000 人あたり) は 261.1 件であった。性別に検討すると、男性 60 名 (対象の 13.3%) に 79 件、女性 20 名 (対象の 29.0%) に 25 件発生しており、男女間で有意差を認めた。発生率 (年間 1,000 人あたり) は男性 233.0 件、女性 483.1 件であった。

発生時期は入学後 4 か月間に 64 件 (9 か月間の発生数の 61.5%)、男性 49 件

(同 62.0%)、女性 15 件 (同 60.0%) が発生していた (図 22)。

下肢運動器障害の原因は、訓練 34 件 (32.7%) が最も多く、体力トレーニング 29 件 (27.9%)、クラブ活動 17 件 (16.3%) の順であった。訓練の内訳は、走動作を中心とした訓練による受傷が 19 件 (55.9%)、行軍・行進訓練が 8 件 (23.5%) であった。体力トレーニングのうち 28 件 (96.6%) は走動作を中心としたトレーニングであった。

下肢運動器障害部位の内訳は、膝関節が最も多く 36 件 (34.6%) で、足部・足趾 23 件 (22.1%)、下腿 33 件 (19.2%) と続いた。代表的な診断名としては、膝蓋靭帯炎や腸脛靭帯炎など膝関節周囲の腱炎・腱周囲炎が 27 件、シンスプリント 9 件、アキレス腱 (周囲) 炎、後脛骨筋腱炎、腓骨筋腱炎など足関節・足部の腱炎・腱周囲炎が 13 件、疲労骨折が 12 件であった。疲労骨折は男性 10 名に 10 件、女性 2 名に 2 件が発生していた。疲労骨折の部位は、脛骨骨幹部が 5 件、恥骨と中足骨が 3 件ずつ、脛骨近位部が 1 件であった。

3-3-3 下肢運動器障害の発生と各種評価項目の関係 (表 7)

下肢運動器障害は、女性に有意に多く発生していた。

身体計測、BIA 法を用いた体組成計測の各項目について検討すると、男性ではいずれの項目においても有意な差は認めなかったが、身長の高い者、筋肉量の少

ない者に発生率が高い傾向を認めた。女性では、体重が軽い者に有意に発生率が高く、BMI が低い、脂肪量、筋肉量が低い者に発生率が高い傾向であった。下肢に疲労骨折を起こした者を抽出して検討した場合、男性では筋肉量が少なく、SMI が低い者に有意に多く発生していることがわかった。女性ではいずれの項目も有意な差は認めなかった（表 8）。これは症例数が少ないことが影響している可能性がある。

三次元自動足型計測機を用いて計測した各群の下肢運動器障害の発生率は、足長のミスマッチによる分類では、S 群 17.6%（男 18.5%、女 14.3%）、F 群 12.3%（男 9.2%、女 27.3%）、L 群 18.1%（男 16.3%、女 38.9%）であり、長さが適切と考えられる F 群での発生率が最も低かったが有意差は認めなかった。ウィズのミスマッチによる分類では、W 群 19.9%（男 15.6%、女 35.0%）、A 群 13.2%（男 12.4%、女 20.7%）、N 群 6.9%（男のみ）であり、短靴のウィズ 3E に比して至適なウィズが小さい者、つまり足囲に余裕のある者に発生率が高い傾向は認めたが有意差は認めなかった。さらに、ウィズが合っている A 群の中で、足長のミスマッチによる分類別の下肢運動器障害の発生率は、S 群 7.1%、F 群 8.5%、L 群 17.9%であり、Cochran-Armitage の傾向検定を用いると、短靴に比して足長が長くなるほど発生率が高くなる傾向を認めた。また、長さが合っている F 群の中で、ウィズの差の分類別の発生率は、W 群 18.0%、A 群 8.5%、

N 群 0%であり、同様に Cochran-Armitage の傾向検定を用いると、足囲にギャップが生じるにつれて発生率が高くなる傾向を認めた（表 9）。

3-4 考察

第 2 章に引き続き、同じ大学相当の教育機関において、第 2 章で対象とした学生とは異なる翌年の新入生を対象として下肢運動器障害の危険因子について検討した。第 2 章では 14 か月間の前向き調査として実施したが、本章では 9 か月時点での結果として報告した。対象者数と期間の違いはあるが、年間 1 人あたりの発生率として比較すると、第 2 章で検討した平成 29 年度の新入生では年間 1,000 人あたり 223.6 件で、本章で検討した平成 30 年度の新入生では年間 1,000 人あたり 261.1 件でありやや高くなっていた。

今回の対象集団においても、女性に有意に発生率が高いことがわかった。これは第 1 章の平成 21 年度から 28 年度の新入生の調査の結果とも矛盾しない。

女性で体重の軽い者に下肢運動器障害が有意に多く発生していたが、体組成との関連では、BIA 法により測定された体脂肪率、脂肪量、筋肉量、四肢の筋肉量を身長で補正して算出した SMI のいずれにおいても男女とも有意な差は認めなかった。ただし、男性で筋肉量が少ない者、女性で脂肪量、筋肉量が少ない者で発生率が高い傾向を認めた。疲労骨折が発生した症例に限定すると、男性で体

重、筋肉量が少ない者、SMI の低い者で有意差を認め、女性ではいずれの項目も有意差は認めないという異なる結果が得られた。これは、今回の一連の検討では、下肢運動器障害として部位や診断に関わらず、ひとくくりにして検討していることが影響している可能性がある。部位や診断ごとに検討した場合、検討する対象者数が少なくなってしまう、十分な検出力が得られないため、今後さらにデータを蓄積して検討する必要がある。

靴と足のサイズの不マッチと下肢運動器障害の関連について詳細に検討した報告は少なく、本邦ではラグビー選手やサッカー選手のスパイクと足のサイズの関係について、小規模な集団で検討された報告が散見されるだけである⁸³⁾⁸⁴⁾⁸⁵⁾。海外では military population における調査で、靴と足のサイズの不マッチが下肢障害に関連するとの報告がある⁸⁶⁾⁸⁷⁾。本研究は、大規模な集団を縦断的に追跡した本邦で初めての調査であり、さらに下肢運動器障害の有無を整形外科医が診断している点も本研究の強みである。本研究の対象集団は、定められた仕様に基づき作成された短靴を、学生本人が希望の長さを選択して入学時に貸与される。ただし、ウィズは 3E で統一されており選択できない。運動や訓練の時間を除いた一日の大半をこの短靴を履いて過ごすため、この不マッチが下肢運動器障害の一因になるのではとの仮説を立てた。足部形態の評価、計測方法としては、巻き尺等で直接計測する方法、foot print を評価する方法⁸⁸⁾、Foot

Posture Index (FPI) を評価する方法⁸⁹⁾、navicular height を計測する方法⁹⁰⁾など様々な方法があるが、いずれもその計測、評価に時間を要する。近年、三次元自動足型計測機による足型計測の報告が増えている^{91) 92) 93)}。今回われわれが使用した機器は小型で持ち運びが容易で、レーザーが足の周りを一周して表面形状を自動で計測し、要する時間は片足約 10～15 秒である。したがって短時間で多くの人数の計測が可能であり、場所の制限はなく、機器の操作に資格を要しないため、スクリーニングツールとして有用であると考えた。

短靴と足のサイズの不マッチと下肢運動器障害の発生率について、ウィズが適合している A 群の中で足長の不マッチとの関連を検討すると、10mm より長い靴を履いている学生に有意に多く障害が発生していた。次に、短靴が足長よりも 0-10mm 大きかった F 群の中でウィズの不マッチとの関連を検討すると、ウィズの大きい学生に有意に多く発生していた。これらの結果からは、足囲がフィットしている状況では足長に比して長い靴を履いている者に、足長がフィットしている状況では足囲に余裕がある者に有意に下肢運動器障害が発生しており、長さ、足囲いずれをもフィットさせることが望ましいと考える。今回の検討では、アウトカムを下肢運動器障害の発生としているが、同じ対象を用いて、短靴を使用した最初の 2 週間での足の痛みといった自覚する症状や靴擦れの発生を自記式に回答させた調査では、「十分な」試し履きをした者は、「一応」試し

履きをした者に比して、自覚するトラブルが少ないことが明らかとなり、定量的な評価ではないものの、十分な試し履きにより、より足に合った靴を選択する事の重要性が確認された⁹⁴⁾。しかしながら、十分な試し履きをしても、足囲の大きい者は長い靴を選択して代償することはできるが、足囲の小さい者はそれを代償できる靴はない。1つの長さに対して、複数のウィズが選択できるようにすることが望ましいが、靴の選択がより煩雑になること、靴の制作にコストがかかる、早急な改善は難しいという問題点もあり、現時点ではインソールで調整するなどの対処が必要と考えられる。

本研究の限界として、下肢運動器障害の原因となる事象全てで短靴を履いていたわけではないため、短靴と足のサイズの不マッチが下肢運動器障害の原因であるとは断定できない。しかしながら、林らは、足長、足囲のサイズに比して靴のサイズが大きくなることで、腓腹筋の筋活動、蹴り出し力のピーク値、接地時間等に影響を与えると報告している⁹⁵⁾。また足のサイズに比して大きい靴を履くと、スリッパを履くのと同様に、靴が脱げないように足関節を背屈するため前脛骨筋にも負荷がかかることも推察できる。1日の大半をサイズが合わない短靴を履いて過ごすことで、腓腹筋、前脛骨筋を中心として疲労が蓄積し、短靴を履かずに行う運動や訓練にも影響した可能性もあると推測している。

3-5 小括

自衛隊教育機関の大学新入生における下肢運動器障害の危険因子について検討した。女性で有意に発生率が高く、特に体重の軽い女性で有意に発生率が高かった。筋肉量が少なく、SMI の低い男性で疲労骨折の発生が多かった。支給された短靴と足のサイズの不マッチが下肢運動器障害の一因となり得る可能性が示唆された。本研究の結果を、危険因子を有する者への啓発を含めた対策の基礎資料としたいと考えている。

第4章 総括

長期かつ縦断的に追跡が可能という特長を有する、大学相当の自衛隊教育機関に所属する集団を対象に、第1章において、まずは運動器外傷・障害の発生状況についての疫学調査を行い、発生率と重症度から、今後の予防に向けて、重点的に対応する必要がある運動器外傷・障害を抽出した。発生率が高かった下肢運動器障害や足関節捻挫、重症度が高かった膝 ACL 損傷や肩関節脱臼・亜脱臼について予防に向けた検討・施策が必要と考えられた。膝 ACL 損傷や肩関節脱臼・亜脱臼はアメリカンフットボールやラグビー、柔道、レスリングなどのコンタクト強度が高いいわゆるコリジョンスポーツにおいて発生が多く、これら特定の集団への対策が特に重要になる。一方、下肢運動器障害は発生率が極めて高く、全学生が共通して行う訓練やランニングなどで発生し、特に入学後 14 か月以内に発生が多いことがわかった。第2章以降ではこの下肢運動器障害に焦点を当てて危険因子について検討を行った。

第2章、第3章の検討間で、下肢運動器障害の発生が女性に多いことは共通していた。入学前の運動歴について第2章の対象者の男女間で比較検討すると、女性に有意に運動歴が少なく、こうした男女が共通のカリキュラムのもと訓練を行っていることが、障害発生要因の一つと考えられる。男女が別々にトレーニングを受けた場合、障害発生率に性差はなかったとの報告もあり⁹⁶⁾、今後訓練

カリキュラムを男女別にする等の配慮が必要と考えられる。

また、入学時点で月経異常の既往を有する学生にも有意に下肢運動器障害の発生が多いことが明らかになった。入学時に月経異常の有無（既往歴も含む）について確認し、必要に応じて婦人科受診を勧めるなど対応が必要と考えられた。入学時に月経異常がなくても、環境の変化に伴い異常をきたすようになる可能性もあり、女子学生に対するきめ細やかかつ継続的な対応が必要と考えられた。

下肢運動器障害の発生時期について、第2章と第3章とでは若干の差はあるが、入学後の3～4か月に多いという傾向は変わらなかった。短期間の基礎トレーニングを受けた新隊員の調査でも、入隊後間もない時期に発生が多いことが報告されている^{41, 97)}。これは運動の量や強度が急激に増加することや、睡眠や休息、靴など様々な環境の変化が大きな要因と考えられている²²⁾。運動量の過多は外傷・障害のリスクを高める一方で、必ずしもフィットネスレベルを上げないとも言われており⁹⁸⁾、入隊後（入学後）のランニングや行軍の距離や頻度は、急激にかつ過度に増やさず、緩徐に増やした方がよいとの報告が多い。本研究で対象とした集団においても、入学後の生活環境や訓練内容への配慮が必要と考える^{21) 22)}。

第2章で体力レベルの差が下肢運動器障害発生に関連していることが示唆された。同性間でも入学前の運動歴の違いが体力レベルの差につながっているこ

とは明らかであった。入学時に行っている体力測定の結果をもとに、体力レベルに応じた強度の運動や訓練を実施することが下肢運動器障害の予防につながる可能性がある。

体組成計測の結果と下肢運動器障害の発生に有意な関連は認めなかったが、筋肉量の少ない男子学生に有意に疲労骨折が多いことが明らかとなった。今回は検討できていないが、体組成の結果と運動歴、体力レベルは関連するとも考えられ、入学時の体力レベルに応じた訓練レベルを設定するなどの対応で疲労骨折を予防できる可能性があることを強調したい。

靴と足のサイズの不マッチ、つまり足長に比して長い靴を選択した者や、支給された短靴に比して足のウィズが小さい者に有意に障害が発生していたことから、十分な試し履きによる適切な靴のサイズ選択の重要性について指導を行う必要がある。

今回は各章において体力レベル、運動歴、体組成、靴と足のサイズの不マッチなどを個別に解析したが、効果的な予防介入のためには、一つ一つの危険因子の単独作用のみならず、複数の危険因子の相互作用を解明する必要がある⁹⁹⁾。

本研究の限界として、組織の特性上、大学に入学する段階で、規則等により特定の既往症がある者は不合格となり除外されていることが挙げられる。例えば、運動器領域であれば、腰痛を繰り返している者、関節の反復する脱臼の既往があ

りながら未治療の者、関節可動域に著明な制限があったり、運動器に痛みを有したりしているために日常生活や運動に支障をきたしている者は選考基準を満たさずに入学できないため、対象に選択バイアスが存在する可能性は否定できない。次に、学内に診療所があるため、一般的な病院・診療所への受診に比して安易に受診が可能であるため、軽微な外傷・障害まで拾ってしまうという問題がある。また今回の対象集団は長期に追跡が可能ではあるものの、あくまで卒業までの追跡調査である。例えば ACL 損傷患者では、業務やスポーツ復帰後の再受傷や反対側の受傷¹⁰⁰⁾、長期経過後の関節症性変化と、それに伴う QOL の低下など問題が危惧されるが¹⁰¹⁾、こうした点については検討できていない。したがって、今後は卒業後の職務への制限や離脱などに関する継続的な調査が必要であると考えている。

本研究の結果のうち、第 1 章の疫学調査の結果は一般の集団に直接あてはめることはできないが、第 2 章、第 3 章の下肢運動器障害の危険因子についての検討結果は、first responder などのある程度活動性が高く下肢運動器障害の発生が多い集団においては参考になる有用なデータと考えられる。

第5章 結論

- 1 大学相当の自衛隊教育機関において、運動器外傷・障害の発生率は年間1人あたり0.98件であった。スポーツ競技やランニング、体育や訓練などの身体活動に伴うものが多かった。
- 2 下肢運動器障害、足関節捻挫の発生率が高く、肩関節脱臼・亜脱臼、膝ACL損傷では治療期間が長く、これらの外傷・障害をターゲットとした危険因子の検討とその予防策が必要と考えられた。
- 3 下肢運動器障害は、女性、特に入校前までに月経異常の既往がある女性に有意に多く発生していた。また、男女とも体力レベルの劣る者にも発生が多い傾向を認めた。
- 4 下肢運動器障害は体重が軽い女性に有意に多く発生し、男女とも筋肉量が少ない者に発生が多い傾向を認めた。
- 5 靴と足のサイズの不マッチが、下肢運動器障害の発生の一因となる可能性が示唆された。

6 本研究の結果を今後の下肢運動器障害の予防に役立てたい。

謝辞

稿を終えるにあたり御指導・御高閲賜りました防衛医科大学校整形外科学講座 千葉一裕教授に深甚なる謝意を表します。また直接御指導、御教授いただきました防衛医科大学校 櫻井裕教育担当副校長、防衛医科大学校病院リハビリテーション部 尼子雅敏准教授、伊勢原協同病院 畔柳裕二先生に深謝いたします。本研究を通じて御指導いただいた、防衛医科大学校 根本孝一前教育担当副校長、村山医療センター 朝妻孝仁院長、谷戸祥之副院長、防衛医科大学校整形外科学講座 今林英明講師に深謝いたします。本研究を実施するにあたりご協力をいただいた、防衛医科大学校整形外科学講座 松橋優介先生、力武創先生、自衛隊福岡病院 田原健一先生に深謝いたします。また、御高閲を賜りました防衛医科大学校内科学講座 足立健教授、衛生学公衆衛生学講座 中島宏准教授に深甚なる謝意を表します。

文献

1. Fiuza-Luces C, Garatachea N, Berger NA, Lucia A. Exercise is the real polypill. *Physiology*. 2013;28:330-58.
2. Panichkul S, Hatthachote P, Napradit P, Khunphasee A, Nathalang O. Systematic review of physical fitness testing to evaluate the physical combat readiness of royal Thai armed forces. *Mil Med*. 2007;172:1234-8.
3. Gray SE, Collie A. The nature and burden of occupational injury among first responder occupations: A retrospective cohort study in Australian workers. *Injury*. 2017;48:2470-7.
4. Amako M, Yato Y, Yoshihara Y, Arino H, Sasao H, Nemoto O, et al. Epidemiological patterns of traumatic musculoskeletal injuries and non-traumatic disorders in Japan Self-Defense Forces. *Inj Epidemiol*. 2018;5.
5. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG. Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries: A Review of Concepts. *Sports Med*. 1992;14:82-99.
6. Finch C. A new framework for research leading to sports injury prevention. *J Sci Med Sport*. 2006;9:3-9.
7. Jones BH, Knapik JJ. Physical training and exercise-related injuries.

Surveillance, research and injury prevention in military populations. Sports Med. 1999;27:111-25.

8. 奥脇 透. 平成 24 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 日本におけるスポーツ外傷サーベイランスシステムの構築(第 3 報) 平成 21~23 年度における 3 年間のまとめ. 日体育協会スポーツ医科研報集. 2013;2012 年度:10-22.
9. 福林 徹. 平成 24 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 日本におけるスポーツ外傷サーベイランスシステムの構築(第 3 報) スポーツ安全保険におけるスポーツ外傷発生調査 平成 21~23 年度における 3 年間のまとめ. 日体育協会スポーツ医科研報集. 2013;2012 年度:48-53.
10. 奥脇 透. スポーツ外傷の再受傷予防の取り組み 日本におけるスポーツ外傷サーベイランスシステム. 臨スポーツ医. 2014;31:412-7.
11. 岩噌 弘志, 内山 英司, 平沼 憲治, 武田 寧, 中嶋 寛之. スポーツ整形外科外来における外傷・障害の変遷 20 年間の動向. 日臨スポーツ医会誌. 2005;13:402-8.
12. 高橋 佐江子, 鈴川 仁人, 河村 真史, 坂田 淳, 玉置 龍也, 清水 邦明, et al. スポーツ医科学センターリハビリテーション科におけるスポーツ損傷の疫学的研究(第 1 報) スポーツ損傷の全般的統計. 日臨スポーツ医会誌.

2010;18:518-25.

13. 日本外傷データベース. 日本外傷データベースレポート 2018.
<https://www.jtcr-jatecorg/traumabank/dataroom/data/JTDB2018pdf>. 2019.
14. Kawata M, Sasabuchi Y, Taketomi S, Inui H, Matsui H, Fushimi K, et al.
Annual trends in arthroscopic meniscus surgery: Analysis of a national database in Japan. PLoS ONE. 2018;13:e0194854.
15. Shumlansky JW. Injury data collection and analysis: The NEISS model. J Environ Health. 1974;37:167-9.
16. Kissler R, Latarjet J, Bauer R, Rogmans W. Injury data needs and opportunities in Europe. Int J Inj Control Saf Promot. 2009;16:103-12.
17. Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: Summary and recommendations for injury prevention initiatives. J Athl Train. 2007;42:311-9.
18. Häggglund M, Waldén M, Bahr R, Ekstrand J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: Developing the UEFA model. Br J Sports Med. 2005;39:340-6.
19. Ekstrand J, Häggglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. Br J Sports Med. 2011;45:553-

- 8.
20. Junge A, Engebretsen L, Alonso JM, Renström P, Mountjoy M, Aubry M, et al. Injury surveillance in multi-sport events: The International Olympic Committee approach. *Br J Sports Med.* 2008;42:413-21.
21. Hauschild VD, Lee T, Barnes S, Forrest L, Hauret K, Jones BH. The Etiology of Injuries in US Army Initial Entry Training. *US Army Med Dep J.* 2018:22-9.
22. Heir T. Musculoskeletal injuries in officer training: One-year follow-up. *Mil Med.* 1998;163:229-32.
23. Canham-Chervak M, Rappole C, Grier T, Jones BH. Injury Mechanisms, Activities, and Limited Work Days in US Army Infantry Units. *US Army Med Dep J.* 2018:6-13.
24. Kovcan B, Vodincar J, Simenko J, Videmsek M, Pori P, Vedran H. Retrospective and Cross-sectional Analysis of Physical Training-Related Musculoskeletal Injuries in Slovenian Armed Forces. *Mil Med.* 2019;184:e195-e9.
25. 高橋 佐江子, 奥脇 透. 我が国の中高生における膝前十字靭帯損傷の実態. *日臨スポーツ医会誌.* 2015;23:480-5.

26. Moses B, Orchard J, Orchard J. Systematic review: Annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Res Sports Med.* 2012;20:157-79.
27. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: A systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med.* 2011;45:596-606.
28. Antosh IJ, Patzkowski JC, Racusin AW, Aden JK, Waterman SM. Return to military duty after anterior cruciate ligament reconstruction. *Mil Med.* 2018;183:e83-9.
29. Owens BD, Dawson L, Burks R, Cameron KL. Incidence of shoulder dislocation in the United States military: Demographic considerations from a high-risk population. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:791-6.
30. Kardouni JR, McKinnon CJ, Seitz AL. Incidence of shoulder dislocations and the rate of recurrent instability in soldiers. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48:2150-6.
31. Owens BD, Duffey ML, Nelson BJ, DeBerardino TM, Taylor DC, Mountcastle SB. The incidence and characteristics of shoulder instability at the United States Military Academy. *Am J Sports Med.* 2007;35:1168-73.
32. Amako M, Sasao H, Matsushashi Y, Yato Y, Yoshihara Y, Arino H, et al.

- Incidence and characteristics of traumatic shoulder instability in Japanese military cadets. *Mil Med.* 2016;181:577-81.
33. Owens BD, Agel J, Mountcastle SB, Cameron KL, Nelson BJ. Incidence of glenohumeral instability in collegiate athletics. *Am J Sports Med.* 2009;37:1750-4.
34. Hovelius L, Augustini BG, Fredin H, Johansson O, Norlin R, Thorling J. Primary anterior dislocation of the shoulder in young patients: A ten-year prospective study. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1677-84.
35. Jones BH, Canham-Chervak M, Canada S, Mitchener TA, Moore S. Medical surveillance of injuries in the u.s. Military descriptive epidemiology and recommendations for improvement. *Am J Prev Med.* 2010;38:S42-60.
36. Ruscio BA, Jones BH, Bullock SH, Burnham BR, Canham-Chervak M, Rennix CP, et al. A process to identify military injury prevention priorities based on injury type and limited duty days. *Am J Prev Med.* 2010;38:S19-33.
37. Taanila H, Suni J, Pihlajamaki H, Mattila VM, Ohrankammen O, Vuorinen P, et al. Musculoskeletal disorders in physically active conscripts: a one-year follow-up study in the Finnish Defence Forces. *BMC Musculoskelet Disord.* 2009;10:89.

38. Sharma J, Greeves JP, Byers M, Bennett AN, Spears IR. Musculoskeletal injuries in British Army recruits: a prospective study of diagnosis-specific incidence and rehabilitation times. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16:106.
39. Zimmermann WO, Helmhout PH, Beutler A. Prevention and treatment of exercise related leg pain in young soldiers; a review of the literature and current practice in the Dutch Armed Forces. *J R Army Med Corps.* 2017;163:94-103.
40. Newman P, Adams R, Waddington G. Two simple clinical tests for predicting onset of medial tibial stress syndrome: shin palpation test and shin oedema test. *Br J Sports Med.* 2012;46:861-4.
41. Yates B, White S. The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med.* 2004;32:772-80.
42. Burne SG, Khan KM, Boudville PB, Mallet RJ, Newman PM, Steinman LJ, et al. Risk factors associated with exertional medial tibial pain: a 12 month prospective clinical study. *Br J Sports Med.* 2004;38:441-5.
43. Rauh MJ, Macera CA, Trone DW, Shaffer RA, Brodine SK. Epidemiology of stress fracture and lower-extremity overuse injury in female recruits. *Med Sci*

Sports Exerc. 2006;38:1571-7.

44. 澤本 裕明. 女性自衛官新入隊員の整形外科的障害の危険因子に対する考察
恥骨疲労骨折を中心として. 防衛衛生. 2005;52:143-8.
45. 今井 智仁, 田中 祥貴. 自衛隊札幌病院における疲労骨折の発生状況. 日整
外スポーツ医会誌. 2008;28:49.
46. 根本 理, 川口 雅久, 内藤 智子, 安岡 宏樹, 請川 洋. 長距離ランニングを
愛好する自衛官に前駆症状なく発生した疲労骨折の 2 例. 臨スポーツ医.
2009;26:236-9.
47. 脇田 晃充, 越智 文雄. 女性新隊員に生じた両側恥骨疲労骨折の 1 例. 防衛
衛生. 2016;64:58.
48. 佐々木 大雄, 中山 大輔, 力武 創, 北田 明良. 自衛官に発症した大腿骨頸
部疲労骨折の 2 例. 関東整災外会誌. 2018;49:162-5.
49. 深井 厚, 岩噌 弘志. 疲労骨折の疫学. 整・災外. 2016;59:1381-6.
50. 能見 修也, 石橋 恭之, 津田 英一, 山本 祐司, 塚田 晴彦, 藤 哲. スポー
ツにおける疲労骨折の実態. 日臨スポーツ医会誌. 2011;19:43-9.
51. Iwamoto J, Takeda T. Stress fractures in athletes: Review of 196 cases. J
Orthop Sci. 2003;8:273-8.
52. Cosman F, Ruffing J, Zion M, Uhorchak J, Ralston S, Tendy S, et al.

- Determinants of stress fracture risk in United States Military Academy cadets. *Bone*. 2013;55:359-66.
53. Goldberg B, Pecora C. Stress Fractures. *Phys Sportsmed*. 1994;22:68-78.
54. Wentz L, Liu PY, Haymes E, Ilich JZ. Females have a greater incidence of stress fractures than males in both military and athletic populations: a systemic review. *Mil Med*. 2011;176:420-30.
55. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1867-82.
56. Mallinson RJ, De Souza MJ. Current perspectives on the etiology and manifestation of the "silent" component of the Female Athlete Triad. *Int J Womens Health*. 2014;6:451-67.
57. 能瀬 さやか, 土肥 美智子, 難波 聡, 秋守 恵子, 目崎 登, 小松 裕, et al. 女性トップアスリートにおける無月経と疲労骨折の検討. *日臨スポーツ医学会誌*. 2014;22:67-74.
58. Bahr R, Clarsen B, Ekstrand J. Why we should focus on the burden of injuries and illnesses, not just their incidence. *Br J Sports Med*. 2018;52:1018-21.
59. Fuller CW. Managing the risk of injury in sport. *Clin J Sport Med*. 2007;17:182-7.

60. Drawer S, Fuller CW. Evaluating the level of injury in English professional football using a risk based assessment process. *Br J Sports Med.* 2002;36:446-51.
61. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: A key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med.* 2005;39(6):324-9.
62. Bahr R, Holme I. Risk factors for sports injuries - A methodological approach. *Br J Sports Med.* 2003;37:384-92.
63. Almeida SA, Trone DW, Leone DM, Shaffer RA, Patheal SL, Long K. Gender differences in musculoskeletal injury rates: A function of symptom reporting? *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:1807-12.
64. Knapik JJ, Sharp MA, Canham-Chervak M, Hauret K, Patton JF, Jones BH. Risk factors for training-related injuries among men and women in basic combat training. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:946-54.
65. Havenetidis K, Paxinos T, Kardaris D, Bissas A. Prognostic potential of body composition indices in detecting risk of musculoskeletal injury in army officer cadet profiles. *Phys Sportsmed.* 2017;45:114-9.
66. Robinson M, Siddall A, Bilzon J, Thompson D, Greeves J, Izard R, et al. Low fitness, low body mass and prior injury predict injury risk during military

- recruit training: a prospective cohort study in the British Army. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2016;2:e000100.
67. Sharma J, Golby J, Greeves J, Spears IR. Biomechanical and lifestyle risk factors for medial tibia stress syndrome in army recruits: a prospective study. *Gait Posture.* 2011;33:361-5.
68. Kaufman KR, Brodine S, Shaffer R. Military training-related injuries: surveillance, research, and prevention. *Am J Prev Med.* 2000;18:54-63.
69. Kucera KL, Marshall SW, Wolf SH, Padua DA, Cameron KL, Beutler AI. Association of injury history and incident injury in cadet basic military training. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48:1053-61.
70. Toohey LA, Drew MK, Cook JL, Finch CF, Gaida JE. Is subsequent lower limb injury associated with previous injury? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2017;51:1670-8.
71. Winfield AC, Moore J, Bracker M, Johnson CW. Risk factors associated with stress reactions in female Marines. *Mil Med.* 1997;162:698-702.
72. Shaffer RA, Rauh MJ, Brodine SK, Trone DW, Macera CA. Predictors of stress fracture susceptibility in young female recruits. *Am J Sports Med.* 2006;34:108-15.

73. Song J, Choe K, Neary M, Zifchock RA, Cameron KL, Treppe M, et al. Comprehensive biomechanical characterization of feet in USMA cadets: Comparison across race, gender, arch flexibility, and foot types. *Gait Posture*. 2018;60:175-80.
74. Franklyn M, Oakes B, Field B, Wells P, Morgan D. Section modulus is the optimum geometric predictor for stress fractures and medial tibial stress syndrome in both male and female athletes. *Am J Sports Med*. 2008;36:1179-89.
75. Lappe J, Davies K, Recker R, Heaney R. Quantitative ultrasound: Use in screening for susceptibility to stress fractures in female army recruits. *J Bone Miner Res*. 2005;20:571-8.
76. Gibbs JC, Nattiv A, Barrack MT, Williams NI, Rauh MJ, Nichols JF, et al. Low bone density risk is higher in exercising women with multiple triad risk factors. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46:167-76.
77. Tenforde AS, Carlson JL, Chang A, Sainani KL, Shultz R, Kim JH, et al. Association of the Female Athlete Triad risk assessment stratification to the development of bone stress injuries in collegiate athletes. *Am J Sports Med*. 2017;45:302-10.

78. 榎村 史織. 女性アスリートのヘルスケア ベストパフォーマンスのための
秘訣 女性アスリートの疲労骨折を防ぐために産婦人科医は何ができる
か?. 日女性医学会誌. 2019;26:241-6.
79. Tong JWK, Kong PW. Association between foot type and lower extremity
injuries: Systematic literature review with meta-analysis. *J Orthop Sports
Phys Ther.* 2013;43:700-14.
80. Neal BS, Griffiths IB, Dowling GJ, Murley GS, Munteanu SE, Franettovich
Smith MM, et al. Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury:
A systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 2014;7:55.
81. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. Foot posture influences the
electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. *J Foot
Ankle Res.* 2009;2.
82. Knapik JJ, Brosch LC, Venuto M, Swedler DI, Bullock SH, Gaines LS, et al.
Effect on injuries of assigning shoes based on foot shape in air force basic
training. *Am J Prev Med.* 2010;38:S197-211.
83. 江川 陽介, 鳥居 俊. 高校生ラグビー選手におけるスパイクの適合と足部
の障害. 靴医学. 2002;15:76-80.
84. 村本 勇貴, 鳥居 俊. 女性サッカー選手の足部形態の特徴、およびスパイク

- 適合性の調査. 靴医学. 2016;29:30-5.
85. 村本 勇貴, 鳥居 俊. 中学生男子サッカー選手の足部形態、および足長とスパイク長の差と足部障害の調査. 日臨スポーツ医学会誌. 2017;25:322-7.
86. Finestone A, Shlamkovitch N, Eldad A, Karp A, Milgrom C. A prospective study of the effect of the appropriateness of foot-shoe fit and training shoe type on the incidence of overuse injuries among infantry recruits. *Mil Med.* 1992;157:489-90.
87. Grier T, Knapik JJ, Swedler D, Jones BH. Footwear in the United States Army Band: injury incidence and risk factors associated with foot pain. *Foot(Edinb).* 2011;21:60-5.
88. Kanatli U, Yetkin H, Cila E. Footprint and radiographic analysis of the feet. *J Pediatr Orthop.* 2001;21:225-8.
89. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* . 2006;21:89-98.
90. Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76:45-9.
91. Telfer S, Woodburn J. The use of 3D surface scanning for the measurement

- and assessment of the human foot. *J Foot Ankle Res.* 2010;3:19.
92. Lee YC, Lin G, Wang MJJ. Comparing 3D foot scanning with conventional measurement methods. *J Foot Ankle Res.* 2014;7:44.
93. Saghazadeh M, Kitano N, Okura T. Gender differences of foot characteristics in older Japanese adults using a 3D foot scanner. *J Foot Ankle Res.* 2015;8:29.
94. 畔柳 裕二, 佐々尾 宙, 松橋 優介, 力武 創, 千葉 一裕. 大学相当の自衛隊教育機関における新入生の足のサイズと短靴による痛みの関係. *靴医学.* 2019;32:49-53.
95. 林 亮誠, 細谷 聡, 佐藤 雅人. 靴の足長及び足囲サイズの不適合が歩行動作に及ぼす影響. *靴医学.* 2013;26:58-63.
96. Almeida SA, Trone DW, Leone DM, Shaffer RA, Patheal SL, Long K. Gender differences in musculoskeletal injury rates: a function of symptom reporting? *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:1807-12.
97. Havenetidis K, Kardaris D, Paxinos T. Profiles of musculoskeletal injuries among greek army officer cadets during basic combat training. *Mil Med.* 2011;176:297-303.
98. Jones BH, Cowan DN, Knapik JJ. Exercise, training and injuries. *Sports Med.* 1994;18:202-14.

99. Bittencourt NFN, Meeuwisse WH, Mendonça LD, Nettel-Aguirre A, Ocarino JM, Fonseca ST. Complex systems approach for sports injuries: Moving from risk factor identification to injury pattern recognition - Narrative review and new concept. *Br J Sports Med.* 2016;50:1309-14.
100. Paterno MV, Rauh MJ, Schmitt LC, Ford KR, Hewett TE. Incidence of Second ACL Injuries 2 Years After Primary ACL Reconstruction and Return to Sport. *Am J Sports Med.* 2014;42:1567-73.
101. Kievit AJ, Jonkers FJ, Barentsz JH, Blankevoort L. A cross-sectional study comparing the rates of osteoarthritis, laxity, and quality of life in primary and revision anterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy.* 2013;29:898-905.

図説明文

図1 運動器外傷・障害の発生率の推移

平成21年度から28年度にかけて、男女ともに発生率（年間1人あたり）は減少していた。男性では平成21年度1.38から平成28年度0.67と半減し、女性は1.25から0.79と約37%の減少であった。平成26年度以降は女性の方が発生率が高くなった。

図2 a-d 運動器外傷・障害の学年・性別発生率の推移

平成21年度から28年度にかけて、各学年、男女ともに発生率は減少したが、1年生女性の発生率の減少は鈍く、平成25年度以降は最も発生率が高くなっている。

図3 運動器外傷の性別発生率の推移

平成21年度から28年度にかけて、外傷の発生率は男性で約60%、女性で約50%減少していた。

図4 運動器障害の性別発生率の推移

平成21年度から28年度にかけて、男女とも障害の発生率は緩徐に減少しているが、いずれの年度も女性が男性に比して発生率が高い状態が続いていた。

図5 運動器外傷・障害の原因

クラブ活動が 8,066 件 (53.4%) で最も多く、訓練 2,165 件 (14.3%)、体カトレーニング 1,237 件 (8.2%) と続いた。約 90% はスポーツ活動や訓練に起因するものであった。

図6 クラブ活動の競技別・性別の運動器外傷・障害の発生率

アメリカンフットボール、柔道、レスリングといったコンタクト強度の強いスポーツでは、年間 1 人あたりの発生率が 1.0 件を超えていた。

図7 運動器外傷・障害の発生時期

4~6 月と 9~11 月にかけて件数が多くなっていく時期があり、12 月から 3 月にかけては大きな変動は認めなかった。クラブ活動のシーズンや訓練の時期に連動していた。

図8 運動器外傷・障害の性別発生時期

入学から卒業までの 48 か月間の中で、男性は概ね毎学年の 4~6 月、9~11 月に発生率が高くなっているが、女性では 1 年生に発生率が高い時期が集中し、特に 1 年生の 6 月と 2 年生の 4 月では月間 1,000 人あたり 200 件近い運動器外傷・障害が発生していた。

図9 運動器外傷・障害の発生部位

膝関節 2,286 件 (15.1%) が最も多く、足関節 2,056 件 (13.6%)、手指 1,857 件 (12.3%)、足部・足趾 1,846 件 (12.2%) の順に多く、下肢が 8,106 件 (53.7%) と半数以上を占めていた。外傷に限ると、手指が最も多く、足関節、足部・足趾、膝関節の順であった。障害に限ると、膝関節が最も多く、腰部・腰椎、足部・足趾、下腿の順であった。

図10 運動器外傷・障害の治療期間

治療期間は、1 週間以内が 8,899 件 (58.9%) であり、4 週間以内だったものは 12,663 件 (83.8%) であった。一方で、3 か月以上要したものが 706 件 (4.7%) 存在した。

図11 運動器外傷・障害の診断別発生率と治療期間の関係

発生率は足関節捻挫、腰痛症、手指関節捻挫、足部・足趾打撲、手指打撲、手関節捻挫、膝関節打撲の順に高いが、いずれも平均治療日数は 30 日以下であった。一方で、いずれも発生率は年間 1,000 人あたり 10 件以下であったが、肩関節脱臼・亜脱臼で手術を行った例では約 14 か月、膝前十字靭帯損傷では約 11 か月という長期間の治療を要した。さらに発生率は低いですが、上腕骨骨折、下腿骨骨折、舟状骨骨折も長期の治療を要していた。

図 1 2 膝前十字靭帯損傷の競技別発生率

年間 1,000 人あたりの発生率は、女子柔道で 32.3 件と最も高く、次いで女子体操 27.0 件、男子柔道 18.5 件、アメリカンフットボール 17.0 件、レスリング 15.0 件の順であった。

図 1 3 肩関節脱臼の競技別発生率

5 件以上発生した競技において、年間 1,000 人あたりの発生率は、相撲で 63.6 件、レスリングで 52.6 件、ラグビー 41.4 件、アメリカンフットボール 38.6 件の順で続いていた。女性は 5 件以上発生した種目がなかった。

図 1 4 下肢運動器障害の性別発生時期

入学から卒業までの 48 か月間の中で、男女ともに 2 年生の 4 月に最も発生率が高く、3 年生の 1 月から 4 年生の 4 月、4 年生の 1, 2 月にも発生率が高い時期がある。これは強度の高い訓練を行う時期に一致する。女性は入学後 4 か月の間にも特に発生率が高い時期が存在していた。

図 1 5 下肢疲労骨折の学年・性別発生率

下肢疲労骨折は 1 年生、2 年生の女性で発生率が高く、学年が上がるにつれて減少していた。

図 1 6 下肢疲労骨折の発生部位

下肢疲労骨折の部位は、脛骨が 94 件(57.7%)で最も多く、中足骨 36 件(22.1%)、恥坐骨 22 件 (13.5%) の順であり、この 3 つの部位で 90%以上を占めていた。

図 1 7 超音波踵骨測定装置

骨量測定は超音波踵骨測定装置 (Achilles A-1000EXP II, GE Healthcare, Chicago, IL, USA) を使用した。

図 1 8 新入生における月別の下肢運動器障害の発生状況

先行調査 (図 15) と同様、入学後 3 か月は発生率が高く、2 年生の 4 月にも発生率が高い時期が存在した。

図 1 9 短靴

本研究の対象集団の学生全員が、1 日の大半を防衛省から支給されるこの革靴 (短靴) を履いて過ごしている。

図 2 0 体組成計

体組成計測は MC-780A (TANITA, 東京) を用いて、生体電気インピーダンス (bioelectrical impedance analysis : BIA) 法で測定した。

図 2 1 三次元足型自動計測機

足型計測は、三次元自動足型計測機（JMS-2100，ドリームジーピー，大阪）を用いた。

図 2 2 新入生における月別の下肢運動器障害の発生状況

先行調査（図 1 4， 1 8）に比して、男性は大きく変わらないが、女性は 4～6 月の発生率は低くなり、7 月に発生率が高くなっていた。

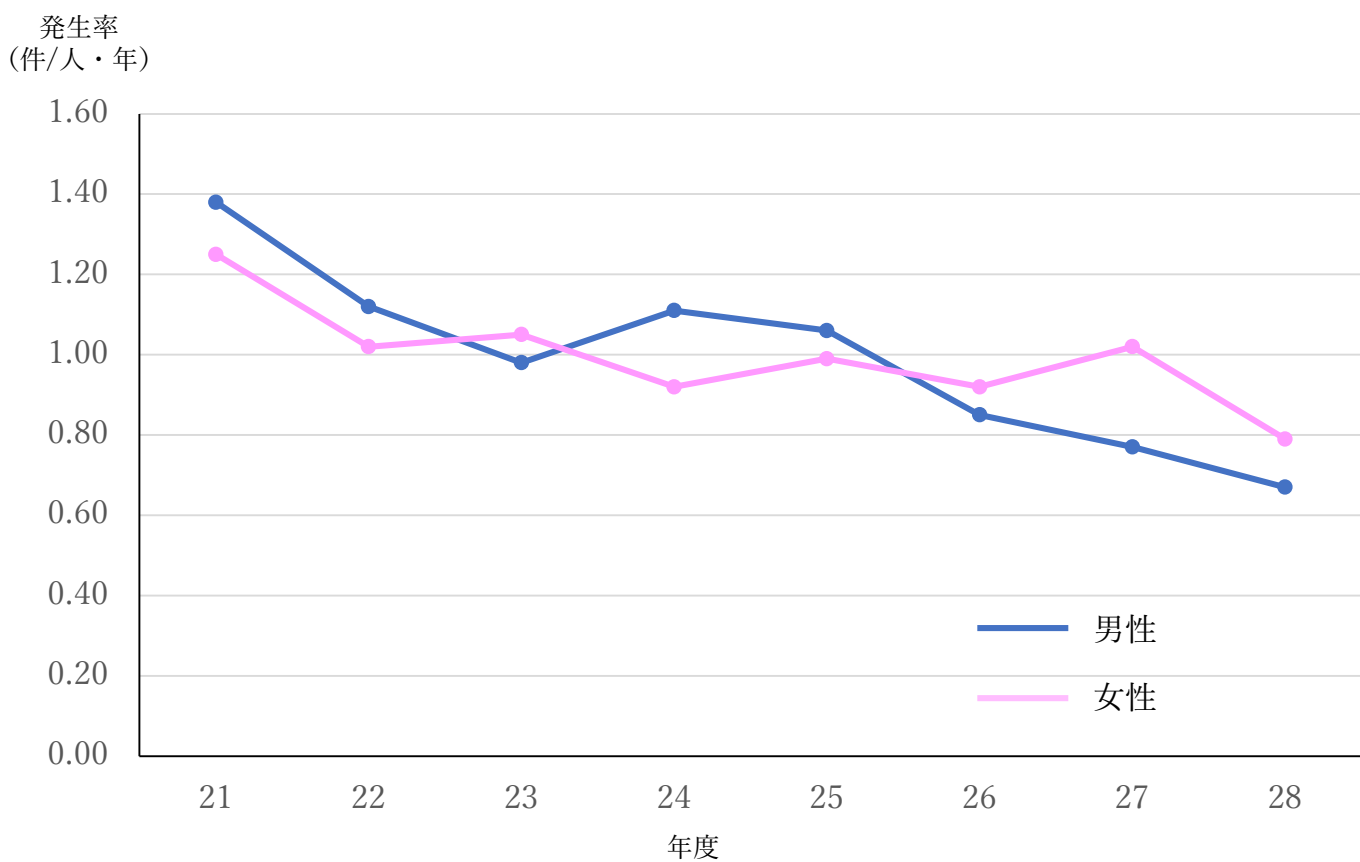


図1 運動器外傷・障害の発生率の推移

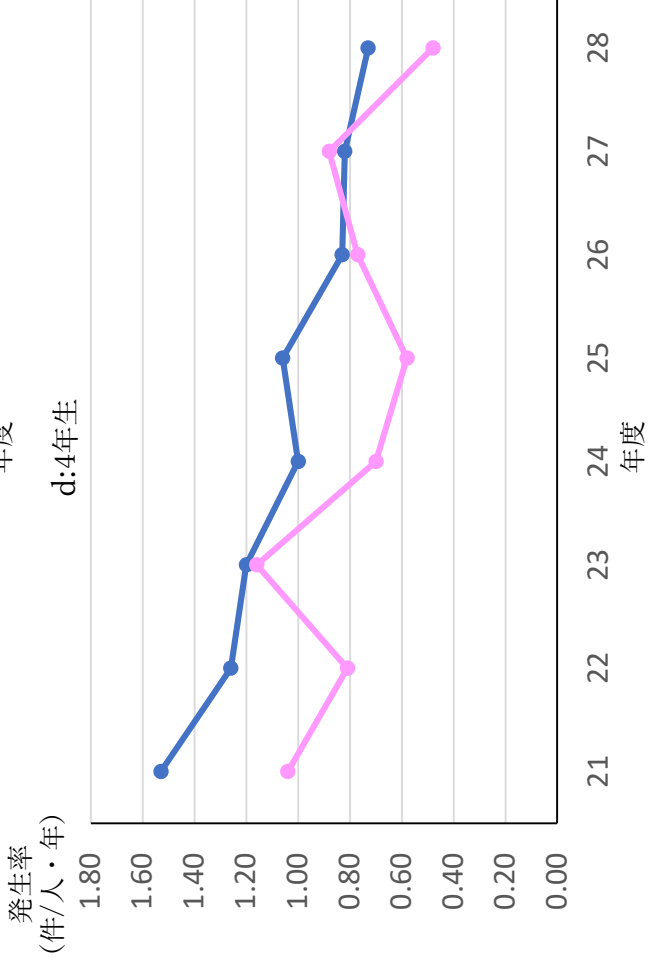
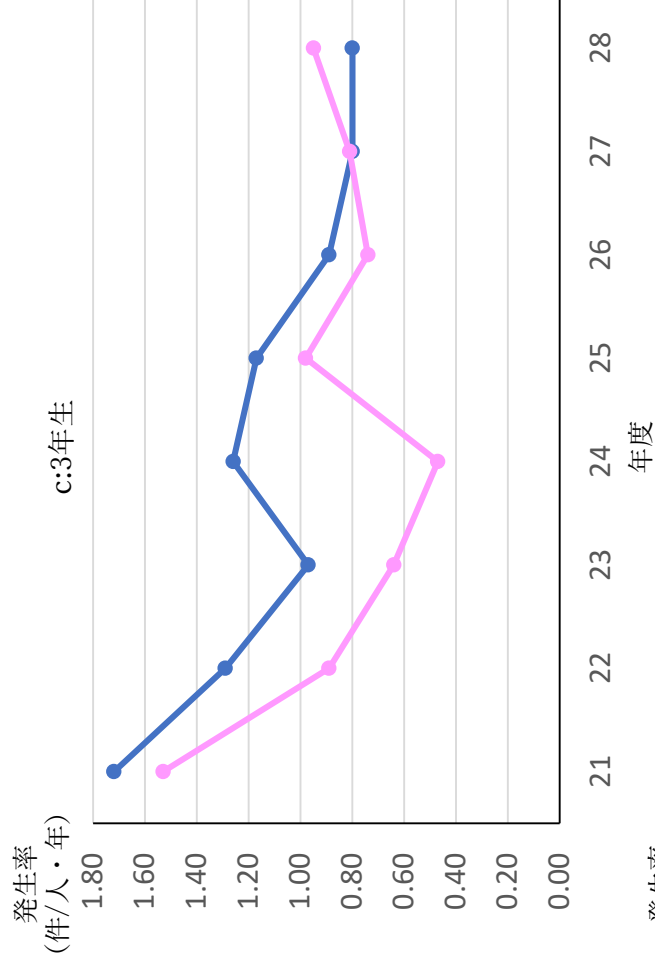
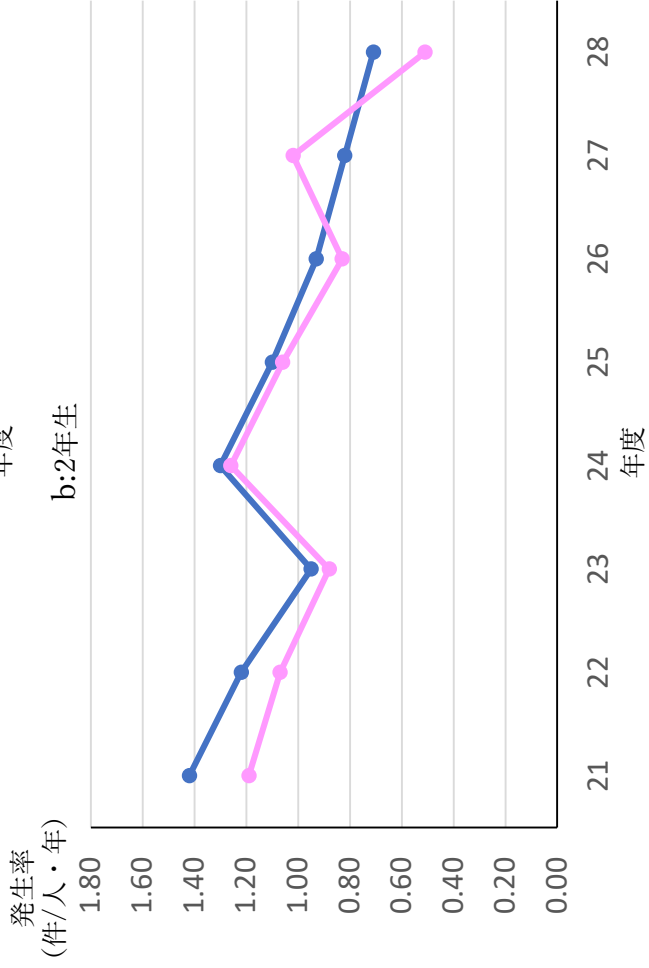
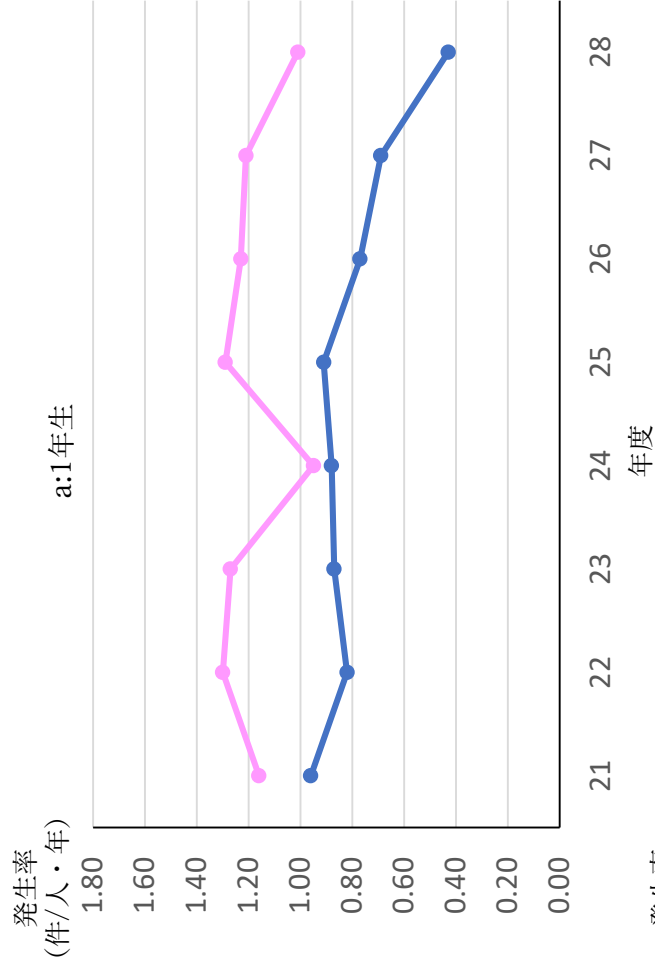


図2 a-d 運動器外傷・障害の学年・性別発生率の推移

女性

男性

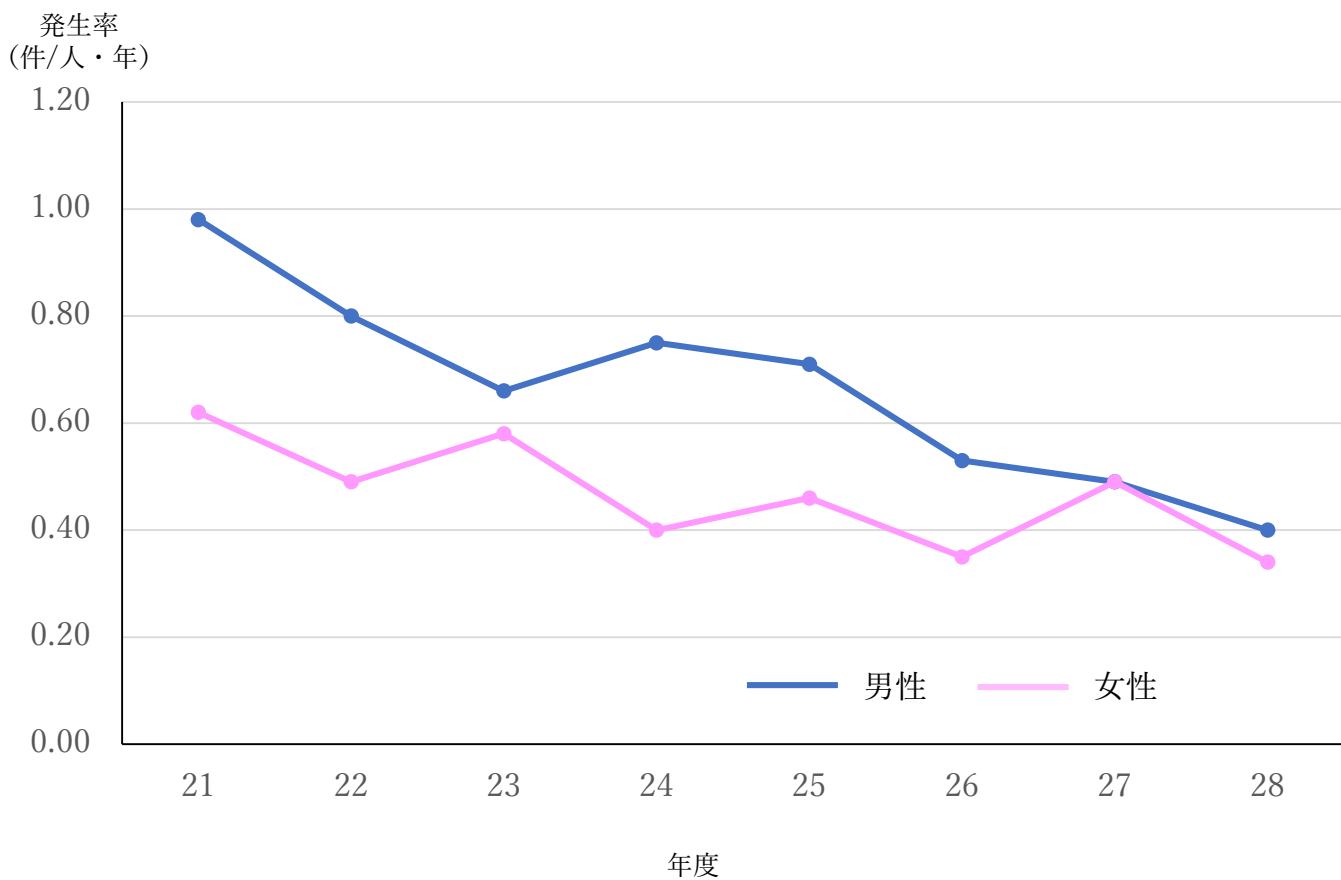


図3 運動器外傷の性別発生率の推移

発生率
(件/人・年)

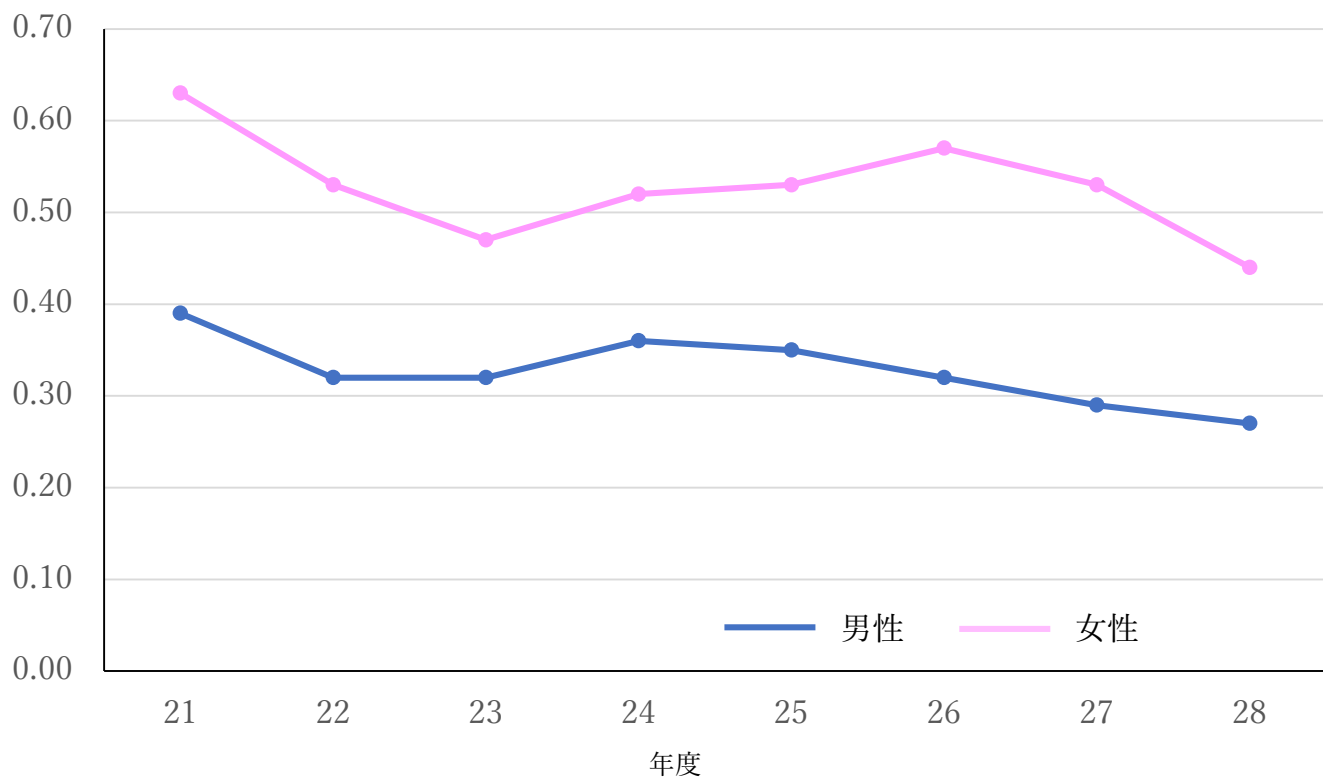


図4 運動器障害の性別発生率の推移

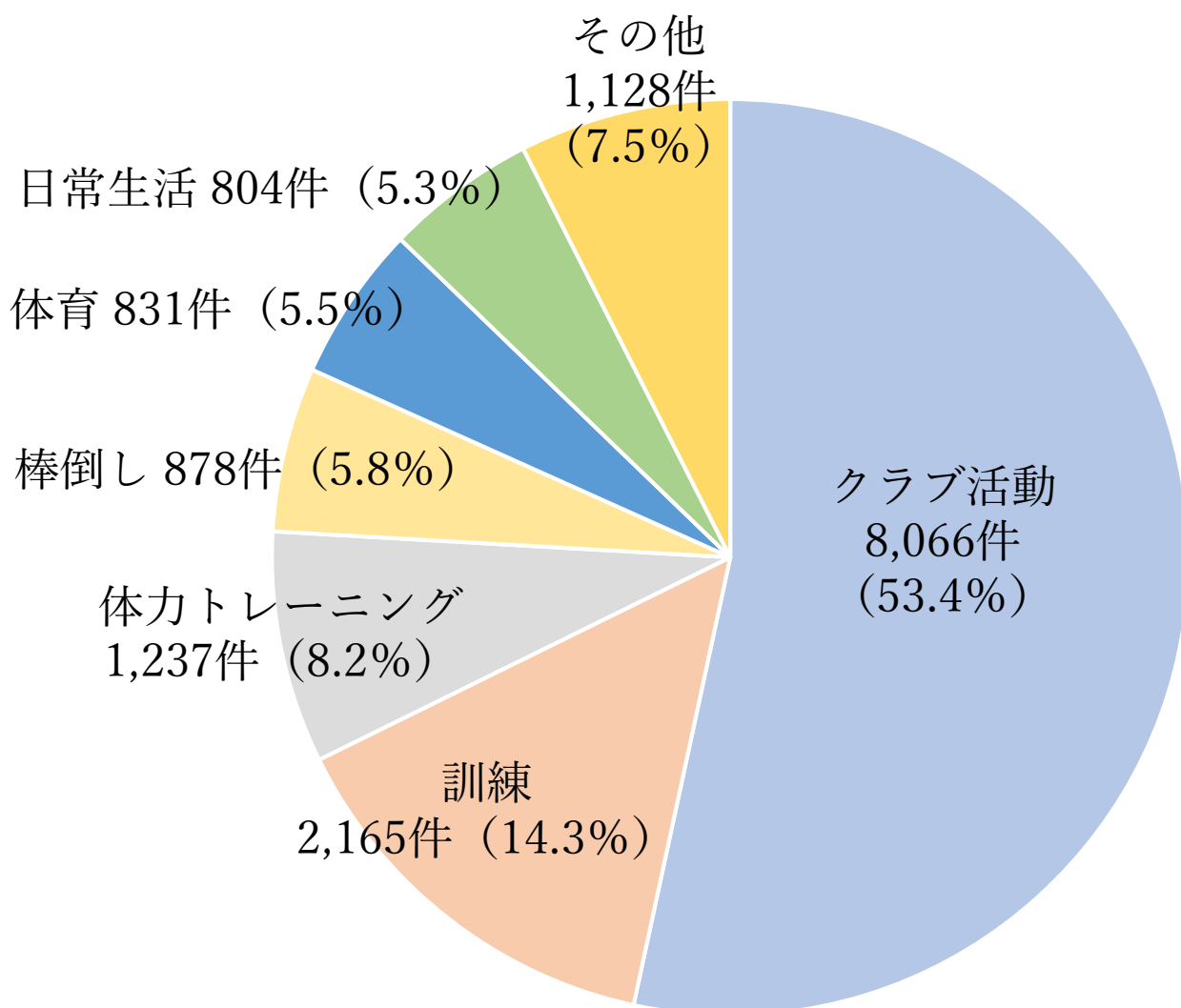


図5 運動器外傷・障害の原因

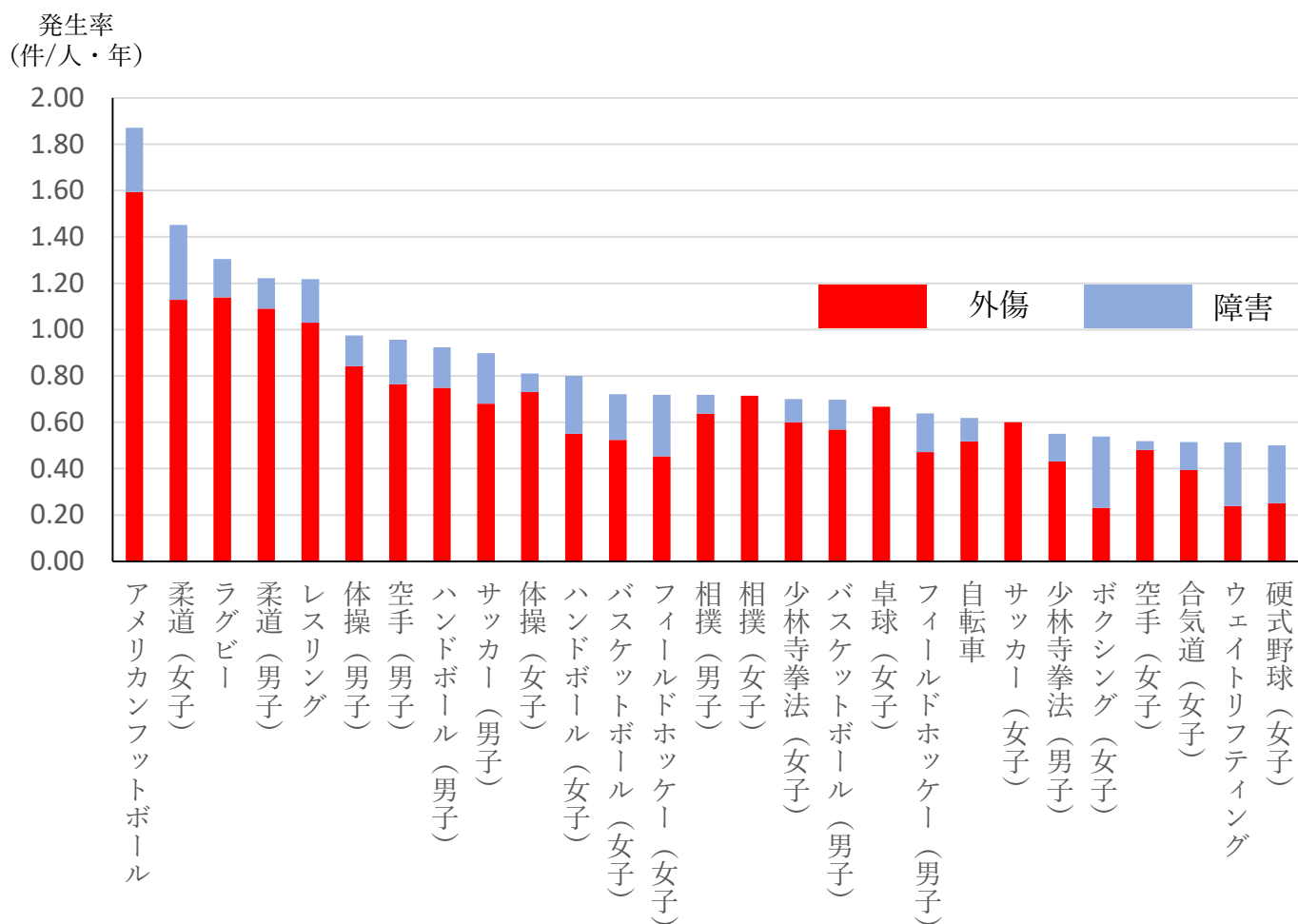


図6 クラブ活動の競技別・性別の運動器外傷・障害の発生率

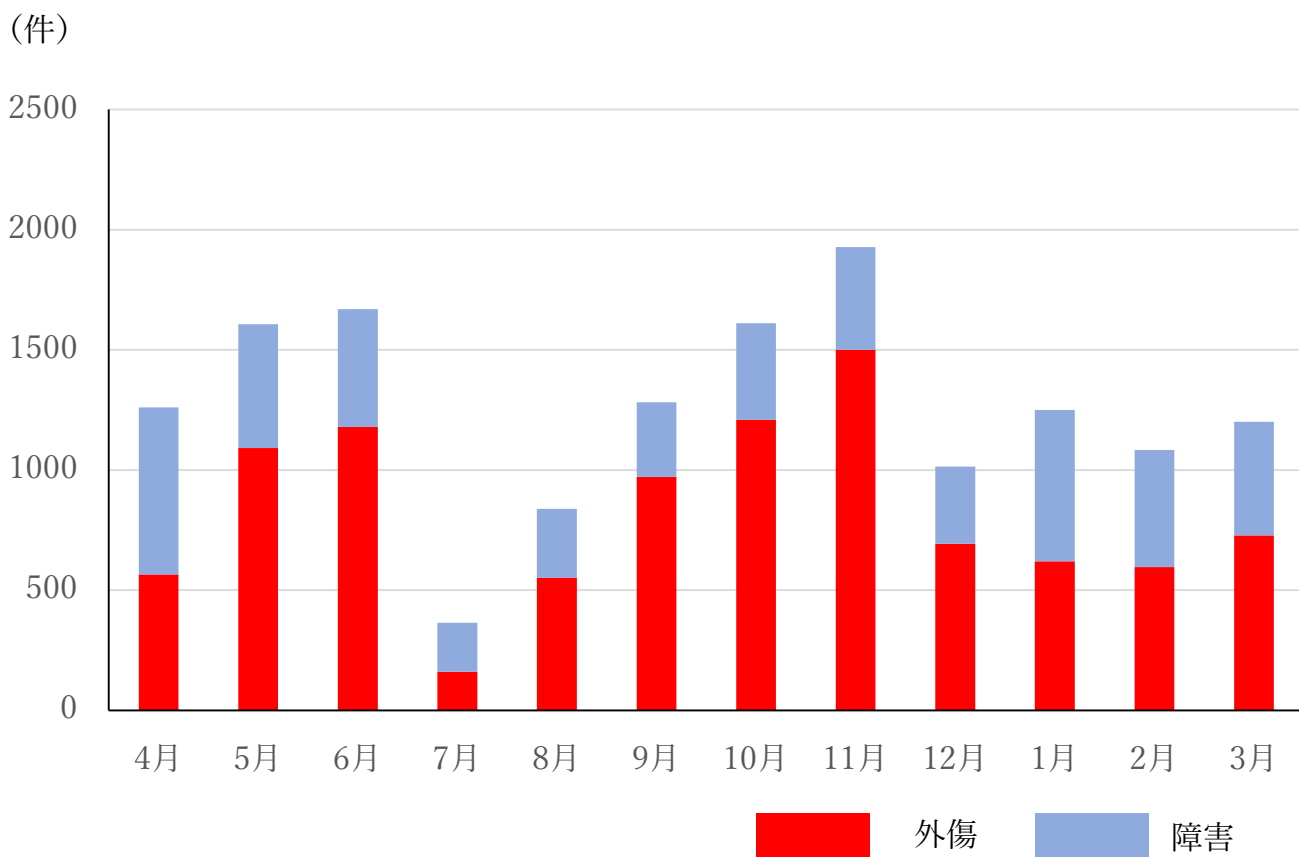


図7 運動器外傷・障害の発生時期

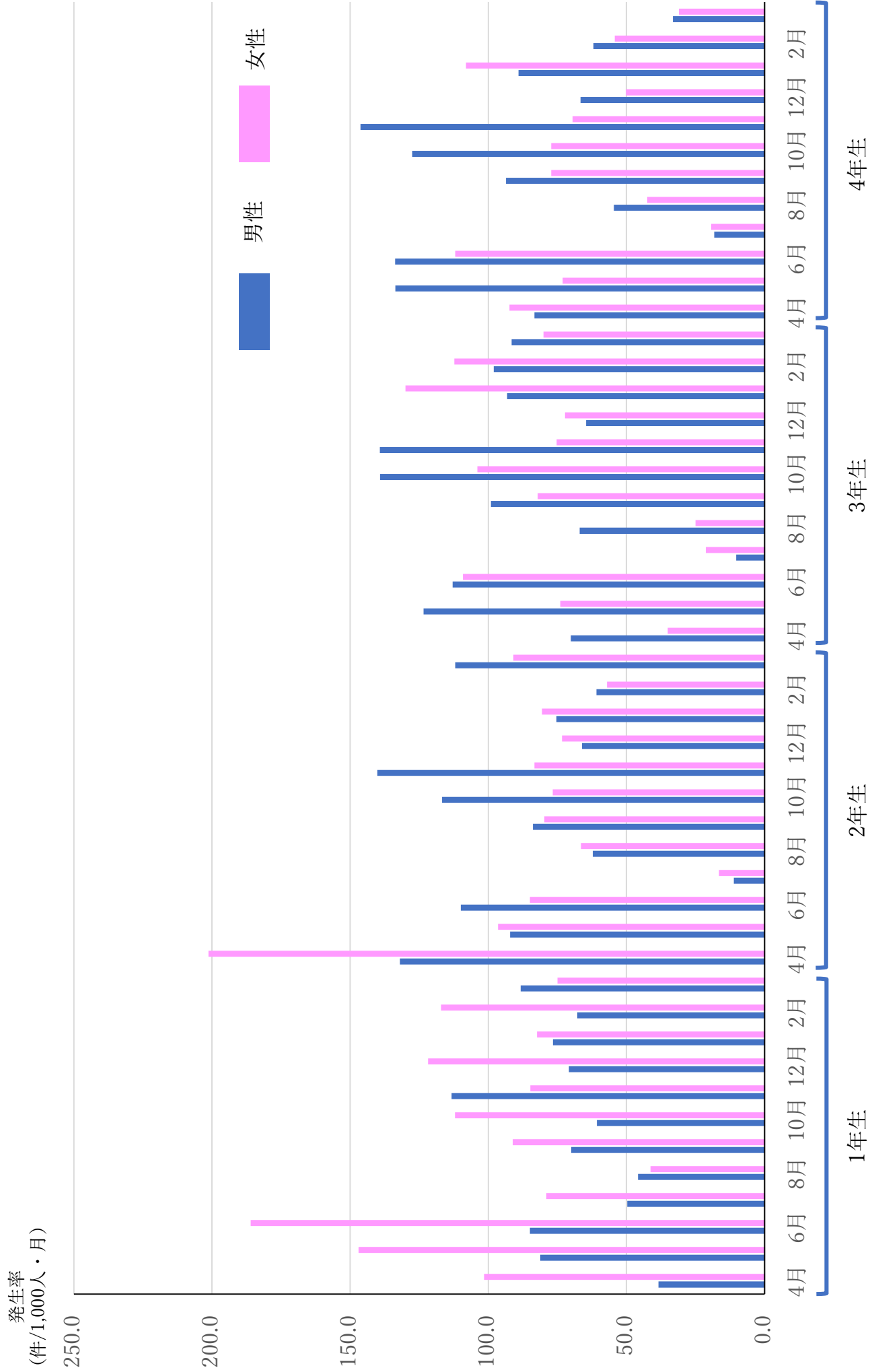


図8 運動器外傷・障害の性別発生時期

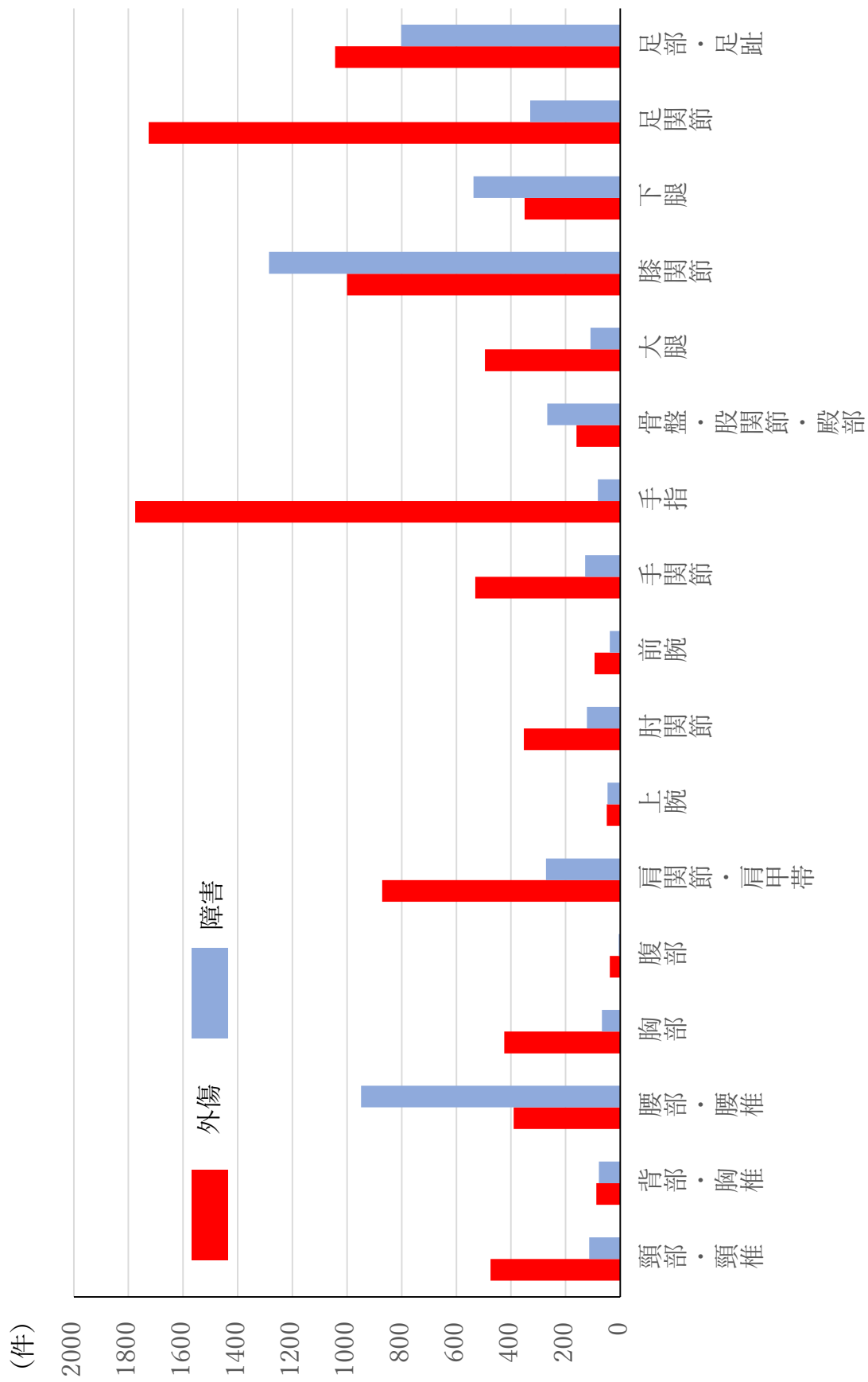


図9 運動器外傷・障害の発生部位

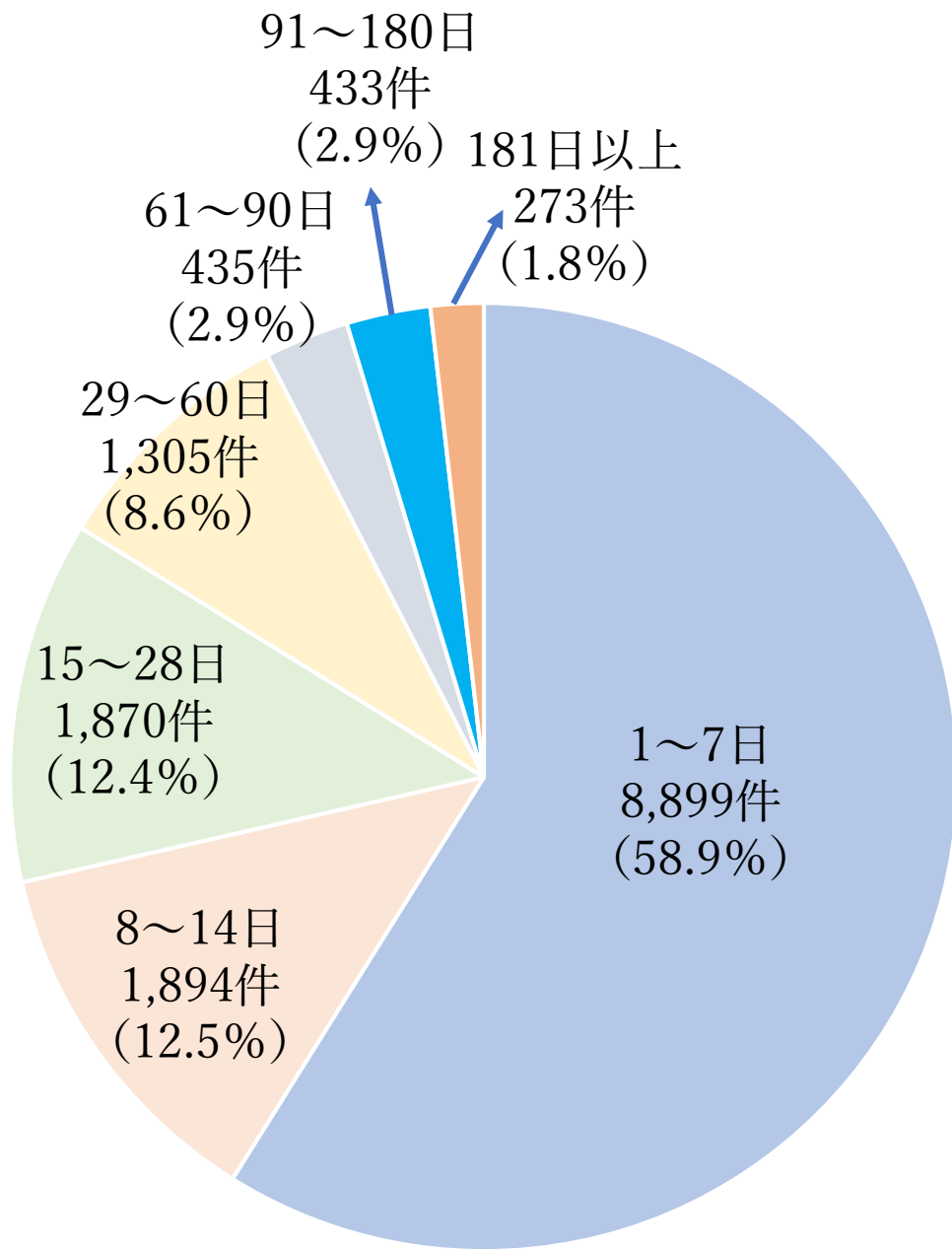


図10 運動器外傷・障害の治療期間

発生率
(件/1,000人・年)

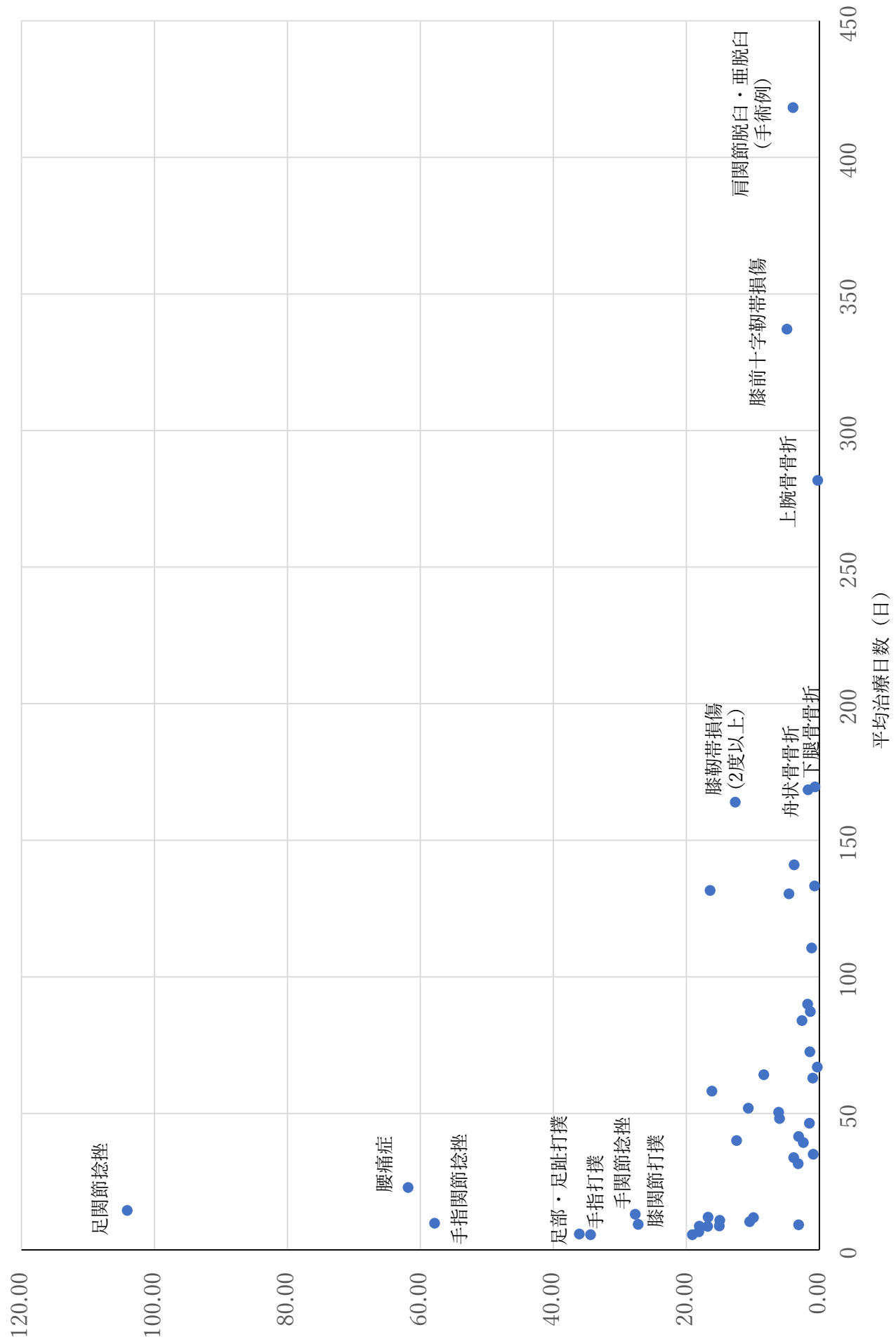


図 1 1 運動器外傷・障害の診断別発生率と治療期間の関係

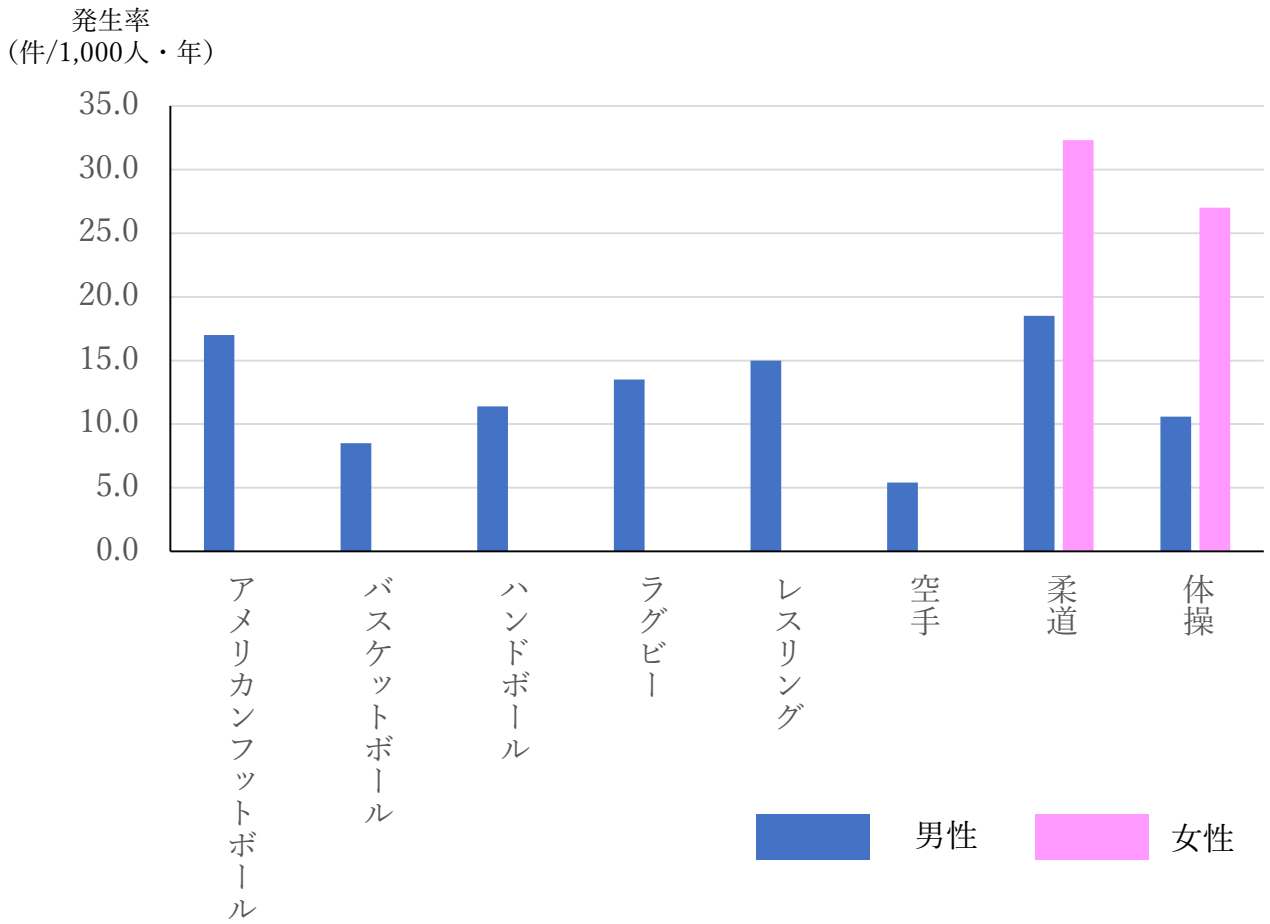


図 1 2 膝前十字靭帯損傷の競技別発生率

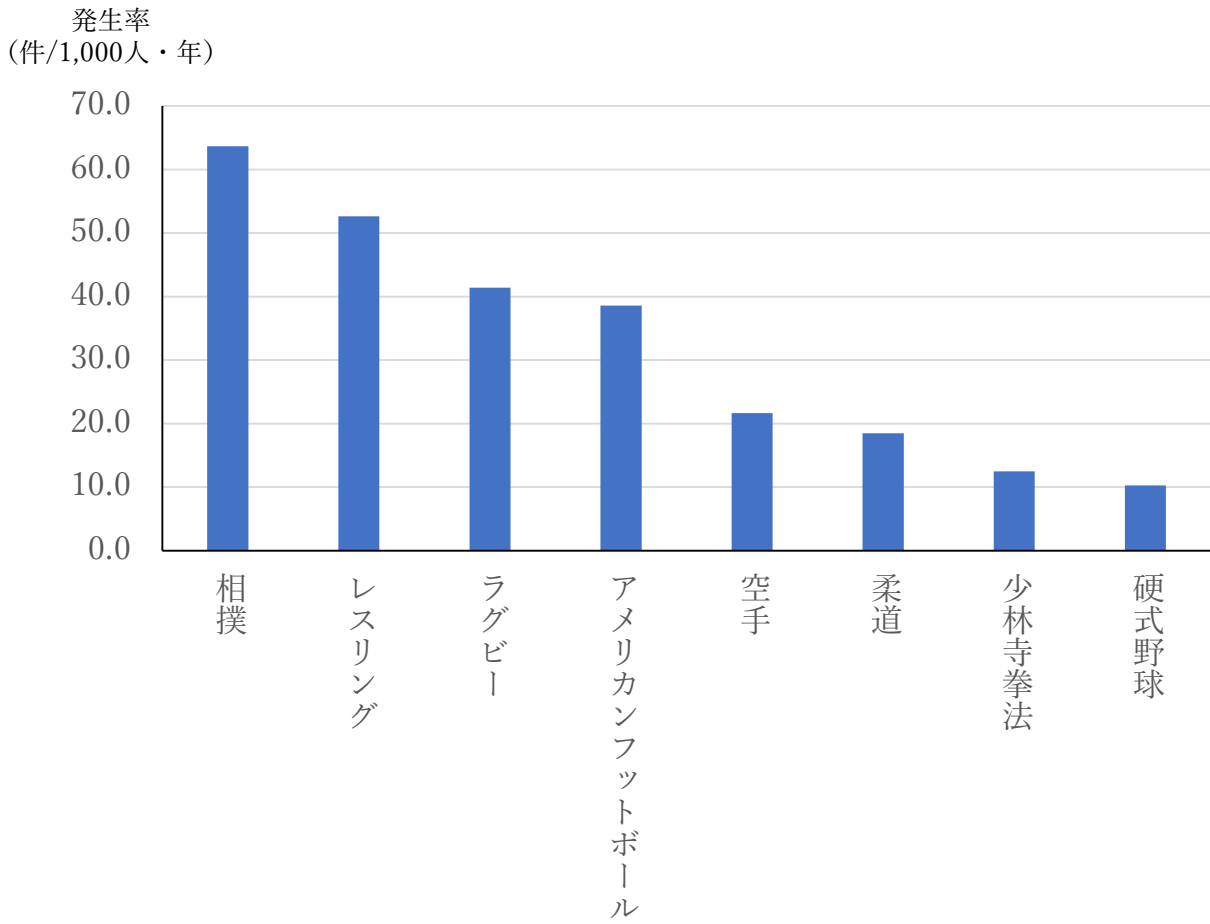


図13 肩関節脱臼の競技別発生率

発生率
(件/1,000人・月)

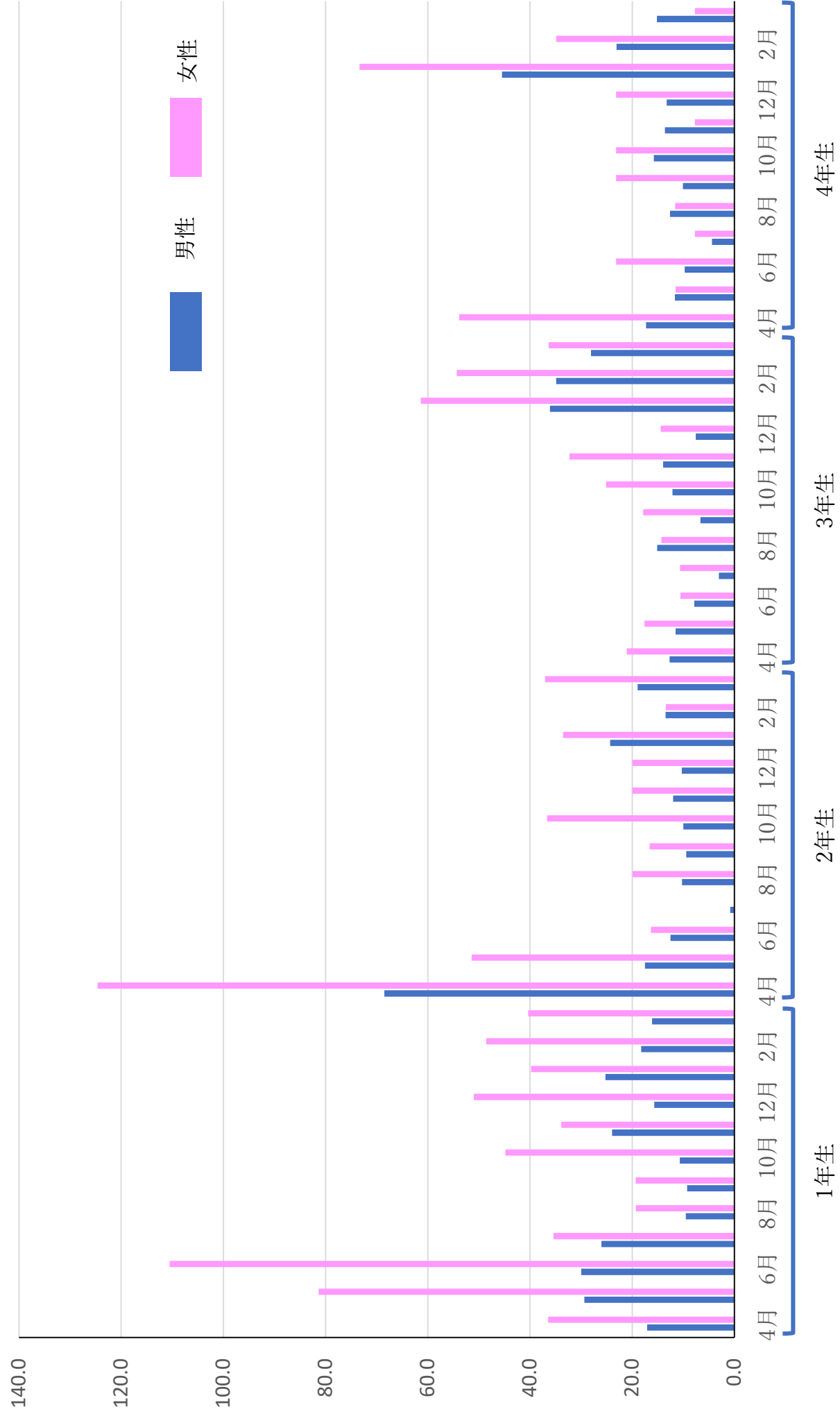


図14 下肢運動器障害の性別発生時期

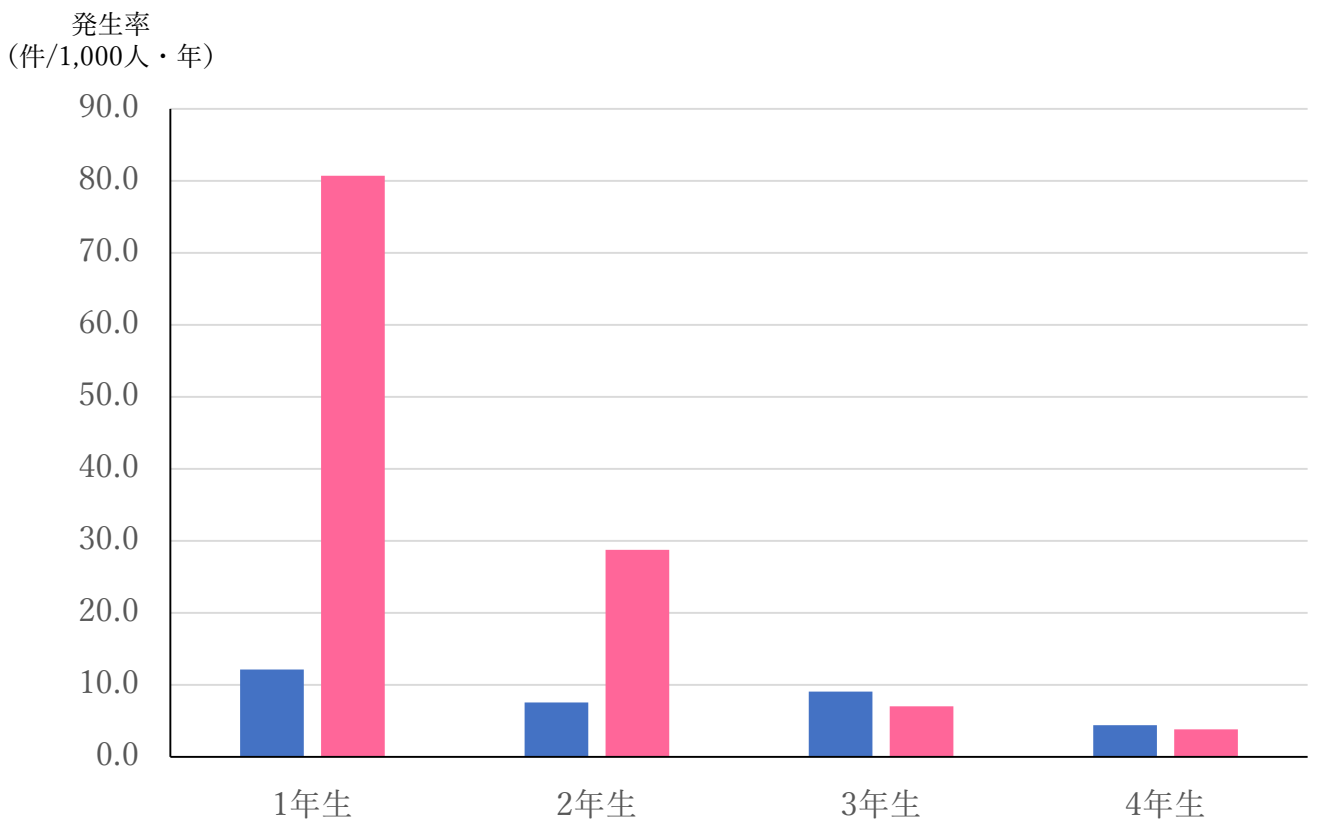


図15 下肢疲労骨折の学年・性別発生率

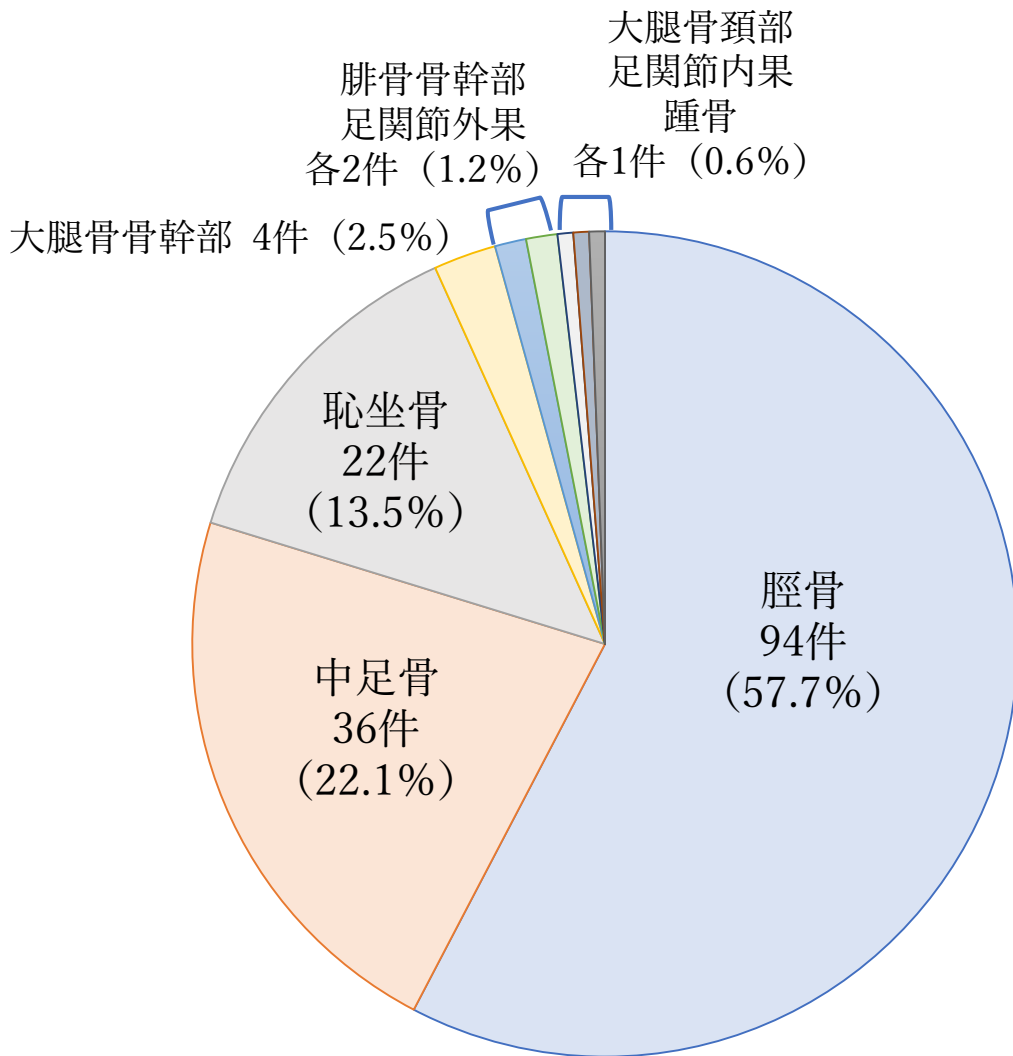


図16 下肢疲労骨折の発生部位



图 1 7 超声波踵骨测定装置

発生率
(件/1,000人・月)

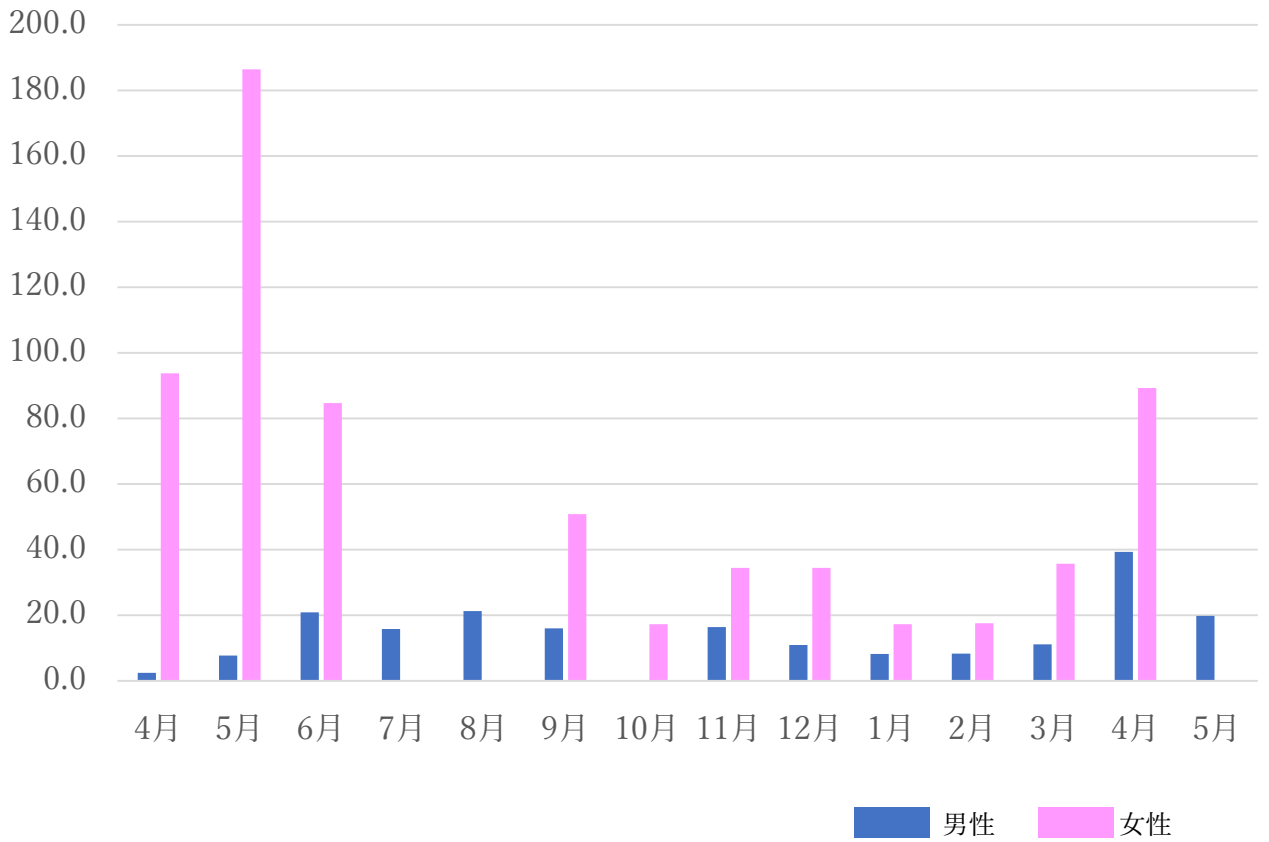


図 1 8 新入生における月別の下肢運動器障害の発生状況



图 1 9 短靴



図 2 0 体組成計



圖 2 1 三次元自動足型計測機

発生率
(件/1,000人・月)

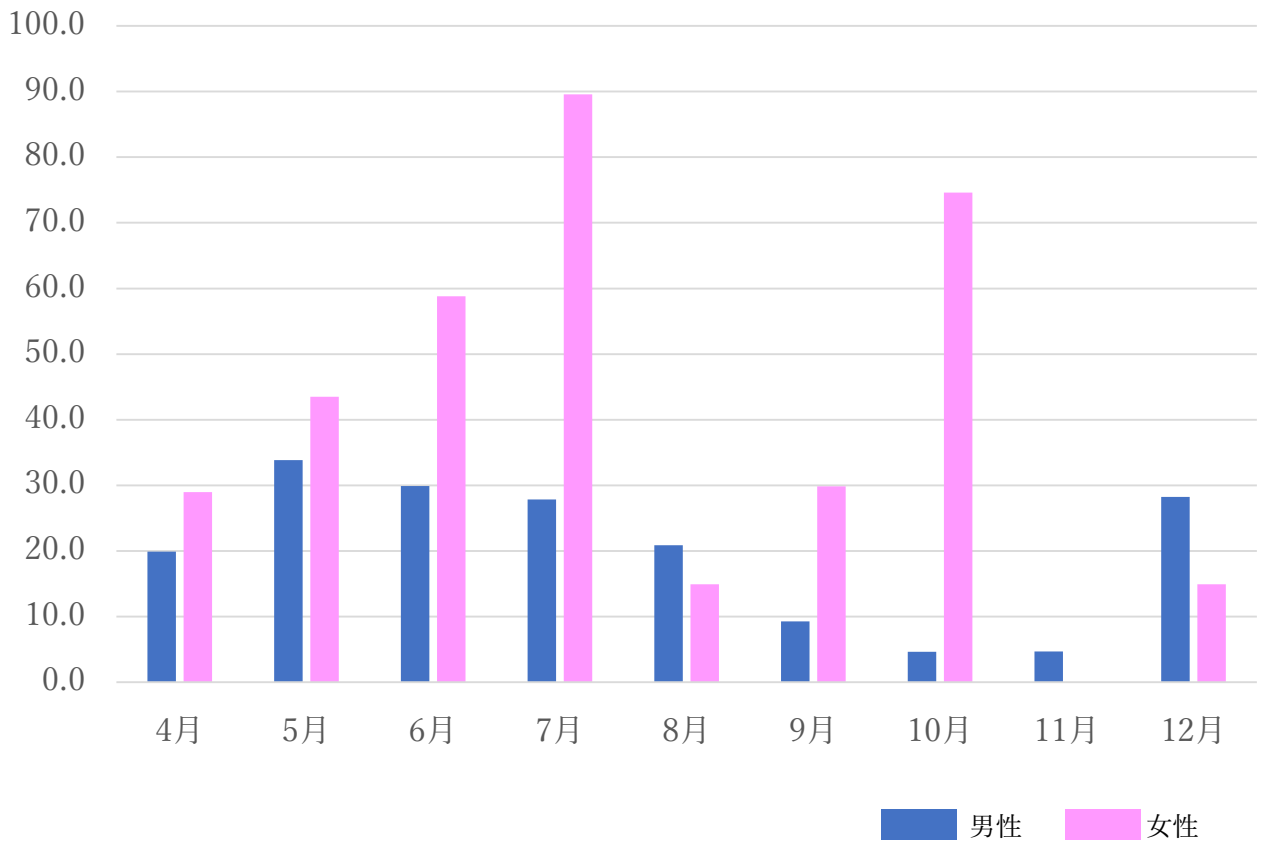


図 2 2 新入生における月別の下肢運動器障害の発生状況

表1 運動器外傷・障害の診断分類

	H21-28			
	合計	%	男	女
捻挫・靭帯損傷	4176	27.6	3888	288
打撲・筋挫傷・血腫	3385	22.4	3205	180
腱炎・腱周囲炎	1868	12.4	1639	229
骨折	628	4.2	585	43
筋断裂・肉離れ	389	2.6	370	19
脱臼・亜脱臼	361	2.4	342	19
筋痙攣・筋肉痛	361	2.4	329	32
疲労骨折	196	1.3	152	44
半月板・軟骨損傷	141	0.9	131	10
滑液包炎	107	0.7	94	13
神経損傷・脊髄損傷	106	0.7	101	5
腱断裂・腱損傷	85	0.6	83	2
その他の骨損傷	62	0.4	52	10
その他	3244	21.5	2916	328
合計	15109		13888	1222

表2 ベースライン調査の結果

	男性 (n=407)	女性 (n=64)	
年齢	18.3±0.5	18.4±0.8	
身体計測			
身長 (cm)	171.4±5.6	159.6±4.7	
体重 (kg)	65.7±8.5	53.4±6.3	
BMI (kg/m ²)	22.3±2.5	21.0±2.3	
体力測定			
50m走 (秒)	7.3±0.4	8.6±0.5	
1,500m走 (秒)	349.5±33.6	—	
1,000m走 (秒)	—	268.8±26.8	
懸垂 (回)	5.5±4.5	—	
斜懸垂 (回)	—	32.7±16.5	
ボール投げ (m)	41.7±12.1	22.4±8.1	
立ち幅跳び (cm)	238.2±18.6	188.8±15.4	
運動歴			
小学校	あり (名)	231 (56.8%)	39 (60.9%)
	なし (名)	168 (41.3%)	22 (34.4%)
中学校	あり (名)	346 (85.0%)	45 (70.3%)
	なし (名)	53 (13.0%)	16 (25.0%)
高等学校	あり (名)	280 (68.8%)	23 (35.9%)
	なし (名)	119 (29.2%)	38 (59.4%)
既往歴			
	あり	92 (22.6%)	13 (20.3%)
	なし	315 (77.4%)	51 (79.7%)
QUS			
SOS (m/sec)	1610.0±41.8	1606.1±30.8	
BUA (dB/MHz)	128.3±14.3	120.1±11.5	
stiffness	116.3±18.3	109.6±12.8	

BMI : bone mass index, QUS : quantitative ultrasound
 SOS : speed of sound, BUA : broadband ultrasound attenuation

表3 下肢運動器障害の発生と各測定項目の関係（男性）

		男性		
		障害あり (n=57)	障害なし (n=350)	p
年齢		18.4±0.6	18.3±0.5	0.2032
身体計測				
身長 (cm)		171.7±5.8	171.4±5.6	0.9687
体重 (kg)		65.4±10.4	65.7±8.2	0.3380
BMI (kg/m ²)		22.1±2.8	22.4±2.5	0.5026
体力測定				
50m走 (秒)		7.3±0.5	7.3±0.4	0.3795
1,500m走 (秒)		352.9±34.6	348.9±33.4	0.5450
懸垂 (回)		4.4±4.3	5.6±4.5	<u>0.0282</u>
ボール投げ (m)		40.0±12.8	42.0±12.0	0.3215
立ち幅跳び (cm)		238.3±20.1	238.1±18.4	0.6267
運動歴				
小学校	あり (名)	40 (70.2%)	191 (54.6%)	<u>0.0425</u>
	なし (名)	17 (29.8%)	151 (43.1%)	
中学校	あり (名)	48 (84.2%)	298 (85.1%)	0.5470
	なし (名)	9 (15.8%)	44 (12.6%)	
高等学校	あり (名)	36 (63.2%)	244 (69.7%)	0.2110
	なし (名)	21 (36.8%)	98 (28.0%)	
既往歴				
あり		15 (26.3%)	77 (22.0%)	0.4700
なし		42 (73.7%)	273 (78.0%)	
QUS				
SOS (m/sec)		1602.8±47.0	1612.0±40.7	0.1295
BUA (dB/MHz)		125.9±16.6	128.7±13.8	0.3664
stiffness		112.5±21.4	116.9±17.6	0.1259

BMI : bone mass index, QUS : quantitative ultrasound
 SOS : speed of sound, BUA : broadband ultrasound attenuation

表4 下肢運動器障害の発生と各測定項目の関係（女性）

		女性		
		障害あり (n=22)	障害なし (n=42)	p
年齢		18.4±1.0	18.4±0.7	0.8156
身体計測				
身長 (cm)		158.9±5.1	160.1±4.4	0.6961
体重 (kg)		50.8±4.6	54.9±6.6	<u>0.0080</u>
BMI (kg/m ²)		20.1±1.6	21.5±2.6	<u>0.0426</u>
体力測定				
50m走 (秒)		8.9±0.5	8.5±0.5	<u>0.0057</u>
1,000m走 (秒)		272.7±32.7	266.9±23.5	0.1894
斜懸垂 (秒)		33.3±18.2	32.4±15.7	0.9190
ボール投げ (m)		19.1±7.0	24.1±8.2	<u>0.0420</u>
立ち幅跳び (cm)		181.7±13.0	192.3±15.4	<u>0.0096</u>
運動歴				
小学校	あり (名)	9 (40.9%)	13 (31.0%)	0.5541
	なし (名)	13 (59.1%)	26 (61.9%)	
中学校	あり (名)	14 (63.6%)	31 (73.8%)	0.1766
	なし (名)	8 (36.4%)	8 (19.0%)	
高等学校	あり (名)	15 (68.2%)	23 (54.8%)	0.4761
	なし (名)	7 (31.8%)	16 (38.1%)	
既往歴				
あり		5 (22.7%)	8 (19.0%)	0.7282
なし		17 (77.3%)	34 (81.0%)	
月経異常				
あり		10 (45.5%)	8 (19.0%)	<u>0.0403</u>
なし		12 (54.5%)	31 (73.8%)	
QUS				
SOS (m/sec)		1602.7±29.1	1608.1±31.9	0.4118
BUA (dB/MHz)		118.3±11.7	121.1±11.5	0.3455
stiffness		107.4±14.4	110.8±11.8	0.2595

BMI : bone mass index, QUS : quantitative ultrasound
 SOS : speed of sound, BUA : broadband ultrasound attenuation

表5 疲労骨折、BSIの発生とQUS法による計測値との関係

		男性		女性		
		疲労骨折あり (n=3)	疲労骨折なし (n=404)	疲労骨折あり (n=4)	疲労骨折なし (n=60)	
			p		p	
QUS						
SOS (m/sec)		1604.4±87.4	1610.7±41.6	1619.0±38.2	1605.2±30.4	0.4151
BUA (dB/MHz)		141.1±24.7	128.2±14.2	126.8±12.7	119.6±11.4	0.2188
stiffness		123.1±40.7	116.2±18.2	117.6±18.6	109.0±12.3	0.3208
QUS						
		男性		女性		
		BSIあり (n=7)	BSIなし (n=400)	BSIあり (n=11)	BSIなし (n=53)	p
			p			
SOS (m/sec)		1607.1±45.9	1610.7±41.7	1605.8±32.9	1606.2±30.6	0.8187
BUA (dB/MHz)		132.3±17.9	128.2±14.2	119.2±12.4	120.3±11.5	0.8039
stiffness		117.9±23.1	116.2±18.2	108.9±15.3	109.7±12.3	0.7891

BSI : bone stress injury, QUS : quantitative ultrasound, SOS : speed of sound, BUA : broadband ultrasound attenuation

表6 ベースライン調査の結果

	男性 (n=461)	女性 (n=70)
身体計測		
身長 (cm)	171.2±5.5	157.5±4.9
体重 (kg)	65.9±8.4	53.2±6.7
BMI (kg/m ²)	22.5±2.5	21.4±2.3
体脂肪率 (%)	15.1±5.0	27.4±4.8
脂肪量 (kg)	10.2±4.4	14.8±4.3
筋肉量 (kg)	52.8±5.0	36.2±2.9
SMI (kg/m ²)	9.1±0.8	7.4±0.5

BMI : bone mass index, SMI : skeletal mass index

表7 下肢運動器障害の発生と各測定項目の関係

	男性		p
	障害あり (n=60)	障害なし (n=401)	
身体計測			
身長 (cm)	170.1±6.3	171.4±5.4	0.0870
体重 (kg)	64.7±8.5	66.1±8.3	0.1894
BMI (kg/m ²)	22.4±2.5	22.5±2.6	0.7555
体脂肪率 (%)	15.5±4.9	15.0±5.1	0.3204
脂肪量 (kg)	10.3±4.2	10.2±4.5	0.6732
筋肉量 (kg)	51.6±5.3	53.0±4.9	0.0512
SMI (kg/m ²)	9.0±0.8	9.1±0.5	0.6843
女性			
	障害あり (n=20)	障害なし (n=50)	p
身体計測			
身長 (cm)	156.6±5.5	157.9±4.6	0.1696
体重 (kg)	50.6±5.9	54.2±6.8	0.0225
BMI (kg/m ²)	20.6±2.0	21.7±2.4	0.0909
体脂肪率 (%)	25.8±4.9	28.0±4.7	0.1098
脂肪量 (kg)	13.2±3.8	15.4±4.3	0.0668
筋肉量 (kg)	35.2±2.8	36.6±2.9	0.0559
SMI (kg/m ²)	7.3±0.5	7.4±0.5	0.8099

BMI : bone mass index, SMI : skeletal mass index

表 8 下肢疲労骨折の発生と体組成の関係

男性			
	疲労骨折あり (n=10)	疲労骨折なし (n=401)	p
身体計測			
身長 (cm)	168.6 ± 6.2	171.3 ± 5.5	0.1265
体重 (kg)	60.6 ± 8.4	66.0 ± 8.3	<u>0.0326</u>
BMI (kg/m ²)	21.3 ± 2.6	22.5 ± 2.5	0.1343
体脂肪率 (%)	16.4 ± 5.6	15.0 ± 5.0	0.3671
脂肪量 (kg)	10.2 ± 4.4	10.2 ± 4.5	0.9176
筋肉量 (kg)	47.8 ± 5.3	52.9 ± 4.9	<u>0.0020</u>
SMI (kg/m ²)	8.5 ± 0.8	9.1 ± 0.8	<u>0.0163</u>
女性			
	疲労骨折あり (n=3)	疲労骨折なし (n=67)	p
身体計測			
身長 (cm)	161.1 ± 7.8	157.3 ± 4.7	0.4678
体重 (kg)	56.3 ± 10.4	53.0 ± 6.6	0.5235
BMI (kg/m ²)	21.5 ± 2.1	21.4 ± 2.3	0.9076
体脂肪率 (%)	27.5 ± 6.0	27.4 ± 4.8	0.9307
脂肪量 (kg)	15.9 ± 6.1	14.7 ± 4.2	0.6426
筋肉量 (kg)	38.1 ± 4.0	36.1 ± 2.8	0.4421
SMI (kg/m ²)	7.3 ± 0.2	7.4 ± 0.5	0.8391

BMI : bone mass index, SMI : skeletal mass index

表9 短靴と足のサイズ差による分類別の下肢運動器障害発生率

	25.0 (5 / 20)	18.0 (20 / 111)	22.0 (11 / 50)	19.9 (36 / 181)	W
	7.1 (1 / 14)	8.5 (12 / 141)	17.9 (28 / 156)	13.2 (41 / 311)	A
	—	0.0 (0 / 9)	10.0 (2 / 20)	6.9 (2 / 29)	N
S	17.6 (6 / 34)	12.3 (32 / 261)	18.1 (41 / 226)	枠内は各群の 障害発生率 (%) カッコ内は 群内の障害発生人数 / 群内の人数 (人)	

S

F

L

* p < 0.05