

「走る」ことを学習の文脈にした生命の構造と機能の学び —医療計測機器や ICT を活用した科学的探究活動—

岩崎 泰博

1 本実践のねらいについて

小学校理科における「人の体のつくりと働き」の学習は、自分自身の体という児童にとって身近な対象を扱うものである。しかしながら、呼吸や心臓の拍動、消化といった各器官の働きを個別の知識として習得するにとどまってしまう場合もあり、それらが「生命を維持するために相互に連携している」という統合的な視点での理解に至ることは容易ではない。そこで今回は、体育科の学習とも関連の深い「走る」という運動を学習の文脈に据えた。具体的に、児童は医療計測機器を活用して心拍数や血中酸素飽和度の計測を行い、走った際の「しんどさ」という主観的な感覚に対し、計測値を参考にしながら考察していく。つまり、本実践は、感覚的な事象を数値データで客観視し科学的にアプローチすることで、生命を維持するための器官の連携を捉えることをねらったものである。児童が人体について問い、試していく探究過程を実現することで、理科での知見を自身の生活へと適応させていく「問い続け、価値を創造する」子どもの育成を目指す。

2 単元の構想にあたっての教材研究

(1) 「走ってしんどい」とはどういうことか

本単元で、児童は走る運動をしたときの「しんどい」という感覚について科学的に探究する。では、この「しんどい」とは生理学、運動生理学、においてどのように扱われているか。一般にこのような状態は「疲労」と呼ばれている。疲労という用語には多くの定義があり、これまでの研究により定義の数を増やすことはできたが、複雑で多面的な現象であるため、1つの統一された定義ができていないと指摘されている（八田 2023）。実際、疲労の定義として様々なものが見られた（表2）。

表2 様々な疲労の定義（八田，2023，p.3 を参考に筆者作成）

-
- | |
|------------------------------------|
| ① 要求された筋収縮や作業負荷を維持できない瞬間 |
| ② 運動後の極度の疲労感 —長時間運動後の筋や器官などの効率の低下— |
| ③ 必要とされた力または、予期された力を発揮できない状態のこと |
| ④ 最大筋力発揮能力の低下 |
| ⑤ 運動による筋力や筋パワーの低下 —末梢性と中枢性の原因がある— |
| ⑥ その運動強度を維持することができない |
-

とはいえ、我々の実感として、持久走のあとの苦しさや重いものを運んだ後の腕の重さなど、共通のイメージを持つことは可能である。今回は6年体育科との連携で持久走をテーマとするので、定義②や定義⑥のイメージが合うだろう。八田（2023）によると、一つの統一された定義がなされているわけではないものの、疲労は「末梢性疲労」と「中枢性疲労」の2つに大きく分類される。

末梢性疲労とは、疲労が生じる部位が中枢神経系の外側にある疲労である（八田，2023）。いわば、運動器や呼吸器，循環器（特に心臓）といった筋肉そのものの疲労である。運動による代謝で、熱や乳酸等の物質が生じ、筋肉に熱や乳酸等が蓄積することで、筋内環境が変化し、継続的な収縮が不可能になる。その結果、筋が機能不全に陥るという疲労である。また、心臓の能力にも限界があり、心筋が酸素不足になるとそれ以上の循環を行うことができなくなる（心臓虚血）。これらの要因による運動パフォーマンスの低下が末梢性疲労である。

中枢性疲労とは、疲労が生じる部位が中枢神経系の内側にある疲労である（八田，2023）。肉体の限界ではなく、これ以上続けると危険だと脳が判断して生み出される疲労である。例えば、脳は同じ作業を長時間続けるとパフォーマンスが低下するため、体が限界を迎えるより先に、「疲労感」や「痛み」「だるさ」といった信号を出し、活動を中断させようとする。この、脳や脊髄神経といった中枢神経系によって引き起こされる運動パフォーマンスの低下を中枢性疲労という。我々は脳によって生み出された中枢性疲労を「しんどいという感覚」として認識しているといつてよい。疲労には、この2種類があることを踏まえて、今回の単元で「しんどさ」を考える上では、心拍数，呼吸数，といったデータだけではなく、「息苦しい」「休憩したい」といった児童自身の感覚も大切にしたい。

（2）走ると「息がきれる」「ドキドキする」のはなぜか

人間は運動を行うためのエネルギーを細胞内の化学反応によって得ており，その際の化学反応に酸素を使用する。人間は走ると当然息が切れるが，この現象はなぜ起こるのか。人間の有酸素運動を端的に表すフィックの原理というものがある（藤井2023）。

$$\text{酸素摂取量} = \text{心拍出量} \times (\text{動脈血酸素含量} - \text{静脈血酸素含量})$$

酸素摂取量：酸素をどれくらい取り込んでいるか。（エネルギー消費量の指標となる）

心拍出量：1分間に送り出す血液の量

動脈血酸素含量：動脈血中に含まれる酸素の量（ヘモグロビンに結合した酸素と，血漿に溶解した酸素の合計）

運動が行われると，筋が必要とする酸素の量が増えるため，必然的に酸素摂取量を上げる必要がある。つまり，呼吸数上がるのは，動脈血酸素含量を上げて酸素摂取

量を上昇させるためである。体がこのような反応を起こす主な要因は水素イオン（H⁺）と言われている。水素イオンが増え、血液の Ph が低下すると、脳の特定の場所が反応して、呼吸中枢を刺激する。この水素イオンは、運動時の代謝（糖からエネルギーを取り出す）等の際に発生する（春日，2019）。酸素摂取量を向上させるもう一つの方法が、心拍出量の上昇である。心拍出量は、心拍出量＝心拍数×1回拍出量で表される。拍動の回数が上昇すれば、心拍出量が増えるので、酸素摂取量を上げることができる。このようなしくみで、走ると自然に心拍数が上昇するのである。ここまでの内容を式と照らし合わせて整理すると図3のようになる。ちなみに、最大心拍数は、年齢の影響が大きく、加齢とともに低下し、トレーニングをしても最大値はほとんど変化しない。しかしながら、一回の拍動でどれだけの血液を送り出せるかという拍出量はトレーニングで向上することができると言われている。

(3) マラソン選手はなぜ2回吸って2回吐くのか

体育科で学習する予定のマラソン選手の呼吸（2回吸って2回吐く）のにも理由がある。肺でのガス交換は、肺の肺胞でおこなわれる。したがって、肺胞に達しない空気からは酸素を取り込むことができず、せっかく吸い込んだにも関わらず意味がなくなってしまう。肺胞のない部分（死腔）に留まり、ガス交換に関係しなかった空気量は「無効換気量」と呼ばれている。一回の換気（吸って吐く）の500mLのうち、150mLが死腔に留まり、肺胞に到達するのは、350mL程度でしかない（北川，2020）。したがって、スーハースーハーの浅い呼吸では、無効換気量が増えてしまうため、スーハースーハーという深い呼吸を行うことで、肺胞に到達する空気を増やすことが大切なのである。

例) 一分間に40Lの肺換気を行う場合（北川，2020）

浅い呼吸 一回あたり1L×40 → 32Lが肺胞まで到達する

深い呼吸 一回あたり2L×40 → 37Lが肺胞まで到達する

(4) 単元デザインに向けて

以上のことを踏まえて、児童に探究活動の結果たどり着くことを期待する考えは、「人体の様々な器官が連携して生命活動を維持している」「人体の器官は全て繋がっている」というものである。さらに具体的にすると、

- ・ 走った直後に酸素飽和度が少し変化するがすぐにもとにもどること
- ・ 酸素飽和度を高い水準で維持するため、呼吸器と循環器の働きが変化していること
- ・ 呼吸器と循環器、運動器の働きを維持するため、栄養を取り入れる消化器が必要となること

といった内容を理解して、「酸素を運搬する循環器、酸素を取りこむ呼吸器、エネルギーを取り入れる消化器が相互に働き合って、生命活動が維持されていること」を捉えさせたい。このねらいを達成するために取り入れる重要な要素（手立て）の1つが先

ほどから述べている「血中酸素飽和度」である。酸素飽和度は、血中のヘモグロビンがどれだけ酸素と結合しているかを表す指標であり、健康状態を把握するための重要な指標である。運動によって、呼吸数などが上昇することは先述した通りだが、それは酸素摂取量を上げて酸素を全身に運ぶためである。酸素飽和度は、フィックの原理では動脈血酸素含量に関係しており、呼吸数の増加は動脈血酸素含量の維持＝酸素飽和度の維持と言い換えることができる。心拍数、呼吸数、呼気中の酸素含量などいろいろなものが変化する中で、酸素飽和度は高い数値を保ち続ける（96%以上が正常値といわれており、これを下回ると息苦しさを覚える。90%を下回ると命の危険がある。「酸素飽和度を維持するために…」という考え方で、呼吸数や心拍数の変化を関係づけることで、循環器、呼吸器、消化器が相互に働き合っていることを捉えさせたい。

3 単元デザイン

(1) 本単元の目標

- 呼吸によって体内に酸素を取り入れ、体外に二酸化炭素を出していること、食べ物や口や胃、腸などを通る間に消化・吸収されること、血液は心臓の働きで体内を巡り、養分や酸素、二酸化炭素を運んでいること、生命を維持する様々な臓器があることを知る。【知識・技能】
- 人や動物の体のつくりと働きについて、動物の体のつくりと働きを多面的に考えながら調べ、考えをまとめることができる。【思考力・判断力・表現力】
- 人や動物の体のつくりと働きに関心を持ち、意欲的に調べ、他者と関わりながら問題を解決しようとしている。【主体的に学びに取り組む態度】

(2) 単元計画

時	学習内容	学習活動	ねらい	評価の観点			評価規準	評価方法
				知	思	態		
事前	ペース走	【体育科】ペース走を行って、しんどさを体験する。	運動時のしんどさを認識する。			○	感想をもっている。	行動観察
1	「走る」運動と人体のつながり	持久走を行った時の「しんどさ」について話し合い、学習の計画を立てる。	ペース走の経験を想起し、体の働きに興味を持つ。			○	体の働きについて調べたことを探している。	ノートの記事内容の分析
2	呼吸器のつくりと働き	肺のつくりや働きについて、資料や実験を通して調べる。	呼吸器について調べ、その働きを理解する。	◎			肺の作りと働きを捉えている。	行動観察 記事内容の分析
3・4	循環器のつくりと働き	心臓のつくりや働きについて、資料や実験を通して調べる。パルスオキシメータを用いて酸素飽和度を調べる実験を行う。	循環器について調べ、その働きを理解する。	◎			心臓のつくりや働きを捉えている。	行動観察 ノートの記事内容の分析
5 (本)	「走る」運動と人	シャトルランを行い、運動時の心拍数、呼吸数、呼気	運動時の循環器と呼吸器の働		○	○	循環器と呼吸器のつなが	行動観察 ノートの

時)	体の働き	について調べる。	きを調べ、そのつながりを捉える。				りについて考え、表現している。	記述内容の分析
6	マラソンの呼吸法	【体育科】マラソンランナーの呼吸法を試し、その利点を考える。	呼吸数だけでなく、深い呼吸が重要だと気づく。		○		深い呼吸の重要性について考えている。	行動観察
7・8	消化器のつくりと働き	胃や腸のつくりと働きについて調べる。アミラーゼの働きを調べる実験を行う。 【家庭科】食育と関連付けて、運動前の食事や消化によい食べ物について考える。	消化器について調べ、その働きを理解する。	◎			胃や腸のつくりと働きを捉えている。	ノートの記述内容の分析
9	人体のつくりと働き	理科、体育科、家庭科これまでの学びを振り返り、走るという生命活動の仕組みをまとめる。	運動時の循環器と呼吸器消化器、運動器のつながりを捉える。		◎		循環器や呼吸器、消化器などのつながりを考えている。	ノートの記述内容の分析
事後	ペース走	実際に持久走を行って、自分自身の体の変化を感じる。	単元の学びを活かして、持久走を行う。			○	学びを自身の運動に適用しようとしている。	行動観察

◎：指導に活かすとともに記録として総括に用いる評価，○：主に指導に活かす評価

4 授業の実際

単元のはじめ	
単元のはじめ、児童は体育の学習で走る運動（ペース走）を行った。児童はトラックの中を一定のペースで走り、「しんどい」「息が苦しい」といった感想を抱いた。「もっと楽に心地よく走りたい」という願いを持ち、体育だけでなく理科で体の働きを分析していくことにした。その際、児童は今回のペース走やシャトルランの経験から、呼吸や拍動に関する臓器が、走る運動に関係していると見通しを持ち、まずは、呼吸器と循環器について調べていった。	
単元の中盤	
吐き出した空気の酸素や二酸化炭素の割合を「二酸化炭素酸素モニタ」を用いて測定したり、聴診器を使って心拍数を調べたりした。そのような実験や資料を基に、肺では酸素を取り入れていることや心臓が動いて血液を全身に送り出していることを知った。児童は、血液中に酸素が含まれているのかパルスオキシメータを用いて血液を調べた。平常時は高い水準で保たれている血中酸素飽和度について、運動をすると酸素を消費し、一見下がるように思われるが、平常時と同じに保たれていることに気づいた。児童は多面的に考察して、体は酸素	 

を高い状態に保つために呼吸器や循環器の働きを変化させていることと、酸素飽和度を維持するための各臓器の連携を捉えていった。

単元の終盤

単元の途中で人体模型を観察していた児童は、胃や腸といった消化器の存在を知っていた。走る運動に胃や腸といった消化器が必要かどうか話し合うと児童は、「お腹がすくと元気が出ない経験」「腹が減っては戦はできぬということわざ」等を想起して、エネルギーを取り込む消化器も運動に必要であることに気づいた。お米のでんぷんを唾液で消化する実験や「消化に良い」食材や調理法を調べる実験を行い、消化について調べていった。教師の意図として、ここでは食育と関係づけることを意識し、運動のみならず、すべての生命活動において重要となる食事（消化器の働き）について理解を深められるようにした。このような一連の学習を通して、児童は酸素を運搬する循環器、酸素を取りこむ呼吸器、エネルギーを取り入れる消化器が相互に働き合って、走るという運動や生命活動が維持されていることを捉えていった。



5 実践の成果と今後の展望

本単元を通して、児童は「走る」という身近な事象について、人体の諸器官が連携する生命活動として捉え直すことができた。特に、パルスオキシメータを用いて酸素飽和度の変化（あるいは維持）に着目し、運動をしても酸素飽和度が高い水準で維持されている事実を確認したことは、児童から新たな「問い」を引き出し、試行錯誤を生み出す契機となった。その結果、酸素飽和度を維持する裏側で呼吸数や心拍数が上昇している意味を、生命維持のための反応として多面的に考察できた。また、理科での学びを体育科のマラソンの呼吸法や、栄養の学習と関連付けたことで、教室内での知識が生活実践へと繋がる様子が見受けられた点は「価値を創造する姿」の萌芽ともいえる。今後は、これらの教科横断的な学びや、個々の探究の軌跡を児童自身が整理し学びに活かせるような「学習ポートフォリオ」の作成に取り組みたい。

引用・参考文献

藤井直人（2023）「ランナーのカラダのなか」小学館。

磯崎哲夫（2025）「STEAM 教育としての理科と探究活動―赤松先生の授業実践の検討―」，広島大学附属小学校内学校教育研究会（編）『学校教育』，No. 1276, pp. 52-57.

春日規克編著（2019）「運動生理学の基礎と発展・3訂版」星雲社。

北川薫編著（2020）「運動とスポーツの生理学 改訂4版」市村出版。

斎藤満・加賀谷淳子編著（1999）「運動時の酸素運搬システム調節」ナッパ。

ショーン・フィリップス著，八田秀雄監訳（2023）「疲労のスポーツ・運動生理学」大修館書店